



## **Estudio de inundabilidad del PGOU Pinos Puente (Granada)**

**DARUMA PROYECTOS LSP**

Humberto Juan Rodríguez García

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Licenciado en ADE y Economía

Colegiado Número 15.347

Avenida Ciudad de Cádiz Nº51 - 2614

04.740 – Roquetas de Mar (Almería)

Teléfono: 618-75-32-13

### **Promotor**

**Ayuntamiento de Pinos Puente**

**P-1816100J**

**Calle Real Nº123**

**18.240 – Pinos Puente (Granada)**

**Granada, abril de 2023**



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE</b> .....	<b>6</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>7</b>
<b>OBJETO DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>MARCO NORMATIVO</b> .....	<b>7</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS OBJETO DE ESTUDIO</b> .....	<b>10</b>
<b>TRABAJOS REALIZADOS</b> .....	<b>11</b>
<b>NORMATIVA URBANÍSTICA</b> .....	<b>11</b>
<b>DELIMITACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y ZONAS DE SERVIDUMBRE Y POLICÍA</b> .....	<b>11</b>
<b>AFECCIÓN AL RÉGIMEN DE CORRIENTES Y ZONAS INUNDABLES</b> .....	<b>12</b>
<b>PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RÍO CUBILLAS</b> .....	<b>19</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	19
CUENCA VERTIENTE .....	19
ESTUDIO HIDROMETEOROLÓGICO (CN DEL SCS).....	25
MÉTODO DE CÁLCULO.....	38
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	40
METODOLOGÍA IC-5.2.....	41
CAUDALES DE CÁLCULO.....	49
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RÍO GENIL</b> .....	<b>53</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	53
CUENCA VERTIENTE .....	53
ESTUDIO HIDROMETEOROLÓGICO (CN DEL SCS).....	55
MÉTODO DE CÁLCULO.....	63
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	65
METODOLOGÍA IC-5.2.....	70
CAUDALES DE CÁLCULO.....	70
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RÍO VELILLOS</b> .....	<b>76</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	76
CUENCA VERTIENTE .....	76
ESTUDIO HIDROMETEOROLÓGICO (CN DEL SCS).....	79
MÉTODO DE CÁLCULO.....	86
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	88
METODOLOGÍA IC-5.2.....	89
CAUDALES DE CÁLCULO.....	89
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANQUILLO PRIMERO</b> .....	<b>91</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	91
CUENCA VERTIENTE .....	91
ESTUDIO HIDROMETEOROLÓGICO (CN DEL SCS).....	93
MÉTODO DE CÁLCULO.....	100
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	102
METODOLOGÍA IC-5.2.....	102
CAUDALES DE CÁLCULO.....	103
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE LAS CANTERAS</b> .....	<b>104</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	104
CUENCA VERTIENTE .....	104
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	106
MÉTODO DE CÁLCULO.....	111
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	113
CAUDALES DE CÁLCULO.....	114
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO ALCARCELERAS</b> .....	<b>115</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	115
CUENCA VERTIENTE .....	115
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	117
MÉTODO DE CÁLCULO.....	122



RESULTADOS DE CÁLCULO.....	124
CAUDALES DE CÁLCULO.....	125
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE LAS CHOCILLAS .....</b>	<b>126</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	126
CUENCA VERTIENTE .....	126
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	128
MÉTODO DE CÁLCULO.....	133
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	135
CAUDALES DE CÁLCULO.....	136
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE LAS VIÑAS.....</b>	<b>137</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	137
CUENCA VERTIENTE .....	137
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	139
MÉTODO DE CÁLCULO.....	144
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	146
CAUDALES DE CÁLCULO.....	147
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ARROYO COSCOJAR II.....</b>	<b>148</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	148
CUENCA VERTIENTE .....	148
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	150
MÉTODO DE CÁLCULO.....	155
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	157
CAUDALES DE CÁLCULO.....	158
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ARROYO COSCOJAR.....</b>	<b>159</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	159
CUENCA VERTIENTE .....	159
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	161
MÉTODO DE CÁLCULO.....	166
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	168
CAUDALES DE CÁLCULO.....	169
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE LOS CERRAJONES .....</b>	<b>170</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	170
CUENCA VERTIENTE .....	170
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	172
MÉTODO DE CÁLCULO.....	177
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	179
CAUDALES DE CÁLCULO.....	180
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE ENMEDIO .....</b>	<b>181</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	181
CUENCA VERTIENTE .....	181
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	183
MÉTODO DE CÁLCULO.....	188
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	190
CAUDALES DE CÁLCULO.....	191
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DEL LOBO.....</b>	<b>192</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	192
CUENCA VERTIENTE .....	192
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	194
MÉTODO DE CÁLCULO.....	199
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	201
CAUDALES DE CÁLCULO.....	202
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL OLIVAR DEL SANTO .....</b>	<b>203</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	203
CUENCA VERTIENTE .....	203
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	205
MÉTODO DE CÁLCULO.....	209
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	211
CAUDALES DE CÁLCULO.....	212
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE LA PAZ .....</b>	<b>213</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	213
CUENCA VERTIENTE .....	213



ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	215
MÉTODO DE CÁLCULO.....	220
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	222
CAUDALES DE CÁLCULO.....	223
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ARROYO DE LAS CHOZAS.....</b>	<b>224</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	224
CUENCA VERTIENTE .....	224
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	226
MÉTODO DE CÁLCULO.....	231
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	233
CAUDALES DE CÁLCULO.....	234
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA RAMBLA ANEILLA.....</b>	<b>235</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	235
CUENCA VERTIENTE .....	235
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	237
MÉTODO DE CÁLCULO.....	242
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	244
CAUDALES DE CÁLCULO.....	245
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ARROYO DE FUENSANTA.....</b>	<b>246</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	246
CUENCA VERTIENTE .....	246
ESTUDIO PRELIMINAR DE CN Y $P_0$ .....	248
MÉTODO DE CÁLCULO.....	253
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	255
CAUDALES DE CÁLCULO.....	256
<b>ESTUDIO HIDRÁULICO DE LA ZONA AFECTADA .....</b>	<b>257</b>
BASE TOPOGRÁFICA .....	257
PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	258
JUSTIFICACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE MANNING ASUMIDOS .....	268
ELEMENTOS HIDRÁULICOS .....	270
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>274</b>
NORMAS DE CUMPLIMIENTO PARA REDUCIR VULNERABILIDAD DE INUNDACIÓN.....	277



## INTRODUCCIÓN

Se redacta el presente informe hidrológico a petición del **Excelentísimo Ayuntamiento de Pinos Puente**, con domicilio a efectos de notificaciones en **Calle Real Nº123**, código postal **18.240 de Pinos Puente (Granada)** y código de identificación fiscal número **P-1816100J**, referido al artículo 25.4 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, acerca de los cauces afectados por el **PGOU de Pinos Puente**.

Se trata de un anexo de tipo hidrológico e hidráulico que abarca cada uno de los cauces afectados en la zona de suelo urbano y actuaciones urbanísticas futuras.

Se pretende con este estudio obtener conclusiones pertinentes sobre:

- Estudiar los riesgos de inundabilidad que puedan afectar a bienes de dominio público hidráulico, zonas de servidumbre y zona de policía.
- Estudiar las posibles afecciones a las instalaciones existentes en la parcela objeto de estudio.

Por su propia naturaleza, el problema de las posibles inundaciones es de gran complejidad, viéndose afectado por cuestiones hidrológicas, meteorológicas, territoriales, socioeconómicas y medioambientales.

Las competencias propias de la Comunidad Autónoma de Andalucía en esta materia se hallan contenidas en los artículos 50.1, 50.2, 51, 57.1, 57.2 y 57.3 de la Ley Orgánica 2/2007, de 19 de marzo, de reforma del Estatuto de Autónoma para Andalucía, el artículo 11.3 del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley de Aguas, y el artículo 28.4 de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, y materializadas mediante traspaso de funciones y servicios desde el Estado a la Comunidad Autónoma de Andalucía por Real Decreto 1132/1984, de 26 de marzo, en lo referente a la programación, aprobación y tramitación de inversiones e infraestructuras de interés en materias de encauzamiento y defensa de márgenes de áreas urbanas.

Este Plan, que constituye el marco general de intervención en la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de prevención de avenidas e inundaciones, tiene como objetivo general la prevención y minimización de riesgos de inundación en los núcleos urbanos andaluces. Para ello se propone intervenir a través de la planificación territorial y urbanística. Y siendo sus objetivos específicos disminuir la magnitud de las avenidas que atraviesan los cauces urbanos, reducir las zonas urbanas sujetas al riesgo de inundaciones, minimizar el impacto de estas sobre la sociedad y dotar de una regulación que permita proteger los cauces y márgenes de los ríos y sus zonas inundables urbanas.

En su Capítulo III establece la ordenación e integración de los terrenos inundables y zonas de servidumbre y policía en el planeamiento territorial y urbanístico y su ejecución. Definiendo en el artículo 17, que en caso de los Planes de Ordenación del Territorio, tras el informe favorable de su Comisión de Seguimiento o tras la aprobación inicial en el caso de los instrumentos de planeamiento urbanístico, la Administración competente en su tramitación recabará del Organismo de cuenca afectado el informe a que se refiere el artículo 25.4 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio que, además, versará, a partir de la información y datos aportados, cartografía y cuantos otros obren en poder del mismo, sobre la idoneidad de la representación de las zonas de cauce y de servidumbre y policía.

Se recomienda para el planeamiento urbanístico (artículo 18) que los nuevos crecimientos urbanísticos deberán situarse en terrenos no inundables.

No obstante, en caso de que resultara inevitable la ocupación de terrenos con riesgos de inundación, se procurará orientar los nuevos crecimientos hacia las zonas inundables de menor riesgo, siempre que se tomen las medidas oportunas y se efectúen las infraestructuras necesarias para su defensa.

En la ordenación de los suelos urbanizables previstos en los instrumentos de planeamiento se procurará que los cauces urbanos cuenten con sección suficiente para desaguar las avenidas de 500 años de periodo de retorno.

Y definiendo que la Comisión de Seguimiento del Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones, prevista en el presente Plan, podrá establecer recomendaciones específicas que coadyuven a la prevención y corrección del riesgo de inundación, que puedan ser tomadas en consideración en el proceso de elaboración del planeamiento urbanístico y en el de su ejecución.

Ante cualquier actuación se deberán tener en cuenta, en la medida que corresponda su aplicación en cada caso, los preceptos relativos a:

- **Zonas de Servidumbre:** Respetará una franja de 5 m de anchura paralelas a los cauces para permitir el uso público regulado en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RD 849/86 de 11 de abril, con prohibición de edificar y plantar especies arbóreas sobre ellas (artículo 6 al 8 del Reglamento).
- **Zonas de Policía:** banda de 100 metros de anchura paralelas a los cauces de los ríos en las que hay que obtener autorización previa del Organismo de la Cuenca, para efectuar las actuaciones que se contienen en los artículos 6 al 9 y 78 al 82 del Reglamento.
- **Zonas Inundables:** Para proteger a personas y bienes de acuerdo con el artº 67.9 del Plan Hidrológico del Guadalquivir (RD. 1664/98 de 24 de julio y O.M. de 13-08-99), los planes de expansión deberán respetar las áreas inundables, definidas en el sentido del artº 67.5 de dicho Plan, por lo cual, y de acuerdo con el artº 28.2 del Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001 de 5 de julio) deberán delimitarse dichas zonas inundables por las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo.
- **Cauces de Dominio Público Hidráulico.** Obtener autorización previa del Organismo de la Cuenca para el uso o las obras dentro del cauce público (artículo 51 al 77; 126 al 127 y 136 del Reglamento).

Se tendrá en cuenta, además del Reglamento específico, la última modificación conforme al Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales (BOE de 29 diciembre), con vigencia desde



el 30 diciembre 2016, , así como su última modificación, el Real Decreto 665/2023, de 18 de julio, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril; el Reglamento de la Administración Pública del Agua, aprobado por Real Decreto 927/1988, de 29 de julio; y el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

Con carácter general se seguirán los criterios determinados en el Apéndice 10: Criterios técnicos para la elaboración de estudios hidráulicos, que se encuentra en el Tercer ciclo del Plan Hidrológico de la Cuenca.

Los datos de ubicación de la zona afectada son:

- Zona Urbana y Urbanizable del municipio de **Pinos Puento** afectados por el PGOU

Se trata de desarrollar las zonas de inundabilidad y de riesgo conforme se establece por parte de la administración competente para establecer las autorizaciones pertinentes.

El cálculo del caudal se ha realizado en base a la vigente Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Los cálculos de hidrología se han efectuado considerando esta norma, pero con las variantes oportunas para concordar los parámetros a las necesidades solicitadas, no tomando en cuenta algunos parámetros que ponderan exclusivamente usos de carretera y que no afectan al método hidrometeorológico (HEC-HMS) utilizado para el cálculo de caudales.

Se trata de comprobar los límites de inundabilidad del cauce original así como de la afección de las obras correspondientes y con licencia concedida por el Ayuntamiento correspondiente, para evitar cualquier riesgo sobre la zona de dominio público hidráulico.

Queda inscrito en el presente documento el total cumplimiento de todas y cada una de las normas, instrucciones y recomendaciones de carácter técnico que estén en vigor y sean de aplicación para el Proyecto de Construcción correspondiente al que complementa.

Se redacta el presente documento a partir de la información disponible en el Ayuntamiento, promotor de dicho trabajo, en el término municipal de **Pinos Puento**, conforme al Art. 242.3 del Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, y por el al Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

### **CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE**

A lo largo del presente Informe se respetan y cumplen todas y cada una de las Normas, Instrucciones y Recomendaciones de carácter técnico vigentes, entre las que se pueden citar las siguientes:

- Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre drenaje superficial de la instrucción de carreteras.
- Orden FOM 298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la Norma 5.2-IC sobre drenaje superficial (BOE del 10 marzo de 2016).
- Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/207, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales.
- Decreto 70/2009, de 31 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Vigilancia Sanitaria y Calidad de Agua de Consumo Humano de Andalucía.
- Decreto 43/2008, de 12 de febrero, regulador de las condiciones de implantación y funcionamiento de campos de golf en Andalucía.
- Decreto 11/2008, de 22 de enero, por el que se desarrollan procedimientos dirigidos a poner suelo urbanizado en el mercado con destino preferente a la construcción de viviendas protegidas.
- Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.
- Decreto 220/2006, de 19 de diciembre, por el que se regula el ejercicio de las competencias de la Administración de la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de ordenación del territorio y urbanismo y se modifica el Decreto 202/2004, de 11 de mayo, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería.
- Decreto 206/2006, de 28 de noviembre, por el que se adapta el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía a las Resoluciones aprobadas por el Parlamento de Andalucía.
- Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
- Orden Circular 17/2003, de 23 de diciembre, sobre Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera.
- Decreto 310/2003, de 4 de noviembre, por el que se delimitan las aglomeraciones urbanas para el tratamiento de las aguas residuales de Andalucía y se establece el ámbito territorial de gestión de los servicios del ciclo integral del agua de las Entidades Locales a los efectos de actuación prioritaria de la Junta de Andalucía.
- Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía.
- Decreto 189/2002, de 2 julio, por el que se aprueba el Plan de Avenidas e Inundaciones en cauces urbanos andaluces.
- Real Decreto Legislativo 1/01, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, modificada por la Ley 42/07, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio y modificado por Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, modificado por Real Decreto 9/2008, de 11 de enero.



## ANTECEDENTES

El Documento que se redacta será sometido a Informe de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir según lo establecido en el artículo 25.4 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001 de 20 de julio y según el artículo 17 del Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en Cauces Urbanos Andaluces aprobado según Decreto 189/2.002, de 2 de julio.

Se trata del documento relativo a la Aprobación Inicial del documento de Planeamiento General de Ordenación Urbanística del municipio de **Pinos Puento**.

## OBJETO DEL DOCUMENTO

Según el artículo 2.b) del Texto Refundido de la Ley de Aguas, constituyen el dominio público hidráulico del Estado, entre otros, los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas, definiendo en su artículo 4.1 el álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua como el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias.

El artículo 4.1 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, tras reproducir esa misma definición legal, prevé que la determinación de ese terreno se realizará atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan, así como las referencias históricas disponibles. El apartado 2 del artículo 4 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico define el caudal de la máxima crecida ordinaria como la media de los máximos caudales anuales, en su régimen natural, producidos durante diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente y que tengan en cuenta lo establecido en el apartado 1.

La función de policía que la Ley atribuye a la Administración hidráulica sobre los cauces del dominio público hidráulico y sus zonas adyacentes, servidumbre y policía, se ejerce a través de diversas potestades entre las que se encuentra la de deslinde. Esta función protectora de los cauces contribuye igualmente a evitar y disminuir los riesgos asociados a las avenidas.

Los cauces que discurren dentro del entorno del PGOU de **Pinos Puento**, se encuentran sometidos a presiones externas de todo tipo que pueden condicionar el dominio público hidráulico, existiendo el riesgo de su invasión, usurpación o inadecuada utilización. Resulta necesario delimitar el dominio público hidráulico y sus zonas asociadas con objeto de protegerlo y de evitar o disminuir riesgos potenciales por inundaciones, tanto en terrenos propiedad del Estado como en áreas contiguas de propiedad privada.

El objeto del Estudio es realizar los estudios hidrológicos e hidráulicos de los cauces del entorno urbano del término municipal que definan las zonas susceptibles de ser inundadas por las crecidas de los cursos fluviales en la situación actual y su implicación el planeamiento urbanístico inicialmente propuesto.

De esta forma, se gozará del soporte técnico adecuado para la toma de decisiones por parte del Organismo de Cuenca en relación a la autorización preceptiva que requiere el Documento de Aprobación Provisional del Plan General según la legislación vigente y para verificar la viabilidad de las propuestas del citado Plan en relación con la protección de bienes y las personas frente a los riesgos de inundaciones, proponiendo, en su caso, medidas preventivas y/o correctoras, ya sean de carácter restrictivo o de intervención en los cauces.

Estas medidas, caso de adoptarse, se desarrollarán conforme a las normas que dictamina el capítulo 3 del "*Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en Cauces Urbanos*" (Cap. III: Ordenación e Integración de los terrenos inundables y zonas de servidumbre y policía en el planeamiento territorial y urbanístico y su ejecución, artículos 14 a 20).

## MARCO NORMATIVO

A continuación se expone la normativa vigente en referencia a zonas susceptibles de ser afectadas por las crecidas de los cauces de corrientes naturales y que será adoptada como marco de referencia en el desarrollo del presente estudio:

### **REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO (R.D. 849/1986, DE 11 DE ABRIL). ART.14 y 14bis:**

#### *Artículo 14*

1. Se considera zona inundable los terrenos que puedan resultar inundados por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de 500 años, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas en los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos. Estos terrenos cumplen labores de retención o alivio de los flujos de agua y carga sólida transportada durante dichas crecidas o de resguardo contra la erosión. Estas zonas se declararán en los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos. La calificación como zonas inundables no alterará la calificación jurídica y la titularidad dominical que dichos terrenos tuviesen.
2. Los organismos de cuenca darán traslado a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo de los datos y estudios disponibles sobre avenidas, al objeto de que se tengan en cuenta en la planificación del suelo, y en particular, en las autorizaciones de usos que se acuerden en las zonas inundables. De igual manera los organismos de cuenca trasladarán al Catastro inmobiliario así como a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo los deslindes aprobados definitivamente, o las delimitaciones de los mismos basadas en los estudios realizados, así como de las zonas de servidumbre y policía, al objeto de que sean incorporados en el catastro y tenidos en cuenta en el ejercicio de sus potestades sobre ordenación del territorio y planificación urbanística, o en la ejecución del planeamiento ya aprobado.
3. El conjunto de estudios de inundabilidad realizados por el Ministerio de Medio Ambiente y sus organismos de cuenca configurarán el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, que deberá desarrollarse en colaboración con las correspondientes comunidades autónoma, y, en su caso, con las administraciones locales afectadas. En esta cartografía, además de la zona inundable, se incluirá de forma preceptiva la delimitación de los cauces públicos y de las zonas de servidumbre y policía, incluyendo las vías de flujo preferente.



La información contenida en el Sistema Nacional de Cartografía de las Zonas Inundables estará a disposición de los órganos de la Administración estatal, autonómica y local.

Se dará publicidad al Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables de conformidad con lo dispuesto en la Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente.

#### *Artículo 14 bis Limitaciones a los usos del suelo en la zona inundable*

Con el objeto de garantizar la seguridad de las personas y bienes, de conformidad con lo previsto en el artículo 11.3 del texto refundido de la Ley de Aguas, y sin perjuicio de las normas complementarias que puedan establecer las comunidades autónomas, se establecen las siguientes limitaciones en los usos del suelo en la zona inundable:

1. Las nuevas edificaciones y usos asociados en aquellos suelos que se encuentren en situación básica de suelo rural en la fecha de entrada en vigor del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, se realizarán, en la medida de lo posible, fuera de las zonas inundables. En aquellos casos en los que no sea posible, se estará a lo que al respecto establezcan, en su caso, las normativas de las comunidades autónomas, teniendo en cuenta lo siguiente:
  - a) Las edificaciones se diseñarán teniendo en cuenta el riesgo de inundación existente y los nuevos usos residenciales se dispondrán a una cota tal que no se vean afectados por la avenida con periodo de retorno de 500 años, debiendo diseñarse teniendo en cuenta el riesgo y el tipo de inundación existente. Podrán disponer de garajes subterráneos y sótanos, siempre que se garantice la estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años de periodo de retorno, se realicen estudios específicos para evitar el colapso de las edificaciones, todo ello teniendo en cuenta la carga sólida transportada, y además se disponga de respiraderos y vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida. Se deberá tener en cuenta su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.
  - b) Se evitará el establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales tales como, hospitales, centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población, acampadas, zonas destinadas al alojamiento en los campings y edificios de usos vinculados, parques de bomberos, centros penitenciarios, depuradoras, instalaciones de los servicios de Protección Civil, o similares. Excepcionalmente, cuando se demuestre que no existe otra alternativa de ubicación, se podrá permitir su establecimiento, siempre que se cumpla lo establecido en el apartado anterior y se asegure su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.
2. En aquellos suelos que se encuentren a en la fecha de entrada en vigor del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, en la situación básica de suelo urbanizado, podrá permitirse la construcción de nuevas edificaciones, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, lo establecido en las letras a) y b) del apartado 1.
3. Para los supuestos anteriores, y para las edificaciones ya existentes, las administraciones competentes fomentarán la adopción de medidas de disminución de la vulnerabilidad y autoprotección, todo ello de acuerdo con lo establecido en la Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil y la normativa de las comunidades autónomas. Asimismo, el promotor deberá suscribir una declaración responsable en la que exprese claramente que conoce y asume el riesgo existente y las medidas de protección civil aplicables al caso, comprometiéndose a trasladar esa información a los posibles afectados, con independencia de las medidas complementarias que estime oportuno adoptar para su protección. Esta declaración responsable deberá estar integrada, en su caso, en la documentación del expediente de autorización. En los casos en que no haya estado incluida en un expediente de autorización de la administración hidráulica, deberá presentarse ante ésta con una antelación mínima de un mes antes del inicio de la actividad.
4. Además de lo establecido en el apartado anterior, con carácter previo al inicio de las obras, el promotor deberá disponer del certificado del Registro de la Propiedad en el que se acredite que existe anotación registral indicando que la construcción se encuentra en zona inundable.
5. En relación con las zonas inundables, se distinguirá entre aquéllas que están incluidas dentro de la zona de policía que define el artículo 6.1.b) del TRLA, en la que la ejecución de cualquier obra o trabajo precisará autorización administrativa de los organismos de cuenca de acuerdo con el artículo 9.4, de aquellas otras zonas inundables situadas fuera de dicha zona de policía, en las que las actividades serán autorizadas por la administración competente con sujeción, al menos, a las limitaciones de uso que se establecen en este artículo, y al informe que emitirá con carácter previo la Administración hidráulica de conformidad con el artículo 25.4 del TRLA, a menos que el correspondiente Plan de Ordenación Urbana, otras figuras de ordenamiento urbanístico o planes de obras de la Administración, hubieran sido informados y hubieran recogido las oportunas previsiones formuladas al efecto.

#### **REGLAMENTO DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DEL AGUA Y DE LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA (R.D. 927/1988, DE 29 DE JULIO). ART.87:**

1. El Plan Hidrológico de cuenca, con los datos históricos disponibles sobre precipitaciones y caudales máximos y mínimos, establecerá los criterios para la realización de estudios y la determinación de actuaciones y obras relacionadas con situaciones hidrológicas extremas.
2. El Plan Hidrológico incluirá un programa para la realización de estudios conducentes a la delimitación de zonas inundables, al objeto de la aplicación del artículo 14 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
3. Con independencia de las determinaciones del artículo 14 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, el Organismo de cuenca deberá remitir a las Administraciones públicas competentes en materia de Ordenación del Territorio y Planeamiento Urbano y de Protección Civil las conclusiones de los distintos estudios a efectos de su conocimiento y consideración de sus actuaciones.

#### **CONTENIDO NORMATIVO DEL PLAN HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR (REAL DECRETO 35/2023, DE 24 DE ENERO, BOE 35, DE 10 DE FEBRERO DE 2023). ART. 60:**

*Artículo 60. Medidas de protección contra las inundaciones.*



Para la gestión de inundaciones, sin perjuicio de las disposiciones reglamentarias de carácter general que estén en vigor, se tendrán en cuenta los criterios establecidos en el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de la demarcación hidrográfica del Guadalquivir.

**TEXTO REFUNDIDO DE LA LEY DE AGUAS (R.D L 1/2001, DE 20 DE JULIO), ART. 11:**

*Artículo 11. Las zonas inundables.*

1. Los terrenos que puedan resultar inundados durante las crecidas no ordinarias de los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos, conservarán la calificación jurídica y la titularidad dominical que tuvieren.
2. Los Organismos de cuenca darán traslado a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo de los datos y estudios disponibles sobre avenidas, al objeto de que se tengan en cuenta en la planificación del suelo y, en particular, en las autorizaciones de usos que se acuerden en las zonas inundables.
3. El Gobierno, por Real Decreto, podrá establecer las limitaciones en el uso de las zonas inundables que estime necesarias para garantizar la seguridad de las personas y bienes. Los Consejos de Gobierno de las Comunidades Autónomas podrán establecer, además, normas complementarias de dicha regulación.

**PLAN HIDROLÓGICO NACIONAL (LEY 10/2001, DE 5 DE JULIO), ART. 28:**

*Artículo 28. Protección del dominio público hidráulico y actuaciones en zonas inundables.*

1. En el dominio público hidráulico se adoptarán las medidas necesarias para corregir las situaciones que afecten a su protección, incluyendo la eliminación de construcciones y demás instalaciones situadas en el mismo. El Ministerio de Medio Ambiente impulsará la tramitación de los expedientes de deslinde del dominio público hidráulico en aquellos tramos de ríos, arroyos y ramblas que se considere necesario para prevenir, controlar y proteger dicho dominio.
2. Las Administraciones competentes delimitarán las zonas inundables teniendo en cuenta los estudios y datos disponibles que los Organismos de cuenca deben trasladar a las mismas, de acuerdo con lo previsto en el artículo 11.2 de la Ley de Aguas. Para ello contarán con el apoyo técnico de estos Organismos y en particular, con la información relativa a caudales máximos en la red fluvial, que la Administración hidráulica deberá facilitar.
3. El Ministerio de Medio Ambiente promoverá convenios de colaboración con las Administraciones Autonómicas y Locales que tengan por finalidad eliminar las construcciones y demás instalaciones situadas en dominio público hidráulico y en zonas inundables que pudieran implicar un grave riesgo para las personas y los bienes y la protección del mencionado dominio.

**PLAN DE PREVENCIÓN DE AVENIDAS E INUNDACIONES EN CAUCES URBANOS ANDALUCES (DECRETO 189/2002, DE 2 DE JULIO), ARTS. 6 Y 14 A 20:**

*Artículo 6. Información previa para la delimitación de zonas inundables.*

De conformidad con el artículo 28 de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, y con el artículo 11 del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas, los Organismos de cuenca deberán trasladar los datos y estudios disponibles sobre avenidas y la información sobre caudales máximos en la red fluvial a las Administraciones competentes en la delimitación de las zonas inundables.

El contenido mínimo de dicha información necesario para permitir la delimitación de las zonas inundables será el siguiente:

- Caudales máximos discurrientes por la red fluvial, con indicación de su probabilidad de ocurrencia.
- Límites físicos del terreno aledaño al cauce que tiene una probabilidad de cubrirse por las aguas debido a crecidas no ordinarias cada 25, 50, 100 y 500 años, representados sobre una cartografía con el nivel de precisión y detalle suficiente para los objetivos que se persiguen y, preferiblemente, referido a un sistema de coordenadas geodésicas UTM.
- Datos de permanencia de la inundación, de la altura de la lámina de agua, de la velocidad de la corriente y de su distribución transversal para cada uno de los períodos de retorno referidos en el apartado anterior.
- La información precisa que permita establecer las prescripciones mínimas adicionales a las anteriores reflejadas en la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, aprobada por acuerdo del Consejo de Ministros de 9 de diciembre de 1994.
- Definición, modelización y consecuencias de los efectos de los planes de emergencia de las infraestructuras de regulación en la avenida.
- Planificación y programación de actuaciones sobre el cauce y márgenes de los Organismos de cuenca a medio y largo plazo.
- Delimitación y deslinde del Dominio Público Hidráulico realizado por la Administración del Estado, comprendiendo la del cauce y las de servidumbre y de policía definidas en el Texto Refundido de la Ley de Aguas.

*Artículo 14. Ordenación de terrenos inundables.*

1. Sin perjuicio de lo establecido en los Planes Hidrológicos de cuenca y de las limitaciones de uso que establezca la Administración General del Estado en el ejercicio de la competencia atribuida por el artículo 11 del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas, la ordenación de los terrenos inundables estará sujeta a las siguientes limitaciones generales, que deberán ser recogidas en los instrumentos de planificación territorial y urbanística:
  - a) En los terrenos inundables de periodo de retorno de 50 años no se permitirá edificación o instalación alguna, temporal o permanente. Excepcionalmente, y por razones justificadas de interés público, se podrán autorizar instalaciones temporales.



- b) En los terrenos inundables de períodos de retorno entre 50 y 100 años no se permitirá la instalación de industria pesada, contaminante según la legislación vigente o con riesgo inherente de accidentes graves. Además, en aquellos terrenos en los que el calado del agua sea superior a 0,5 metros tampoco se permitirá edificación o instalación alguna, temporal o permanente. Asimismo, en los terrenos inundables de 100 años de período de retorno y donde, además, la velocidad del agua para dicha avenida sea superior a 0,5 metros por segundo se prohíbe la construcción de edificaciones, instalaciones, obras lineales o cualesquiera otras que constituyan un obstáculo significativo al flujo del agua. A tal efecto, se entiende como obstáculo significativo el que presenta un frente en sentido perpendicular a la corriente de más de 10 metros de anchura o cuando la relación anchura del obstáculo/anchura del cauce de avenida extraordinaria de 100 años de período de retorno es mayor a 0,2.
- c) En los terrenos inundables de periodo de retorno entre 100 y 500 años no se permitirá las industrias contaminantes según la legislación vigente o con riesgo inherente de accidentes graves.

*Artículo 15. Ordenación de las zonas de servidumbre y policía.*

1. Sin perjuicio de lo establecido en la legislación estatal de aguas y en los Planes Hidrológicos de Cuenca, la ordenación de las zonas de servidumbre y policía estará sujeta a las siguientes limitaciones, siempre que no sean menos restrictivas que las establecidas en el artículo anterior:
  - a) En la zona de servidumbre no se permiten nuevas instalaciones o edificaciones, de carácter temporal o permanente, salvo por razones justificadas de interés público y siempre que se garantice su adecuada defensa frente al riesgo de inundación así como la ausencia de obstáculos al drenaje, todo ello sin perjuicio de la competencia estatal en la materia.
  - b) En la zona de policía se definirán los usos y actividades admisibles de modo que, con carácter general, se facilite el acceso a la zona de servidumbre y cauce, se mantenga o mejore la capacidad hidráulica de éste, se facilite el drenaje de las zonas inundables y, en general, se reduzcan al máximo los daños provocados por las avenidas.
2. Lo establecido en el apartado anterior será recogido en los instrumentos de planificación territorial y de planeamiento urbanístico, siempre que el Organismo de Cuenca correspondiente haya efectuado la delimitación del cauce y de las zonas de servidumbre y policía.
3. Será prioritario, al objeto de permitir su incorporación en la elaboración del planeamiento, el deslinde del dominio público hidráulico.

*Artículo 16. Trámites adicionales en la formulación de los instrumentos de planificación territorial y planeamiento urbanístico.*

*Artículo 17. Informes adicionales para la Aprobación Provisional de los instrumentos de planificación territorial y planeamiento urbanístico.*

*Artículo 18. Recomendaciones para el planeamiento urbanístico.*

1. Los nuevos crecimientos urbanísticos deberán situarse en terrenos no inundables. No obstante, en caso de que resultara inevitable la ocupación de terrenos con riesgos de inundación, dado que por circunstancias territoriales e históricas, numerosos núcleos de población en Andalucía se encuentran asentados en zonas de inundación por avenidas extraordinarias de período de retorno como los indicados en el artículo 14, se procurará orientar los nuevos crecimientos hacia las zonas inundables de menor riesgo, siempre que se tomen las medidas oportunas y se efectúen las infraestructuras necesarias para su defensas.
2. En la ordenación de los suelos urbanizables previstos en los instrumentos de planeamiento se procurará que los cauces urbanos cuenten con sección suficiente para desaguar las avenidas de 500 años de período de retorno.

*Artículo 19. Del aseguramiento de riesgos.*

*Artículo 20. Tramitación de proyectos de infraestructuras de prevención de inundaciones en cauces urbanos.*

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS OBJETO DE ESTUDIO**

El curso fluvial incluido en el tramo objeto de deslinde se localiza en los siguientes cauces diferenciados:

- Núcleo de Pinos Puente
  - o Río Velillos
  - o Río Cubillas
  - o Barranco La Paz
  - o Olivar del Santo
  - o Barranco del Lobo
- Núcleo de Zujaira-Casanueva
  - o Barranquillo Primero
  - o Barranco Canteras
  - o Barranco Alcarceleras
  - o Barranco de las Viñas
  - o Barranco Chozillas
  - o Arroyo Coscojar II
  - o Arroyo Coscojar
  - o Arroyo Coscojar III
  - o Barranco de los Cerrajones
- Núcleo de Trasmulas
  - o Arroyo de las Chozas
  - o Rambla Aneillas



- Río Genil
- Núcleo de Fuensanta
- Arroyo Fuensanta

Se denota claramente que el uso agrícola intensivo de la zona ha generado variaciones notables en algunos cauces, lo que habrá que estudiar de manera individualizada y definir medidas correctoras al uso.

### **TRABAJOS REALIZADOS**

Los estudios y trabajos principales, que han servido de base para la propuesta de deslinde del Dominio Público Hidráulico que se presenta en esta memoria, son los siguientes:

- Recopilación de la información existente
- Levantamiento topográfico de la zona obtenida mediante tecnología MDE.
- Estudio de la hidrología del tramo a deslindar, con base en la información pluviométrica y foronómica disponibles, mediante modelos matemáticos que permiten deducir el caudal teórico de la máxima crecida ordinaria.
- Estudio hidráulico que permite fijar el nivel alcanzado por las aguas en la máxima crecida ordinaria.
- Estudio de la geomorfología del terreno.
- Estudio de los condicionantes ambientales del tramo de río objeto de deslinde y su entorno.

También se han considerado como elementos coadyuvantes para establecer la propuesta de deslinde del DPH otros criterios como son la observación del terreno y de las condiciones topográficas de la zona.

### **NORMATIVA URBANÍSTICA**

En la Memoria General del PGOU se recoge la definición de dominio público hidráulico, zona de servidumbre, zona de policía y zona de flujo preferente, haciendo mención al Real Decreto Legislativo 1/ 2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas y Real Decreto 849/1986 de 11 de Abril por la que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico. Asimismo, se indican las limitaciones a los usos en los terrenos afectados por dichas zonas de protección.

En los cauces que forman parte del dominio público hidráulico, definidos en los artículos 2 y 4 del RDPH, se prohíbe cualquier tipo de ocupación temporal o permanente, con las excepciones relativas a los usos comunes especiales sujetos a autorización previa o a declaración responsable. La tramitación de los expedientes de autorizaciones de ocupación del dominio público hidráulico se realizará según el procedimiento regulado en los artículos 53 y 54 del RDPH, con las salvedades y precisiones realizadas en el artículo 126 del citado reglamento.

En caso de que existan construcciones o instalaciones situadas en dominio público hidráulico o en zonas inundables que pudieran implicar un grave riesgo para las personas o bienes se deberán tomar las medidas necesarias para su eliminación, según se establece en el artículo 28 de la Ley 10/2001, de 5 de julio del Plan Hidrológico Nacional, y su modificación mediante Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

La zona de servidumbre para uso público de 5 metros de anchura, definida en el artículo 6 del RDPH, tiene como fines la protección del ecosistema fluvial y del dominio público hidráulico, el paso público peatonal y el desarrollo de los servicios de vigilancia, conservación y salvamento, así como el varado y amarre de embarcaciones de forma ocasional y en caso de necesidad. En las zonas de servidumbre solamente se podrá prever ordenación urbanística orientada a dichos fines, que se encuentran recogidos en el artículo 7 del RDPH.

El dominio público hidráulico y la zona de servidumbre deben ser clasificados, en general; como suelo no urbanizable.

En la zona de policía, definida en el artículo 78 del RDPH, quedan prohibidas actuaciones que supongan alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno así como cualquier uso o actividad que suponga un obstáculo para la corriente en régimen de avenidas o que pueda ser causa de degradación y deterioro del dominio público hidráulico. Será necesario solicitar y obtener autorización del Organismo de Cuenca de aquellas obras y actuaciones en zona de policía.

La zona de flujo preferente, definida en el artículo 9 del RDPH, es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas. En estas zonas o vías de flujo preferente sólo podrán ser autorizadas por el organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía.

### **DELIMITACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y ZONAS DE SERVIDUMBRE Y POLICÍA**

Se ha comprobado en la página oficial del MAGRAMA que los cauces Cubillas y parte del río Genil se encuentran estudiados en lo que respecta a estos puntos, por lo que, independientemente del estudio hidrológico realizado, se tendrán que realizar, además de los estudios hidrológicos, los correspondientes estudios bidimensionales de inundabilidad y riesgos.

En estos casos (río Cubillas de manera completa y el río Genil de manera parcial, ya que el estudio no llega hasta la zona de afección del municipio, sino antes, por lo que se podrá aplicar una ampliación conforme a la superficie y los parámetros afectados).

Cualquier actuación en cauces públicos afectados por el planeamiento urbanístico, requerirá de una autorización previa del Organismo de Cuenca. El Dominio Público Hidráulico deberá clasificarse como Suelo No Urbanizable. El planeamiento previsto deberá respetar la Zona de Dominio Público Hidráulico y dejar libre para uso público la Zona de Servidumbre (5 metros desde la margen del cauce a



contar desde la cota que marca el Dominio Público Hidráulico en cada sección) con prohibición de edificar (Arts. 6 y 7 del Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento de Dominio Público).

### **AFECCIÓN AL RÉGIMEN DE CORRIENTES Y ZONAS INUNDABLES**

En el Sistema de Cartografía de Zonas Inundables se encuentran representados la delimitación de los cauces públicos y de las zonas de servidumbre y policía y la zona de flujo preferente en las áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSI) establecidas por el Real Decreto 903/2010 de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación. Asimismo se han incluido los mapas de peligrosidad y de riesgo que establece la Directiva 2007/60/CE en dichas áreas.

No se han detectado Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI), aunque se deberá atender a lo establecido en el artículo 18 del Real Decreto 903/2013, que transpone a la normativa nacional la Directiva 2007/60/CE, sobre evaluación y gestión de riesgos de inundación, que señala que *"las comunidades autónomas y las administraciones locales tendrán en cuenta el contenido de la evaluación preliminar del riesgo de inundación, de los mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación y de los planes de gestión del riesgo de inundación en el ejercicio de sus respectivas competencias, con el fin de garantizar la seguridad de las personas y bienes"*.

De acuerdo con el artículo 15.1 del Real Decreto 903/2010, que transpone a la normativa nacional la Directiva 2007/60/CE, sobre evaluación y gestión de riesgos de inundación, *"los instrumentos de ordenación territorial y urbanística, no podrán incluir determinaciones que no sean compatibles con el contenido de los planes de gestión del riesgo de inundación, y reconocerán el carácter rural de los suelos en los que concurren dichos riesgos de inundación o de otros accidentes graves"*.

Las zonas inundables de los tramos de cauces estudiados se han consultado en la página web del MAGRAMA, tanto en ciclo 1 como en el Ciclo 2, por lo que dichos estudios serán adoptados en la parte hidrológica e hidráulica, de manera independiente a evaluar dichas cifras y a realizar las simulaciones hidráulicas correspondientes sobre el terreno.

En el caso de estudio el río Cubillas ha sido estudiado en el Ciclo 1, por lo que se atenderá a los caudales definidos en dicho estudio del ciclo 1, y se consideran aceptados dichos valores, al igual que las zonas inundables. En cualquier caso se analiza dicho valor y se realiza la correspondiente simulación con el fin de validar los resultados obtenidos.

### **PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN**

Conforme la revisión y actualización del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI), en su segundo ciclo, publicado en noviembre de 2022, se encuentran las siguientes referencias relativas a este municipio:



### FICHA GENERAL CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA BÁSICA DEL SUBTRAMO ARPSI

<b>CÓDIGO ARPSI</b>	ES050_APSFR_GE090	<b>CÓD. SUBTRAMO</b>	ES050_APSFR_GE090-01
<b>NOMBRE ARPSI</b>	Pinos Puente		

**DESCRIPCIÓN HIDROMORFOLÓGICA GENERAL DEL SUBTRAMO:**

**Formas Sedimentarias:** La principal forma sedimentaria en este tramo la encontramos al inicio del mismo, donde se desarrolla un meandro complejo, con un canal secundario de corta de meandro que posiblemente solo es activo en momentos de avenida. Esta configuración define una amplia barra de meandro que en momentos de avenida funcionara como una isla fluvial. En el resto del tramo, se aprecian barras de meandro y también barras de tipo lateral y transversal, aunque me mucho menor desarrollo que al anterior.  
**Formas Erosivas:** Se observa la existencia de inestabilidades en las orillas del canal, relacionadas con la margen externa de algunos de los meandros. Presencia de meandros abandonados, colmatados, semi-colmatados, reutilizados como canales secundarios: No se aprecian. Canales secundarios, conectados con el canal principal, modificados: En el meandro complejo que se desarrolla al inicio del tramo se observa la existencia de un canal secundario, conectado con el principal y que corta la barra de meandro. Llanura natural o escalonada con terrazas de cultivos: La llanura en general no muestra un escalonamiento debido a terrazas de cultivo. Actividad antrópica: Nivel bajo-medio, las modificaciones propias de la red viaria de la zona; y una ocupación del DPHP en la margen izquierda del canal por el desarrollo urbano de Pinos Puente. En el trazado del río Cubillas a su paso por esta localidad existe obras de defensa de las márgenes del canal. Canalizaciones, esolleras, azudes, presas: No se aprecian, aunque como se indica anteriormente, a su paso por Pinos Puente se aprecian obras de defensa de las márgenes del canal, que entre otras cosas tratan de evitar posibles migraciones laterales en la posición del cauce.



Leyenda: — MASA — Subtramo ARPSI      Escala: 0 0.75 1.5 km

<b>CÓD. MASA ASOC.</b>	ES050MSPF01100102	<b>Nombre masa</b>	Río Cubillas aguas abajo de la presa de Cubillas hasta el río Frailes
<b>% ARPSI EN MASA ASOCIADA</b>	76% - 100%		
<b>% MASA EN ARPSI ASOCIADO</b>	26% - 50%		

Localización		Carac Estado/Pot ecologico		
<b>Provincia</b>	Granada	<b>Estado</b>	Mal Estado	<b>NCF</b>
<b>Municipio</b>	Atarfe; Fuente Vaqueros; Pinos Puente	<b>EC-FQ</b>	Moderado	<b>NCF</b>
<b>Longitud (km)</b>	14,03	<b>EC-BIO</b>		<b>NCF</b>
<b>Tipología de masa</b>	Masa de agua superficial tipo río	<b>EC-HMF</b>		<b>NCF</b>
<b>Masa muy modificada</b>	Sí	<b>OBJ PHC</b>	Prórroga al 2027	



### FICHA GENERAL CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA BÁSICA DEL SUBTRAMO ARPSI

<b>CÓDIGO ARPSI</b>	ES050_APSFR_GE097	<b>CÓD. SUBTRAMO</b>	ES050_APSFR_GE097-01
<b>NOMBRE ARPSI</b>	Río Genil en Villanueva de Mesía		

**DESCRIPCIÓN HIDROMORFOLÓGICA GENERAL DEL SUBTRAMO:**

**Formas Sedimentarias:** Se observan barras laterales, barras de meandro y alguna barra transversal. **Formas Erosivas:** No se han observado inestabilidades. Presencia de meandros abandonados, colmatados, semi-colmatados, reutilizados como canales secundarios: Existen meandros abandonados, algunos de ellos se encuentran colmatados, encontrándose incluso que actualmente hay una zona urbana construida sobre un antiguo meandro identificado en las fotografías históricas. **Canales secundarios, conectados con el canal principal, modificados:** A lo largo del período histórico considerado, se han observado varios canales secundarios. **Llanura natural o escalonada con terrazas de cultivos:** Se observan algunas terrazas, aunque no se trata de un escalonamiento completamente natural, debido a los usos agrícolas en esta zona. **Actividad antrópica:** Es alta, ya que el cauce está flanqueado por terrenos agrícolas que han supuesto una presión para el río, además de una zona urbana, en cuyo entorno se han creado infraestructuras viales junto al cauce y cruzando el cauce. **Canalizaciones, escolleras, azudes, presas:** Como ya se ha indicado, hay un tramo que atraviesa una zona urbana, aunque en general solo hay pequeños tramos en los que se han colocado infraestructuras artificiales como escolleras para proteger algunos taludes. Es el caso del puente de la carretera GR-4401, que cruza sobre el río.



Leyenda: — MASA — Subtramo ARPSI Escala: 0 0,25 0,5 km

<b>CÓD. MASA ASOC.</b>	ES050MSPF011016002	<b>Nombre masa</b>	Río Genil aguas abajo del río Cubillas hasta el embalse de Iznájar
<b>% ARPSI EN MASA ASOCIADA</b>	76% - 100%		
<b>% MASA EN ARPSI ASOCIADO</b>	0% - 25%		

	Localización		Carac Estado/Pot ecologico	
<b>Provincia</b>	Granada	<b>Estado</b>	Mal Estado	<b>NCF</b>
<b>Municipio</b>	Fuente Vaqueros; Huétor Tájar; Íllora; Láchar; Loja; Moraleda de Zafayona; Pinos Puente; Salar; Villanueva Mesía	<b>EC-FQ</b>	Moderado	<b>NCF</b>
<b>Longitud (km)</b>	52,41	<b>EC-BIO</b>	Moderado	<b>NCF</b>
<b>Tipología de masa</b>	Masa de agua superficial tipo río	<b>EC-HMF</b>	Bueno	<b>NCF</b>
<b>Masa muy modificada</b>	No	<b>OBJ PHC</b>	Prórroga al 2027	



FICHA EVALUACIÓN HIDROMORFOLÓGICA DE ARPSI - SUBTRAMO			
<b>CÓDIGO ARPSI</b>	ES050_APSFR_GE090	<b>CÓD. SUBTRAMO</b>	ES050_APSFR_GE090-01
<b>NOMBRE ARPSI</b>	Pinos Punte		
<b>CÓD. MASA ASOC.:</b>	ES050MSPF011100102	Río Cubillas aguas abajo de la presa de Cubillas hasta el río Frailes	
<b>% ARPSI EN MASA ASOCIADA:</b>	76% - 100%		
<b>% MASA EN ARPSI ASOCIADO:</b>	26% - 50%		
<b>CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LAS CONDICIONES HIDROMORFOLÓGICAS - RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE LA MASA DE AGUA ASOCIADA AL ARPSI</b>			
Grado de alteración del RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES LÍQUIDOS (ICAHS)	MODERADA		
Grado de alteración del RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES SÓLIDOS (Q sol)	BAJA		
<b>CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LAS CONDICIONES HIDROMORFOLÓGICAS - CONEXIÓN CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA MASA DE AGUA ASOCIADA AL ARPSI</b>			
Grado de alteración de la conexión de la MAS con masas de agua subterránea (MASb)	Bajo		
<b>CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LAS CONDICIONES HIDROMORFOLÓGICAS - CONTINUIDAD FLUVIAL DEL SUBTRAMO ARPSI</b>			
Grado de alteración de la continuidad fluvial estimada con información disponible y caracterización peligrosidad:	Bajo		
<b>CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS - VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE SUBTRAMO ARPSI</b>			
Grado de alteración de las orillas del cauce por obras de estabilización de taludes (escolleras, gaviones, muros, etc.)	Alto		
Grado de alteración de la zona de flujo preferente y/o zona de policía por obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos, rellenos, terraplenes, etc.)	Muy bajo		
Grado de urbanización o impermeabilización de la zona de flujo preferente y/o zona de policía	Bajo		
Grado de alteración por remansos del perfil longitudinal del cauce	Muy bajo		
Grado de incisión o dinámica vertical acelerada	Bajo		
<b>CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS - ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO DEL SUBTRAMO ARPSI</b>			
Grado de alteración de la estructura y sustrato del lecho	Bajo		
<b>CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS - ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA DEL SUBTRAMO ARPSI</b>			
Grado de alteración de la continuidad ecológica longitudinal	Moderado		
Grado de alteración de la continuidad ecológica transversal	Moderado		
<b>POSIBLES ACTUACIONES DE MEJORA:</b>			
-			



## FICHA DESCRIPTIVA DE MEDIDAS PARTICULARES

Restauración fluvial del río Genil en los términos municipales de Lachar y Fuente Vaqueros

Tipo medida - Orden **14.01.02-22**

Código equivalente Plan Hidrológico **ES050\_3\_Guadalquivir5528**

Aplicada en:

Código/s ARPSI (subtramo) **ES050\_APSFR\_GE014 (GE014-01)**  
 Municipio/s **Armillá; Atarfe; Chauchina; Cijuela; Fuente Vaqueros; Granada; Pinos Punte; Santa Fe; Vegas del G**  
 Comunidad Autónoma **Andalucía** Provincia **Granada**

### Administraciones responsables y % financiación:

Nombre autoridad responsable	Responsable	% Financiación	Procedencia de los fondos
CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL GUADALQUIVIR	<input checked="" type="checkbox"/>		0

### Tipología y características de la medida:

Programa de medidas en el que se encuadra (RD 903/2010): **Restauración fluvial**

Tipo de medida: Código CE  Recuperación y revisión  Protección  Otro tipo  
**M31**  Prevención  Preparación

Categoría de prioridad **Muy Alta** Aspecto de la medida **Individual (exclusiva de un ARPSI)** Coste orientativo de implantación (€): **2.500.000,00 €** Coste orientativo anual de mantenimiento (€):



### Descripción y objetivos de la medida:

Las actuaciones de restauración fluvial que se acometan en el segundo periodo estarán dirigidas, como se indicaba en los apartados anteriores, al cumplimiento integrado de las obligaciones normativas establecidas por la legislación europea y española. En especial, a la consecución de los objetivos medioambientales establecidos por los Planes hidrológicos, pero también de los objetivos de reducción del riesgo de inundación fijados por los PGRIs. En este periodo, las obras de restauración fluvial que se diseñen y ejecuten deberán tener en consideración la capacidad de las actuaciones para reducir de manera sinérgica el impacto de las presiones que sufren las masas de agua, teniendo en cuenta la conectividad longitudinal y lateral a escala de tramo, masa, y también del conjunto de la red fluvial de la demarcación. De manera que tengan una orientación clara y basada en el análisis coste-eficacia, tendente a la mitigación de las presiones y a la reducción de los riesgos de inundación en el conjunto de la



demarcación. Es decir, que aparte de su capacidad para mejorar el funcionamiento fluvial a la escala local de la actuación, se plantee su capacidad para funcionar como parte de una red de actuaciones no aisladas, sino estratégicamente distribuidas para optimizar los resultados conseguidos.

Por otra parte, seguirán estando fundamentadas en los principios y objetivos establecidos por la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos, y por el objetivo de integración de dicha Estrategia con el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas, y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

Además, las obras específicas de restauración fluvial cuentan con un beneficio adicional, como es su carácter didáctico para la población, por cuanto se fundamentan en el reconocimiento de la dinámica natural de los ríos, y en los riesgos adicionales que se producen a partir de la pérdida de esa dinámica natural. Por ello, resulta de elevada importancia que se acometan actuaciones en zonas socio-económicamente estratégicas, por cuanto pueden convertirse en el germen de la generalización de este tipo de actuaciones a otros muchos tramos y masas de la demarcación, y al desarrollo de una relación de los ríos con los habitantes de las demarcaciones mejor encajada con los planteamientos propios de la Directiva Marco del Agua y la Directiva de evaluación y gestión de los riesgos de inundación. En esta línea, resulta importante que las actuaciones desarrolladas se asienten, allí donde sea viable, en acuerdos entre las administraciones competentes en cada uno de los aspectos intrínsecamente ligados a la restauración fluvial. De forma que la restauración fluvial pueda abarcar tanto el dominio público hidráulico como otras zonas (márgenes, llanuras de inundación), de titularidad pública o privada, pero esenciales para el éxito de las actuaciones y para la recuperación o mejora completa de la dinámica fluvial y territorial.

Esta medida es esencial para conseguir una reducción del riesgo a través de la disminución de la peligrosidad, basándose sobre todo en el incremento de la capacidad del sistema para absorber la inundación y laminar la avenida, a través de las infraestructuras verdes y otras soluciones basadas en la naturaleza (SbN), como por ejemplo las medidas de retención natural de agua (NWRM, Natural Water Retention Measures), la recuperación del espacio fluvial (activación de antiguos brazos, conexión del río con la llanura de inundación, etc.), o la mejora de las condiciones hidromorfológicas que permiten el restablecimiento de los procesos naturales en el ecosistema fluvial facilitando su auto-recuperación y contribuyendo a alcanzar también el objetivo de mejorar el estado de las masas de agua, en coordinación con la Directiva Marco del Agua.

Además de estos objetivos, esta medida ayuda notablemente a la consecución de otros objetivos incluidos en el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación, como son los siguientes:

-Mejorar la coordinación entre todas las Administraciones cuyas competencias confluyen en el espacio fluvial, a través por ejemplo de los convenios de colaboración que dispone la legislación para la ejecución de actuaciones para mejorar la continuidad fluvial y garantizar la seguridad de personas y bienes. Otro ejemplo de coordinación, en la que además de las Administraciones públicas intervienen entidades privadas (ONG, entidades de custodia, asociaciones conservacionistas, etc.) es la participación en proyectos de restauración fluvial en el marco del programa europeo LIFE, así como del programa INTERREG.

-Mejorar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad de los elementos ubicados en las zonas inundables. La recuperación de las llanuras aluviales mediante la eliminación de obstáculos al desbordamiento, o la creación de infraestructuras verdes que mejoren la capacidad de retención de agua, incrementarán la laminación de las avenidas en episodios de inundación, contribuyendo a un aumento de la resiliencia y a la reducción de los daños en las zonas inundables. También la retirada de defensas, en muchos casos deterioradas o insuficientes, contribuye a la disminución de la vulnerabilidad al desaparecer la sensación de falsa seguridad que suele acompañar a la construcción de este tipo de infraestructuras y que propicia, en muchos casos, una ocupación del espacio fluvial que de otra forma no se produciría.

#### Estado general de implantación:

##### Planificación en marcha (POG)

Se trata de una medida que lleva años desarrollándose existiendo buenos ejemplos promovidos y ejecutados tanto por parte de los Organismos de cuenca como por las Comunidades Autónomas. Los trabajos de seguimiento realizados y la experiencia procedente de las actuaciones de mantenimiento y conservación de cauces han permitido mejorar notablemente las actuaciones actualmente en curso y su priorización.

Se prevee la ejecución en el presente ciclo 2022 - 2025.

#### Resumen de la priorización:

Se considera que las actuaciones a ejecutar en la medida de restauración de ríos poseen una prioridad muy alta, dado que aportan beneficios multi-funcionales, y contribuyen al cumplimiento integrado de un elevado número de compromisos normativos (Directiva Marco del Agua 2000/60, Directiva 2007/60 de evaluación y gestión de los riesgos de inundación, Directiva 92/43/CEE relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, Directiva 2009/147/CE relativa a la conservación de las aves silvestres, Estrategia de la UE sobre Biodiversidad para



2030, etc.), así como a otras iniciativas legales y técnicas europeas y españolas, como por ejemplo las relacionadas con las políticas forestales, de suelos, agrarias, o de desarrollo de las infraestructuras verdes y las medidas naturales de retención del agua.

#### Resumen costes y beneficios generales de la medida:

Los costes de esta medida están constituidos por el coste de las actuaciones que se emprendan, que en general estarán incluidas en uno o varios proyectos.

Los beneficios son múltiples, ya que la mejora que se consigue en funcionamiento de los ríos sirve al objetivo de mejora del estado y prevención del deterioro de las masas de agua conforme a la Directiva Marco del Agua, garantizando también la provisión de bienes y servicios a la sociedad, incluyendo la disminución de los daños esperables por inundación. Además, se favorece el cumplimiento integrado de otras muchas obligaciones legales relacionadas con la planificación hidrológica, ambiental y sectorial

#### Detalle y especificaciones del cálculo de los costes de implantación y mantenimiento:

Hasta el momento, en el ámbito de la Administración General del Estado, las actuaciones de restauración fluvial se han realizado en el marco de los programas de actuación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y de los Organismos de cuenca en esta materia, fundamentalmente la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos, con los presupuestos de sus fondos propios, apoyados en ocasiones por los presupuestos generales del Estado a través de la Dirección General del Agua y en algunos casos cofinanciados también por los fondos de la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y del programa LIFE. En el futuro, se intentará mantener estas fuentes de financiación así como optar a la financiación privada. A modo de previsiones, se establece un plazo para la ejecución entre 2022 - 2025.

#### Calendario de implementación:

Se trata de una medida que lleva años desarrollándose existiendo buenos ejemplos promovidos y ejecutados tanto por parte de los Organismos de cuenca como por las Comunidades Autónomas, y en el ámbito costero por las Demarcaciones y Servicios Provinciales de Costas. Los trabajos de seguimiento realizados y la experiencia procedente de las actuaciones de mantenimiento y conservación de cauces y del programa de mantenimiento y conservación del litoral y mejora de la accesibilidad, han permitido mejorar notablemente las actuaciones en curso y su priorización.

#### Normativa comunitaria, nacional o autonómica asociada

- Punto 1 del apartado I.h) de la parte A del Anexo del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.
- Marco de la estrategia de la Comisión Europea destinada a fomentar el uso de las infraestructuras verdes, y en particular las medidas de retención natural del agua.
- Estrategia Nacional de Restauración de Ríos, desarrollada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico como un programa de medidas en consonancia con los objetivos establecidos en la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) y la Directiva de evaluación y gestión de los riesgos de inundación (2007/60/CE). Se deberá considerar los requerimientos establecidos por el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas, y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.
- De acuerdo con la Directiva Marco del Agua, el texto refundido de la Ley de Aguas establece en su artículo 92 y en su artículo 92 bis.
- Ley del Plan Hidrológico Nacional (10/2001) en su artículo 28.1
- En los Planes hidrológicos de cuenca elaborados en cumplimiento de la Directiva Marco del Agua se establecen los objetivos ambientales específicos de la cuenca.
- Ley 42/2007 del patrimonio natural y biodiversidad constituye el marco normativo estatal para los ríos españoles que hayan sido declarados Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), posteriormente designados como Zonas de Especial Conservación (ZEC) y forman parte de la red ecológica Natura 2000 conforme a la Directiva Hábitats.
- Restauración fluvial en cauces públicos en tramos urbanos según establece el artículo 28.4 de la Ley del Plan Hidrológico Nacional (10/2001), las actuaciones corresponderán a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo, sin perjuicio de las competencias de la Administración hidráulica sobre el dominio público hidráulico, pudiendo suscribir el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, las Comunidades Autónomas y los Ayuntamientos convenios para su financiación.



## ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RÍO CUBILLAS

### **Base topográfica**

Los terrenos objeto de dicho estudio, se reflejan en el mapa indicado a continuación del Mapa Topográfico Nacional de España a escala 1:25.000, usando las hojas correspondientes así como la base de datos de cotas del terreno del LIDAR a escala 5000.

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0968\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0969\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0970\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0990\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0991\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0992\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1010\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1026\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1027\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1040\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1041\_LID

Se trata de levantamientos topográficos de última actualidad, con vuelos de desarrollo LiDAR y con malla de 5x5 m<sup>2</sup>, suficiente para el cálculo que se presenta en este documento. Se estudia el modelo con una malla de 25x25 m<sup>2</sup> debido a su envergadura.

Se han realizado varias visitas a la zona de afección, llevando a cabo mediciones “in situ” de las secciones del cauce y de los usos del suelo en los alrededores.

Se considera suficiente para la elaboración del Modelo Digital del Terreno y así obtener las secciones con el software adecuado.

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

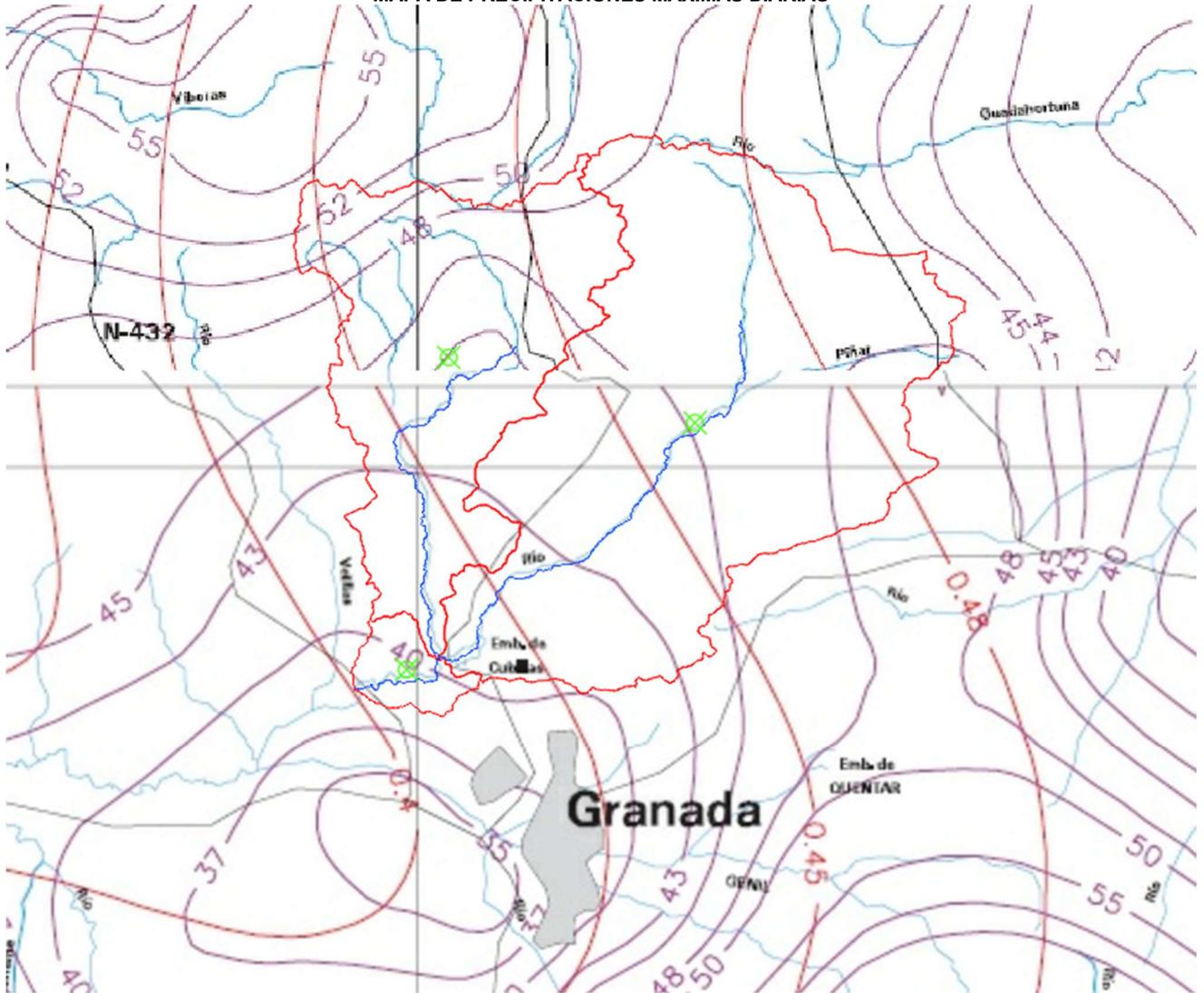
### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS

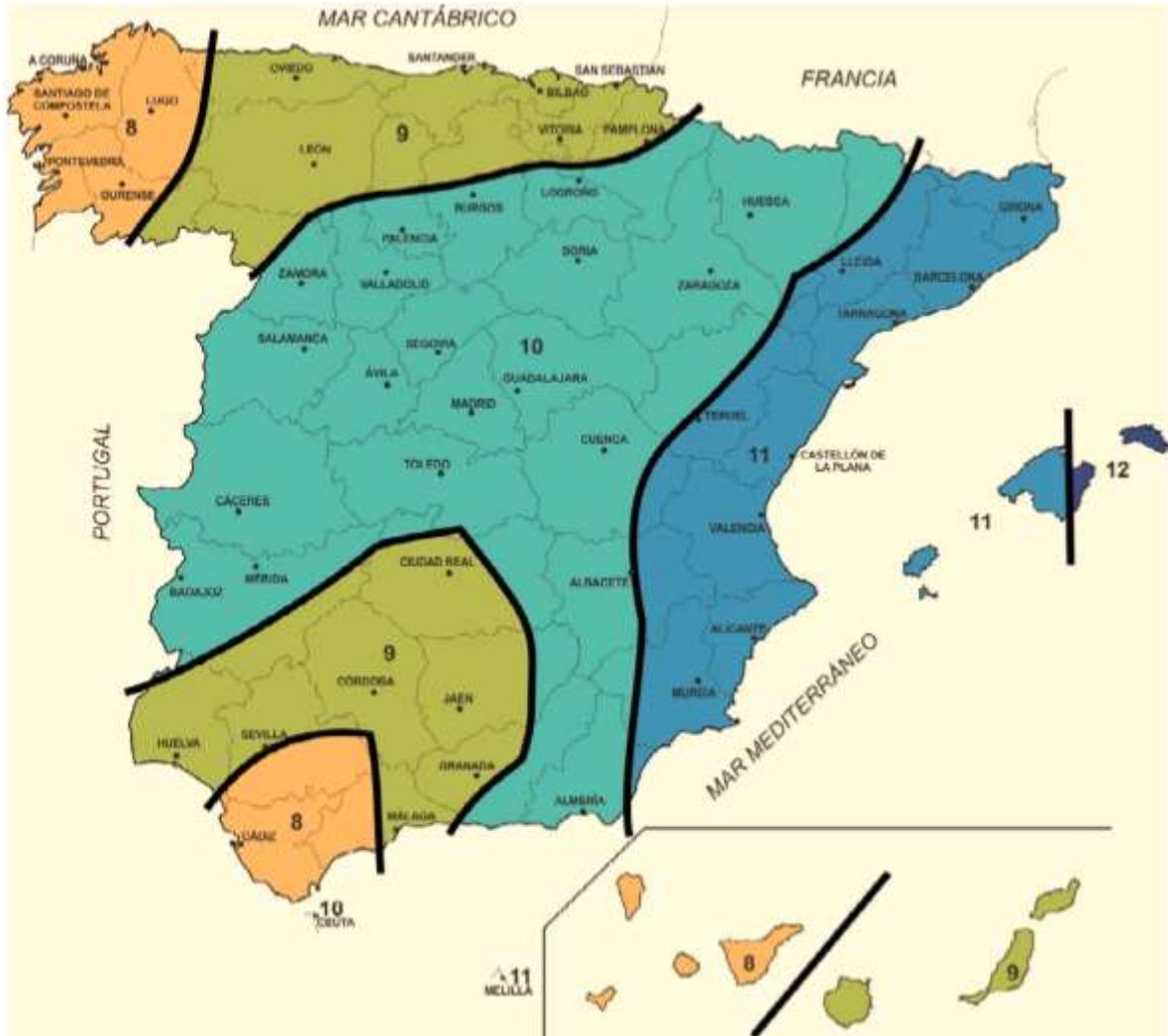


FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES

Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



FACTOR DE TORRENCIALIDAD  $\frac{I_1}{I_d}$





COEFICIENTE CORRECTOR UMBRAL DE ESCORRENTÍA  $\beta$





**COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA: VALORES CORRESPONDIENTES A CALIBRACIONES REGIONALES**

Región	Valor medio, $\beta_m$	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno $T$ (años), $F_T$				
		50% $\Delta_{50}$	67% $\Delta_{67}$	90% $\Delta_{90}$	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
<b>53</b>	<b>2,10</b>	<b>0,25</b>	<b>0,35</b>	<b>0,60</b>	<b>0,68</b>	<b>0,87</b>	<b>1,16</b>	<b>1,38</b>	<b>1,56</b>
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54
101	1,75	0,30	0,40	0,70	0,76	0,90	1,12	1,27	1,39
1021	1,45	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
1022	2,05	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00

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

Para el caso de pequeñas cuencas del sureste y levante de España, se considera el método especificado en el punto 2.3 de la Noma que se utiliza, donde se indica lo siguiente:

De conformidad con lo especificado en el apartado 2.1, en cuencas de área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados ( $A < 50 \text{ km}^2$ ) del Levante y Sureste peninsular (regiones 72, 821 y 822), si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos, se debe aplicar el siguiente método:

Si el período de retorno es inferior a o igual a veinticinco años ( $T \leq 25$  años) el caudal máximo anual correspondiente  $Q_T$ , se debe determinar según el método racional.

Si el período de retorno es superior a veinticinco años ( $T > 25$  años) el caudal máximo anual correspondiente  $Q_T$ , se debe determinar como se indica a continuación:

- A partir de un estudio específico, mediante métodos estadísticos o modelos hidrológicos, que tenga en cuenta la información sobre avenidas históricas o grandes eventos de precipitación, en la zona de estudio o en zonas próximas similares suficientemente representativas, bien para determinar directamente los caudales o bien para calibrar el modelo hidrológico.



- Si no se efectúa el análisis anterior se utilizará el siguiente modelo regional que proporciona valores aproximados y generalmente conservadores:

$$Q_T = \varphi Q_{10}^\lambda$$

Donde:

$Q_T$  ( $m^3/s$ ) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno  $T$ , en el punto de desagüe de la cuenca.

$Q_{10}$  ( $m^3/s$ ) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno de diez años en el punto de desagüe de la cuenca, calculado mediante el método racional.

Salvo justificación del proyecto, el valor del coeficiente corrector del umbral de escorrentía a adoptar en el cálculo se debe corresponder con el valor medio  $\beta_m$  recogido en la tabla, sin efectuar correcciones asociadas al nivel de confianza del ajuste estadístico utilizado.

- $\Psi$  (adimensional) Coeficiente propio de la región y del período de retorno considerado
- $\lambda$  (adimensional) Exponente propio de la región y del período de retorno considerado

Región 72

Período de retorno, T (años)	50	100	200	500
$\varphi$	3,0	4,0	7,6	13,3
$\lambda$	1,08	1,18	1,13	1,08

Regiones 821 y 822

Período de retorno, T (años)	50	100	200	500
$\varphi$	3,0	4,0	6,5	10,4
$\lambda$	1,07	1,10	1,10	1,07



### Estudio hidrometeorológico (CN del SCS)

A partir de las isóneas de las precipitaciones máximas previsibles, editado por el MOPU, se obtiene que, la precipitación diaria se representa en la tabla siguiente, en función de las subcuencas en las que se ha distribuido la cuenca principal.

Las precipitaciones y los valores estimados, calculados a partir del centroide ya indicado en la tabla anterior, servirán de base para los cálculos posteriores que se muestran en la tabla resumen.

Esta precipitación, si se dispone de datos maestres, se puede estimar a partir de la denominada distribución normal de Gumbel, que se rige por:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot S$$

$$u = \bar{X} - 0'5772 \cdot \alpha$$

$$F(X) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Con esto se puede obtener a partir de una serie anual de intensidades medias máximas, la intensidad media máxima correspondiente a un determinado periodo.

Sólo sería necesario disponer de los datos de determinadas estaciones y, eliminando los valores extremos, determinar los parámetros de cálculo para obtener la precipitación.

Puesto que mediante las isóneas el resultado es más desfavorable, se toma este dato como base de cálculo, estimando el resto de parámetros tal y como se indica en el epígrafe siguiente dedicado a la Instrucción de Carreteras.

- Umbral de escorrentía corregido:  $P_0^* = P_0 \cdot \beta$  (se calcula en el siguiente punto)
- Tiempo Lag (HEC-HMS):  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Precipitación Máxima Diaria:  $P_d' = K_a \cdot P_d$
- Intensidad Media Diaria:  $I_d = \frac{P_d'}{24}$

- Coeficientes de Muskingum:  $K = 0,18 \cdot \left( \frac{L}{J^4} \right)^{0,76}$  considerando que los tramos cumplirán  $\Delta t > 2K \cdot \chi$

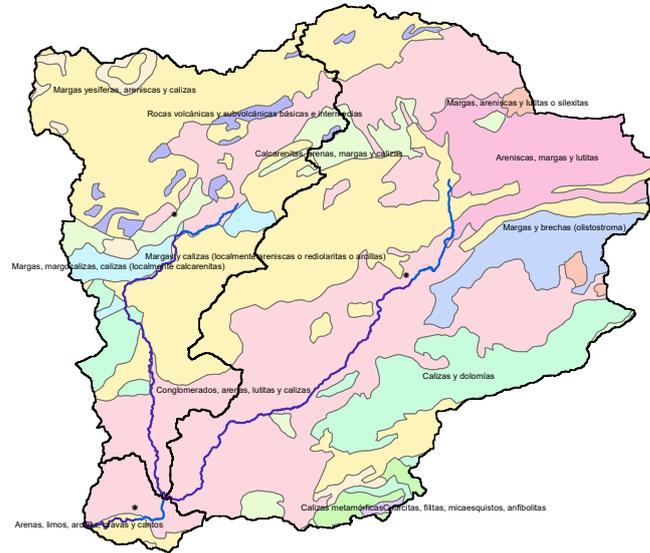
$$\chi = 0,20$$

- Para el sistema de transformación de "routing" se considera el método Muskingum-Cunge, ya que no se dispone de datos de pluviómetros para contrastar otros métodos, con  $n=0'035$  y sección trapezoidal.
- Número de Curva SCS:  $CN = \frac{25400}{\frac{P_0}{0,20} + 254}$



Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:



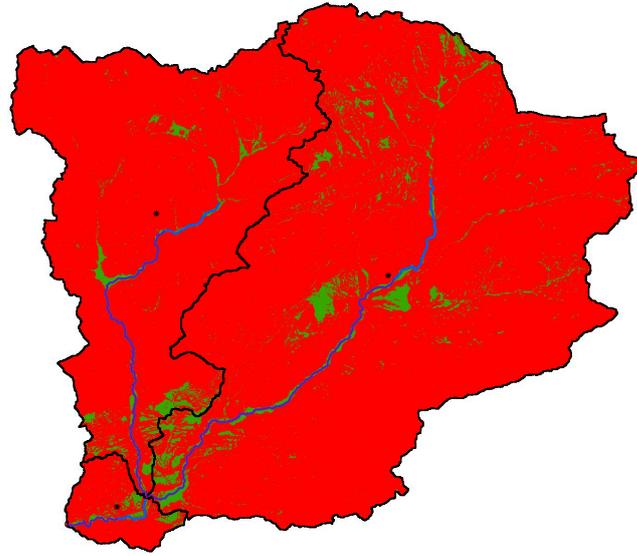


Ahora se realiza una reclasificación de dichas unidades litológicas mediante la siguiente tabla orientativa:

Código	Descripción	Grupo
<b>VOLCÁNICO</b>		
1	Rocas volcánicas ácidas e intermedias de Cabo de Gata	D
2	Rocas volcánicas y subvolcánicas básicas e intermedias (volcánico de Sierra Morena y Béticas)	D
3	Complejo vulcano-sedimentario (lavas, piroclastos, tobas y tufitas)	D
<b>PLUTÓNICO</b>		
4	Peridotitas y serpentinitas	D
5	Gabros, Dioritas, Tonalitas y otras rocas plutónicas indiferenciadas	D
6	Granodioritas	D
7	Granitos	D
<b>METAMÓRFICO</b>		
8	Filitas, metareniscas, metabasitas y grauwacas	C
9	Esquistos, cuarcitas y anfibolitas	C
10	Esquistos, gneises, cuarcitas y anfibolitas	C
11	Pizarras, esquistos, grauwacas y cuarcitas	D
12	Pizarras, grauwacas y areniscas	D
13	Pizarras, cuarcitas, cuarzovacas, jaspes y rocas volcánicas	D
14	Pizarras, calcoesquistos, calizas, cuarcitas y conglomerados	D
15	Cuarcitas, filitas, micaesquistos y anfibolitas	D
16	Gneises, migmatitas y granulitas	C
17	Metabasitas, anfibolitas y serpentinitas	D
18	Anfibolitas, pizarras, filitas, areniscas y cuarcitas	D
19	Micaesquistos, filitas y areniscas	C
20	Calizas, grauwacas (localmente filitas)	C
21	Calizas metamórficas	B
22	Mármoles (localmente con calcoesquistos)	C
<b>SEDIMENTARIO</b>		
23	Arenas, limos, arcillas, gravas y cantos	C
24	Arenas	B
25	Limos y arcillas	C
26	Arenas y margas	B
27	Arcillas y arenas rojas	C
28	Arcillas, margas y dolomías	B
29	Arcillas y margas (localmente calcarenitas)	B
30	Arcillas, calizas y areniscas	B
31	Areniscas silíceas	C
32	Areniscas, margas y lutitas	B
33	Calcarenitas, arenas, margas y calizas	B
34	Margas yesíferas, areniscas y calizas	C
35	Margas, areniscas y lutitas o silixitas	C
36	Marga y brechas (olitostroma)	D
37	Margas, margocalizas, calizas (localmente calcarenitas)	C
38	Calizas y margas (localmente areniscas o radiolaritas o arcillas)	C
39	Calizas y dolomías	B
40	Conglomerados, lutitas, areniscas, calizas y volcanitas	B
41	Conglomerados, arenas, lutitas y calizas	B

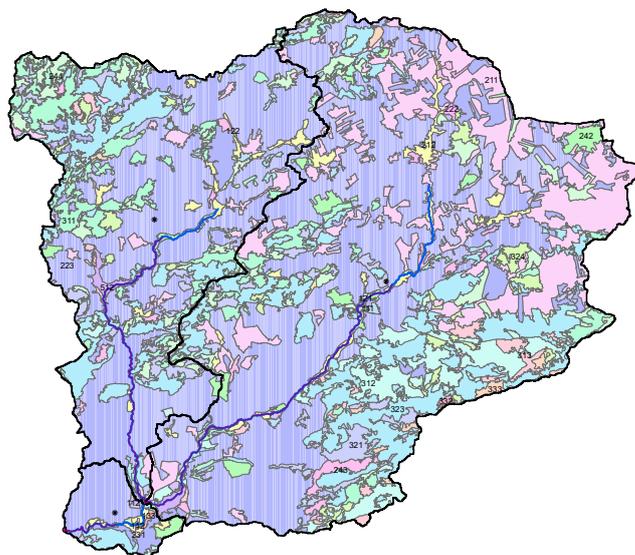


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):





- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:



Ahora habrá que establecer un criterio de equiparación entre dichos usos del suelo definidos en el CLC 2018 y los parámetros de la Instrucción de Carreteras IC-5.2.

A continuación lo que se realiza es una reclasificación de estos tres mapas (raster) aplicando un número primo diferente a cada valor para, después, realizar una simple multiplicación de dichos mapas, obteniendo un único valor a cada punto

Una vez que se ha llevado a cabo la multiplicación se relacionan mediante la siguiente tabla para, de nuevo reclasificando, obtener el mapa definitivo con el número de curva del SCS. La tabla de número primos son las siguientes:

CARACTERÍSTICA	NUMERO PRIMO	PENDIENTE
Pendiente < 3% (1)	1	
Pendiente ≥ 3% (2)	2	
Litología A	3	
Litología B	5	
Litología C	7	
Litología D	11	
111 Tejido urbano continuo	13	
112 Tejido urbano discontinuo	17	
121 Zonas industriales o comerciales	19	
122 Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	23	
123 Zonas Portuarias	29	
124 Aeropuertos	31	
131 Zonas de extracción minera	41	
132 Escombreras y vertederos	43	
133 Zonas en construcción	47	
141 Zonas verdes urbanas	53	
142 Instalaciones deportivas y recreativas	59	
211 Tierras de labor en secano	61	2
211 Tierras de labor en secano	61	1
212 Terrenos regados permanentes	67	2
212 Terrenos regados permanentes	67	1
221 Viñedos	71	2
221 Viñedos	71	1
221 Viñedos en secano	73	2
221 Viñedos en secano	73	1
221 Viñedos en regadío	79	2
221 Viñedos en regadío	79	1



222	Frutales	83	2
222	Frutales	83	1
222	Frutales en secano	89	2
222	Frutales en secano	89	1
222	Frutales en Regadío	97	2
222	Frutales en Regadío	97	1
223	Olivares	101	2
223	Olivares	101	1
223	Olivares en secano	103	2
223	Olivares en secano	103	1
223	Olivares en regadío	107	2
223	Olivares en regadío	107	1
231	Praderas	109	2
231	Praderas	109	1
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	113	2
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	113	1
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	127	2
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	127	1
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío	131	2
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío	131	1
242	Mosaico de cultivos	137	2
242	Mosaico de cultivos	137	1
242	Mosaico de cultivos en secano	139	2
242	Mosaico de cultivos en secano	139	1
242	Mosaico de cultivos en regadío	149	2
242	Mosaico de cultivos en regadío	149	1
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	151	2
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	151	1
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	157	2
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	157	1
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadío	163	2
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadío	163	1
244	Sistemas agroforestales	167	2
244	Sistemas agroforestales	167	1
311	Bosques de frondosas	173	
312	Bosques de coníferas	179	
313	Bosque mixto	181	
321	Pastizales naturales	191	2
321	Pastizales naturales	191	1
322	Landas y matorrales	193	
323	Vegetación esclerófila	197	
324	Matorral boscoso de transición	199	
331	Playas, dunas y arenales	211	
332	Roquedo	223	
333	Espacios con vegetación escasa	227	2
333	Espacios con vegetación escasa	227	1
334	Zonas quemadas	229	
421	Marismas	233	
511	Cursos de agua	239	
512	Láminas de agua	241	



CARACTERÍSTICA	N	%	A	B	C	D
111 Tejido urbano continuo	13		39	65	91	143
112 Tejido urbano discontinuo	17		51	85	119	187
121 Zonas industriales o comerciales	19		57	95	133	209
122 Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	23		69	115	161	253
123 Zonas Portuarias	29		87	145	203	319
124 Aeropuertos	31		93	155	217	341
131 Zonas de extracción minera	41		123	205	287	451
132 Escombreras y vertederos	43		129	215	301	473
133 Zonas en construcción	47		141	235	329	517
141 Zonas verdes urbanas	53		159	265	371	583
142 Instalaciones deportivas y recreativas	59		177	295	413	649
211 Tierras de labor en secano	61	2	366	610	854	1342
211 Tierras de labor en secano	61	1	183	305	427	671
212 Terrenos regados permanentes	67	2	402	670	938	1474
212 Terrenos regados permanentes	67	1	201	335	469	737
221 Viñedos	71	2	426	710	994	1562
221 Viñedos	71	1	213	355	497	781
221 Viñedos en secano	73	2	438	730	1022	1606
221 Viñedos en secano	73	1	219	365	511	803
221 Viñedos en regadío	79	2	474	790	1106	1738
221 Viñedos en regadío	79	1	237	395	553	869
222 Frutales	83	2	498	830	1162	1826
222 Frutales	83	1	249	415	581	913
222 Frutales en secano	89	2	534	890	1246	1958
222 Frutales en secano	89	1	267	445	623	979
222 Frutales en Regadío	97	2	582	970	1358	2134
222 Frutales en Regadío	97	1	291	485	679	1067
223 Olivares	101	2	606	1010	1414	2222
223 Olivares	101	1	303	505	707	1111
223 Olivares en secano	103	2	618	1030	1442	2266
223 Olivares en secano	103	1	309	515	721	1133
223 Olivares en regadío	107	2	642	1070	1498	2354
223 Olivares en regadío	107	1	321	535	749	1177
231 Praderas	109	2	654	1090	1526	2398
231 Praderas	109	1	327	545	763	1199
241 Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	113	2	678	1130	1582	2486
241 Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	113	1	339	565	791	1243
241 Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	127	2	762	1270	1778	2794
241 Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	127	1	381	635	889	1397
241 Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío	131	2	786	1310	1834	2882
241 Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío	131	1	393	655	917	1441
242 Mosaico de cultivos	137	2	822	1370	1918	3014
242 Mosaico de cultivos	137	1	411	685	959	1507
242 Mosaico de cultivos en secano	139	2	834	1390	1946	3058
242 Mosaico de cultivos en secano	139	1	417	695	973	1529
242 Mosaico de cultivos en regadío	149	2	894	1490	2086	3278
242 Mosaico de cultivos en regadío	149	1	447	745	1043	1639
243 Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	151	2	906	1510	2114	3322
243 Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	151	1	453	755	1057	1661
243 Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	157	2	942	1570	2198	3454
243 Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	157	1	471	785	1099	1727
243 Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadío	163	2	978	1630	2282	3586
243 Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadío	163	1	489	815	1141	1793
244 Sistemas agroforestales	167	2	1002	1670	2338	3674
244 Sistemas agroforestales	167	1	501	835	1169	1837
311 Bosques de frondosas	173		519	865	1211	1903
312 Bosques de coníferas	179		537	895	1253	1969
313 Bosque mixto	181		543	905	1267	1991
321 Pastizales naturales	191	2	1146	1910	2674	4202
321 Pastizales naturales	191	1	573	955	1337	2101
322 Landas y matorrales	193		579	965	1351	2123
323 Vegetación esclerófila	197		591	985	1379	2167
324 Matorral boscoso de transición	199		597	995	1393	2189
331 Playas, dunas y arenales	211		633	1055	1477	2321



332	Roquedo	223		669	1115	1561	2453
333	Espacios con vegetación escasa	227	2	1362	2270	3178	4994
333	Espacios con vegetación escasa	227	1	681	1135	1589	2497
334	Zonas quemadas	229		687	1145	1603	2519
421	Marismas	233		699	1165	1631	2563
511	Cursos de agua	239		717	1195	1673	2629
512	Láminas de agua	241		723	1205	1687	2651

De donde podemos obtener, conforme la orden de carreteras, el umbral inicial de escorrentía para humedad media:

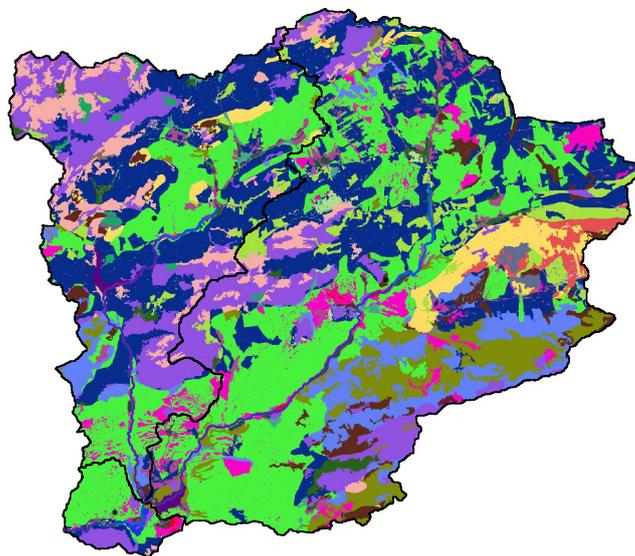
CARACTERÍSTICA		N	%	A	B	C	D
111	Tejido urbano continuo	13		1	1	1	1
112	Tejido urbano discontinuo	17		24	14	8	6
121	Zonas industriales o comerciales	19		24	14	8	6
122	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	23		1	1	1	1
123	Zonas Portuarias	29		1	1	1	1
124	Aeropuertos	31		24	14	8	6
131	Zonas de extracción minera	41		16	9	6	5
132	Escombreras y vertederos	43		20	11	8	6
133	Zonas en construcción	47		24	14	8	6
141	Zonas verdes urbanas	53		53	23	14	10
142	Instalaciones deportivas y recreativas	59		79	32	18	13
211	Tierras de labor en seco	61	2	26	15	9	7
211	Tierras de labor en seco	61	1	31.5	20	14	11.5
212	Terrenos regados permanentes	67	2	37	20	12	9
212	Terrenos regados permanentes	67	1	47	25	16	13
221	Viñedos	71	2	62	26	15	10
221	Viñedos	71	1	76	34	19	14
221	Viñedos en seco	73	2	62	26	15	10
221	Viñedos en seco	73	1	76	34	19	14
221	Viñedos en regadío	79	2	62	26	15	10
221	Viñedos en regadío	79	1	76	34	19	14
222	Frutales	83	2	79	34	19	14
222	Frutales	83	1	94	42	22	15
222	Frutales en seco	89	2	62	26	15	10
222	Frutales en seco	89	1	76	34	19	14
222	Frutales en Regadío	97	2	79	34	19	14
222	Frutales en Regadío	97	1	94	42	22	15
223	Olivares	101	2	62	26	15	10
223	Olivares	101	1	76	34	19	14
223	Olivares en seco	103	2	62	26	15	10
223	Olivares en seco	103	1	76	34	19	14
223	Olivares en regadío	107	2	62	26	15	10
223	Olivares en regadío	107	1	76	34	19	14
231	Praderas	109	2	70	32	18	13
231	Praderas	109	1	119	55	22	14
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	113	2	52.5	23	13.5	9.5
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	113	1	87.5	32	18	12.5
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en seco	127	2	38	19	11	8
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en seco	127	1	67	27	16	11
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío	131	2	67	27	16	11
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío	131	1	108	37	20	14
242	Mosaico de cultivos	137	2	70.5	30	17	12
242	Mosaico de cultivos	137	1	85	38	20.5	14.5
242	Mosaico de cultivos en seco	139	2	62	26	15	10
242	Mosaico de cultivos en seco	139	1	76	34	19	14
242	Mosaico de cultivos en regadío	149	2	79	34	19	14
242	Mosaico de cultivos en regadío	149	1	94	42	22	15
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	151	2	31.5	17.5	10.5	7.5
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	151	1	38.5	22	14.5	11.5
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en seco	157	2	26	15	9	6
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en seco	157	1	30	19	13	10
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadío	163	2	37	20	12	9
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadío	163	1	47	25	16	13
244	Sistemas agroforestales	167	2	53	23	14	9
244	Sistemas agroforestales	167	1	79	35	17	10



311	Bosques de frondosas	173		90	47	31	23
312	Bosques de coníferas	179		90	47	31	23
313	Bosque mixto	181		90	47	31	23
321	Pastizales naturales	191	2	53	23	14	9
321	Pastizales naturales	191	1	79	35	17	10
322	Landas y matorrales	193		76	34	22	16
323	Vegetación esclerófila	197		60	24	14	10
324	Matorral boscoso de transición	199		76	34	22	16
331	Playas, dunas y arenales	211		152	152	152	152
332	Roquedo	223		2	2	2	2
333	Espacios con vegetación escasa	227	2	24	14	8	6
333	Espacios con vegetación escasa	227	1	57	25	12	7
334	Zonas quemadas	229		15	8	6	4
421	Marismas	233		2	2	2	2
511	Cursos de agua	239		0	0	0	0
512	Láminas de agua	241		0	0	0	0

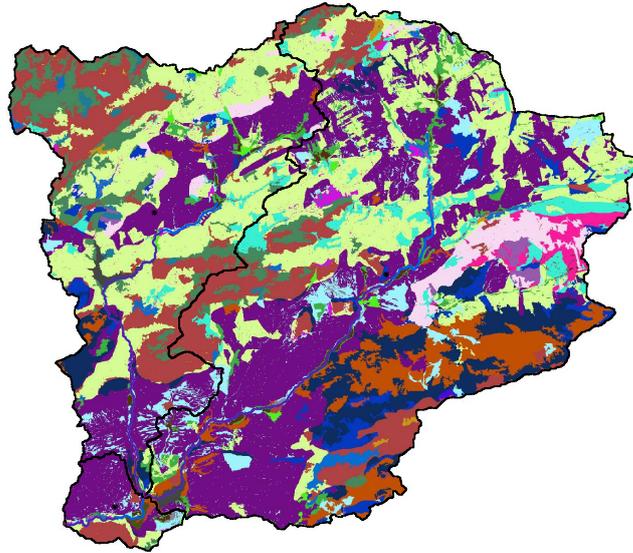
Valores iniciales del umbral de escorrentía. Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 -IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras

El resultado final de las CN es el siguiente:



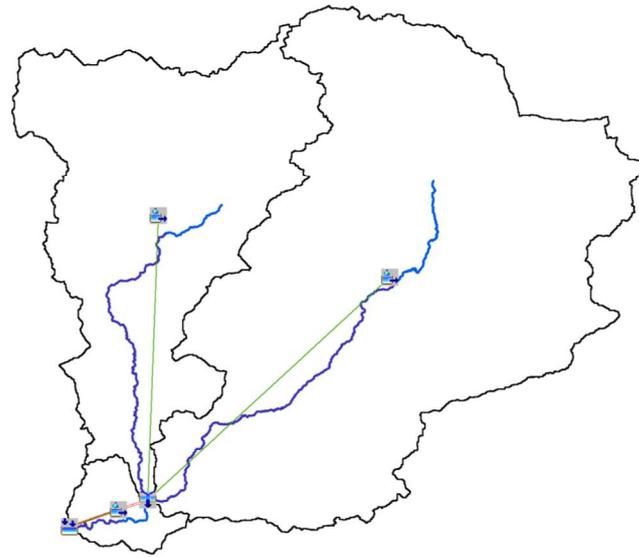


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

Periodo de Retorno	Subcuenca 1	Subcuenca 2	Subcuenca 3
Precipitación $M_{CO}$ años (mm)	59.17443	57.36261	49.76719
Precipitación 10 años (mm)	69.84467	67.15881	57.84351
Precipitación 100 años (mm)	117.014	110.1786	93.10352
Precipitación 500 años (mm)	155.7217	145.272	121.7086

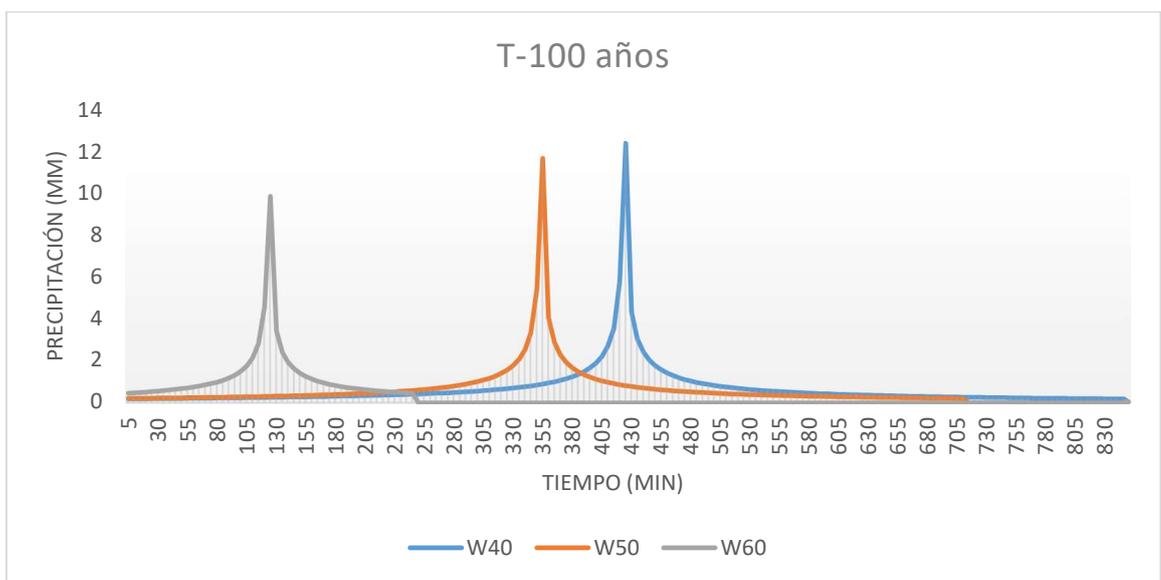
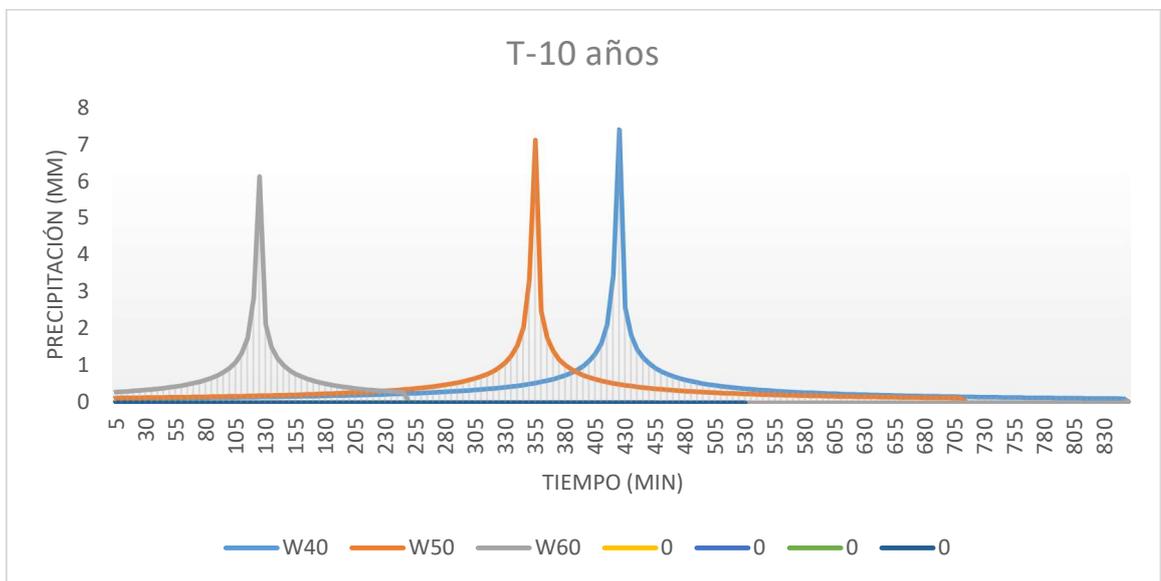
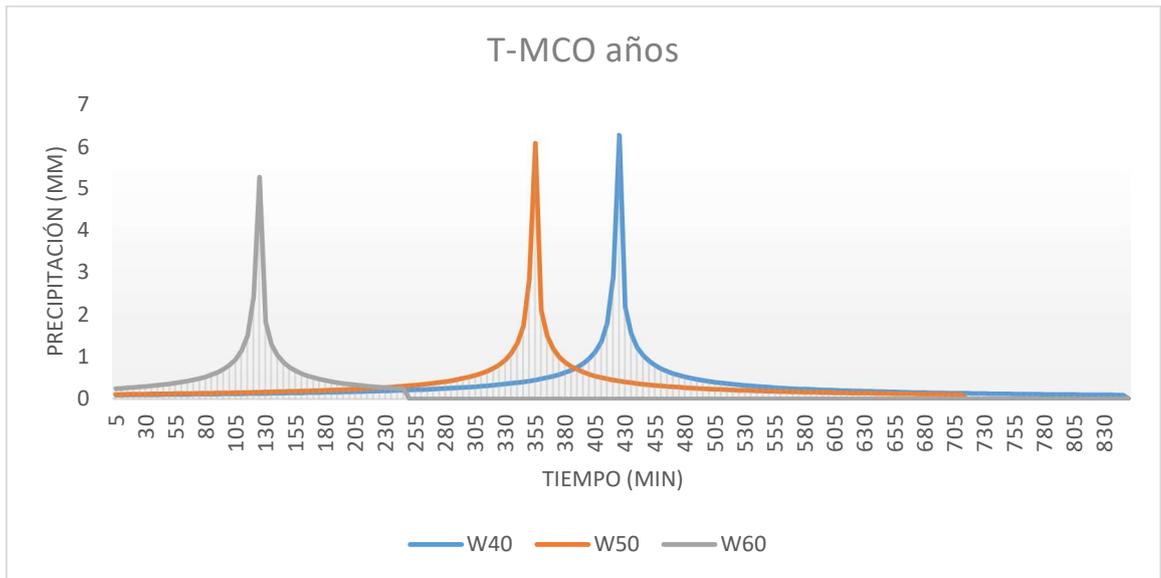


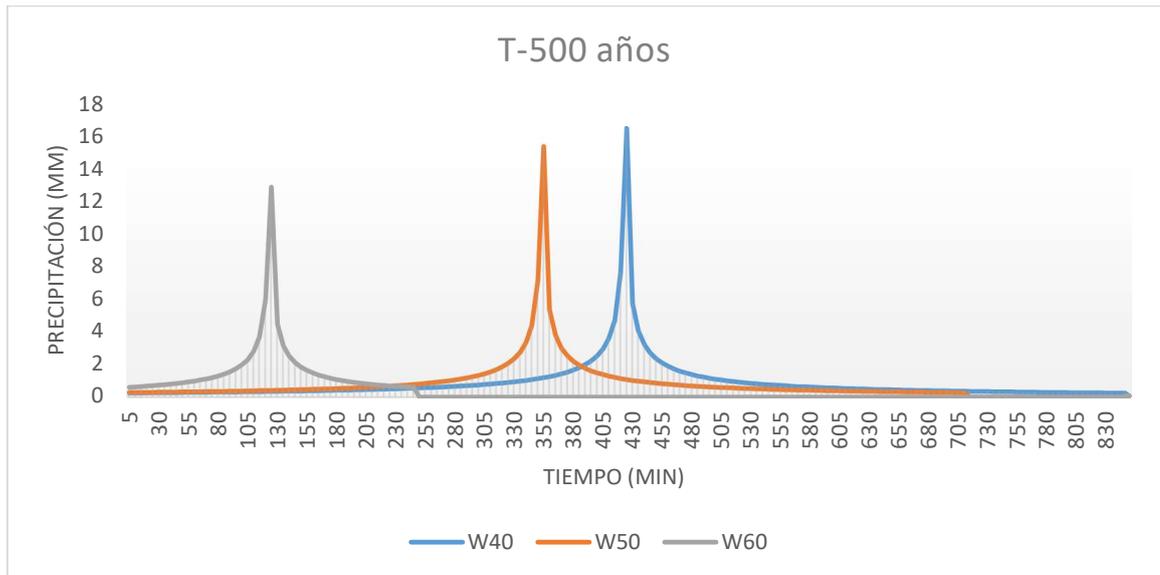


Ahora habrá que definir la distribución para un periodo de retorno de MCO, 10, 100 y 500 años (el más desfavorable). En este caso se ha obtenido mediante el modelo de bloques alternados según el modelo adoptado por Fomento, dando como resultado los siguientes hidrogramas unitarios, siempre para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración que se haya obtenido. En el caso de la Máxima Crecida Ordinaria, y siguiendo los criterios establecidos en la publicación "Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía zonas inundables", editado por el Ministerio de Medio ambiente, Medio rural y Marino, en 2011, donde se establece, a falta de más datos, una estimación del periodo de retorno para la MCO en función de la zona:

Región	$C_v$	$T_{MCO}$
11	0,59	3,0
12	0,54	2,5
13	0,54	2,5
21	0,48	2,5
22	1,15	6,0
23	0,66	3,5
24	0,75	4,0
25	0,75	4,0
26	0,81	4,0
31	0,79	4,0
32	0,79	4,0
33	1,04	5,0
34	0,76	4,0
41	1,20	6,0
42	1,05	5,5
43	0,83	4,0
51	0,96	5,0
52	0,74	3,5
53	1,12	5,5
54	0,66	3,5
61	1,09	5,5
71	1,13	5,5
72	1,44	7,0
73	1,07	5,5
81	0,87	4,5
82	1,21	6,0
83	1,19	6,0
84	0,88	4,5
91	0,47	2,5
92	0,70	3,5
93	1,36	7,0
94	1,04	5,0
95	0,69	3,5
96	0,50	2,5
101	0,91	4,5
102	1,39	7,0

Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{MCO}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
Subcuenca 1	70.56893	22.39325
Subcuenca 2	72.65796	19.77308
Subcuenca 3	68.488	23.891

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
Subcuenca 1	0.28	0.30	0.41	0.53
Subcuenca 2	0.28	0.30	0.41	0.53
Subcuenca 3	0.28	0.30	0.41	0.53



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W40	W50	W60
Municipio	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte
Provincia	Granada	Granada	Granada
Coordenada X UTM (m)	454645	439405	436759
Coordenada Y UTM (m)	4140402	4144477	4124898
Superficie Cuenca (Km2)	644.1506	331.0125	29.07
Longitud Máxima (Km)	57.99857	48.04629	10.21868
Pendiente Cuenca (%)	0.018431	0.021506	0.012192
Factor Regional	9	9	9
Coefficiente Corrector P0 para TMco	1.827	1.827	1.827
Coefficiente Corrector P0 para T10	2.1	2.1	2.1
Coefficiente Corrector P0 para T100	2.898	2.898	2.898
Coefficiente Corrector P0 para T500	3.276	3.276	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5	5	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5	5	5
Coefficiente de Variación MAXPLU	0.4568702	0.4281639	0.4030381
Coefficiente de variación para la zona	1.12	1.12	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6	5.6	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	22.39325	19.77308	23.8911
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	40.91247	36.12542	43.64904
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	47.02583	41.52347	50.17131
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	64.89564	57.30239	69.23641
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	73.36028	64.7766	78.26725
Tiempo de Concentración (min)	841.4249	708.1865	243.2531
Tlag (min)	294.4987	247.8653	85.13858
Factor Reductor de Lluvia Diaria	0.8127342	0.8320104	0.902437
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	44.77142	44	38.6512
Coefficiente de Uniformidad	1.659683	1.609782	1.291242
Factor de intensidad	1.678699	1.899669	3.905711
Coefficiente Muskingum K (Hr)	8.414249	7.081865	2.432531
Coefficiente Muskingum X	0.2	0.2	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	85.40462	71.88093	24.69019
Sub-reaches mayor que	7.96648	7.726954	6.197961
Numero de Curva CN para SCS	70.56893	72.65796	68.48817
Coefficiente de Escorrentía TMco	0.28	0.28	0.28
Coefficiente de Escorrentía T10	0.3	0.3	0.3
Coefficiente de Escorrentía T100	0.41	0.41	0.41
Coefficiente de Escorrentía T500	0.53	0.53	0.53
Caudal Método Racional TMco	279.7129	156.5638	21.33816
Caudal Método Racional T10	353.7325	196.3942	26.57246
Caudal Método Racional T100	809.9196	440.3373	58.45287
Caudal Método Racional T500	1393.302	750.5197	98.77631
Precipitación de los TMco	59.17443	57.36261	49.76719
Precipitación de los T10	69.84467	67.15881	57.84351
Precipitación de los T100	117.014	110.1786	93.10352
Precipitación de los T500	155.7217	145.272	121.7086
Intensidad de los TMco	2.003878	1.988595	1.871323
Intensidad de los T10	2.365215	2.328201	2.175005
Intensidad de los T100	3.962552	3.819572	3.500836
Intensidad de los T500	5.273347	5.036158	4.576429



## Metodología IC-5.2

Una vez que se consideran estos valores conforme las tablas que se indican más adelante, se obtiene un umbral de escorrentía de:

Variable	Subcuenca 1	Subcuenca 2	Subcuenca 3
Umbral (mm)	22.39325	19.77308	23.8911

Conforme el artículo 2.2 de la Instrucción 5.2 de Carreteras:

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

donde:

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

Y además:

$$I(T, t_c) = I_d \cdot F_{INT}$$

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

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2 \rightarrow K_A = 1$$

$$\text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 \rightarrow K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

$$F_{INT} = \max(F_A, F_B)$$

$$F_A = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{3.5287 - .5287 \cdot t^{0.1}}$$

$$F_B = k_b \cdot \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$$

$$t_c = 0.3 \cdot L_c^{0.76} \cdot J_c^{-0.19}$$

$$K_T = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{t_c^{1.25} + 14}$$

donde:

- I (T, t) (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t.
- $I_d$  (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T.
- Fint (adimensional) Factor de intensidad.
- $P_d$  (mm) Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T.
- $K_A$  (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.
- Fint (adimensional) Factor de intensidad.
- $F_a$  (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ).
- $F_b$  (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.
- $I_1/I_d$  (adimensional) Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica.
- $I_{IDF}(T, t_c)$  (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y al tiempo de concentración  $t_c$ , obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo.
- $I_{IDF}(T, 24)$  (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas ( $t = 24$  h), obtenido a través de curvas IDF.
- $k_b$  (adimensional) Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar  $k_b = 1,13$ .
- $t_c$  (horas) Tiempo de concentración.
- $L_c$  (km) Longitud del cauce.
- $J_c$  (adimensional) Pendiente media del cauce.

Evidentemente no coincide exactamente con los valores calculados mediante el sistema del CEDEX para los números de curva, por lo que se presenta este apartado únicamente a efectos de información.

Este coeficiente se corrige conforme al coeficiente corrector, en este caso 2'1, dando como resultado los valores ya establecidos.

En este caso como  $P_d' > P_o$  tendremos que hay escorrentía, aunque muy pequeña.

C es el coeficiente de escorrentía, que vale:



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

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 \quad C = 0$$

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

Coefficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación:

Los arroyos y las cuencas se pueden subdividir en 3 zonas, de forma general y siguiendo criterios de autores y estudiosos, muy concretas en lo que respecta la escorrentía, teóricamente hablando:

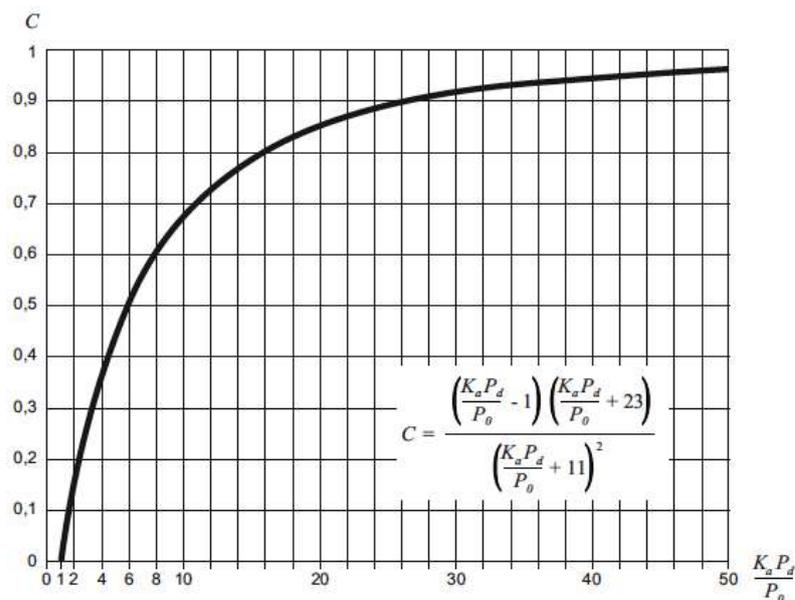
- La zona de alta montaña, donde el umbral de escorrentías se puede considerar de 17 milímetros y el coeficiente de escorrentía en 0,20.
- La zona urbana donde se atraviesa el casco urbano, considerando un coeficiente de escorrentía de una unidad.
- La zona de cultivos, integrada por la zona de vega, donde el umbral de escorrentía puede considerarse de 14 milímetros y la escorrentía de 0,3.

Estos datos son lo que usualmente se utilizan como base para los estudios de escorrentía y umbrales a nivel general y se han obtenido de diversos estudios dedicados en la zona de la cuenca.

Con el fin de justificar los datos tomados como referencia en cálculo, se transcribe a continuación el artículo 2.5 de la Instrucción 5.2 IC "Drenaje Superficial" donde se establece el cálculo del parámetro de escorrentía:

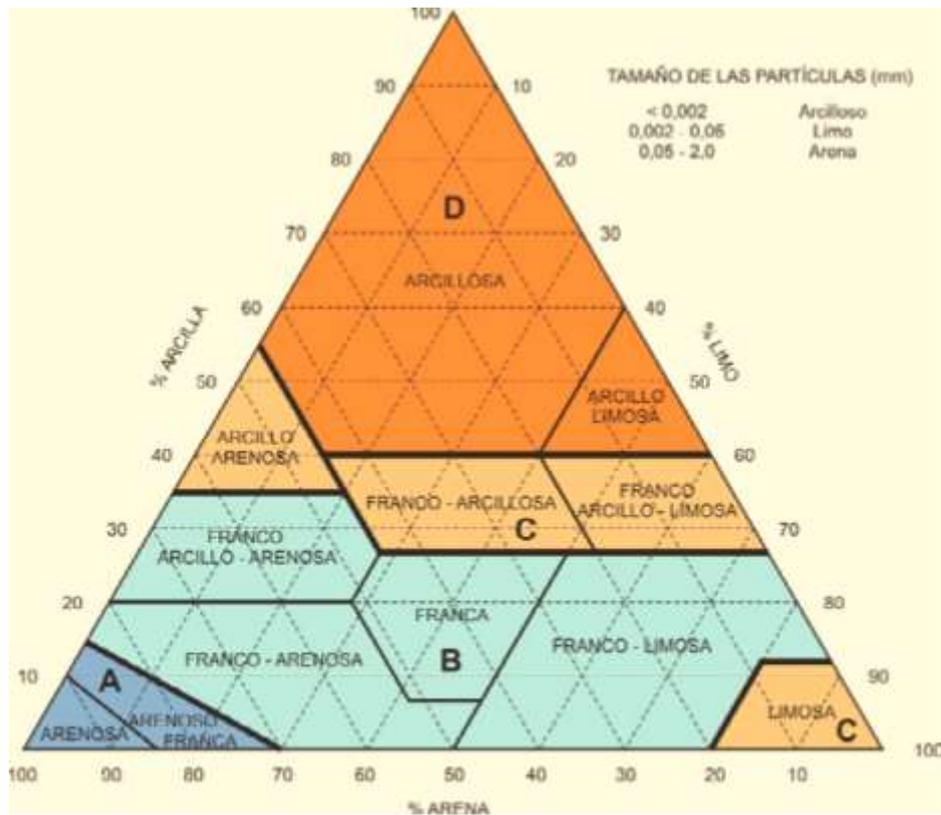
El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria Pd correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po a partir del cual se inicia ésta.

Si la razón Pd/Po fuera inferior a la unidad, el coeficiente C de escorrentía podrá considerarse nulo. En caso contrario, el valor de C podrá obtenerse de la fórmula



Las cuencas heterogéneas deberán dividirse en áreas parciales cuyos coeficientes de escorrentía se calcularán por separado, reemplazando luego el término C·A de la fórmula de cálculo por sumatorio de (C·A).

El umbral de escorrentía Po se podrá obtener de la tabla siguiente, multiplicando los valores en ella contenidos por el coeficiente corrector dado por la figura definida más adelante. Este coeficiente refleja la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos, e incluye una mayoración (del orden del 100 %) para evitar sobrevaloraciones del caudal de referencia a causa de ciertas simplificaciones del tratamiento estadístico del método hidrometeorológico, el cual ha sido contrastado en distintos ambientes de la geografía española. Para el uso de la tabla siguiente los suelos se clasificarán en los grupos de la tabla posterior, en cuya definición interviene la textura definida por la siguiente figura:



Los núcleos urbanos, edificaciones rurales, caminos, etc., no se tendrán en cuenta donde representen una proporción despreciable del área total. En su caso, deberán diferenciarse las proporciones de los distintos tipos de suelo, atribuyendo a cada una el valor correspondiente de  $P_o$ . Deberán tenerse en cuenta las modificaciones futuras previsibles en la cuenca, tales como urbanizaciones, repoblaciones, cambios de cultivos, supresión de barbechos, etc.

Si no se requiriera gran precisión, podrá tomarse, simplificada, un valor conservador de  $P_o$  (sin tener que multiplicarlo luego por el coeficiente de la figura que más adelante se muestra) igual a 20 milímetros, salvo en cuencas con rocas o suelos arcillosos muy someros, en las que se podrá tomar igual a 10 milímetros. Especial interés práctico tiene la estimación indirecta de  $P_o$  basada en información sobre crecidas ordinarias; en relación con este método, conviene tener en cuenta que:

- Se puede determinar el orden de magnitud de los caudales en función de los niveles del agua en el cauce al paso de avenidas habituales, conocidos -en general- por los ribereños al menos de forma aproximada. Datos de esta naturaleza muy característicos son -en algunos casos- el número de años en los que permanece seco el curso de agua, o bien la frecuencia con la que producen desbordamientos del cauce principal.
- Los resultados del cálculo de caudales de avenidas habituales o de pequeño período de retorno son muy sensibles a las variaciones de  $P_o$ , y por ello es suficiente una información aproximada de dichas avenidas para determinar satisfactoriamente  $P_o$ .



VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

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



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



Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		≥ 3	80	34	19	14
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		< 3	95	42	22	15
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R	≥ 3	31	17	10	8
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	N	≥ 3	34	20	13	10
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R/N	< 3	37	22	14	11
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	26	15	9	6
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	28	17	11	8
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	30	19	13	10
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	37	20	12	9
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	42	23	14	11
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	47	25	16	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		≥ 3	70	33	18	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		< 3	120	55	22	14
24400	Sistemas agroforestales		≥ 3	53	23	14	9
24400	Sistemas agroforestales		< 3	80	35	17	10
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado		≥ 3	53	23	14	9
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesionado		< 3	80	35	17	10
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adhesionado		≥ 3	53	23	14	9
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adhesionado		< 3	80	35	17	10
31100	Fronzosas			90	47	31	23
31110	Perennifolias			90	47	31	23
31120	Caducifolias y marcescentes			90	47	31	23
31130	Otras fronzosas de plantación		≥ 3	79	34	19	14
31130	Otras fronzosas de plantación		< 3	94	42	22	15
31140	Mezclas de fronzosas			90	47	31	23



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



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

**Notas:**

La codificación de los tipos del suelo corresponde al proyecto europeo Corine Land Cover 2000

N: Denota cultivo según las curvas de nivel.

R: Denota cultivo según la línea de máxima pendiente.

Tabla  
Clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía

GRUPO	INFILTRACION (cuando están muy húmedos)	POTENCIA	TEXTURA	DRENAJE
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo- limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

**NOTA: LOS TERRENOS CON NIVEL FREÁTICO ALTO SE INCLUIRÁN EN EL GRUPO D**

De este punto se obtienen los siguientes parámetros para el cálculo previsto:

- Grupo variable (predominante C)
- El umbral de escorrentía queda fijado para cada subcuenca en los valores anteriormente establecidos, definiendo un coeficiente de escorrentía para cada subcuenca.
- Para convertir el umbral de escorrentía en curva SCS del modelo HEC-HMS se tendrá que  $CN = \frac{25400}{\frac{P_0}{0,20} + 254}$  de donde CN

tendrá un valor diferente al calculado por el método nuevo del CEDEX. Se considera por tanto el método de cálculo de CN mediante la metodología anterior.



### Caudales de cálculo

Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3.6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

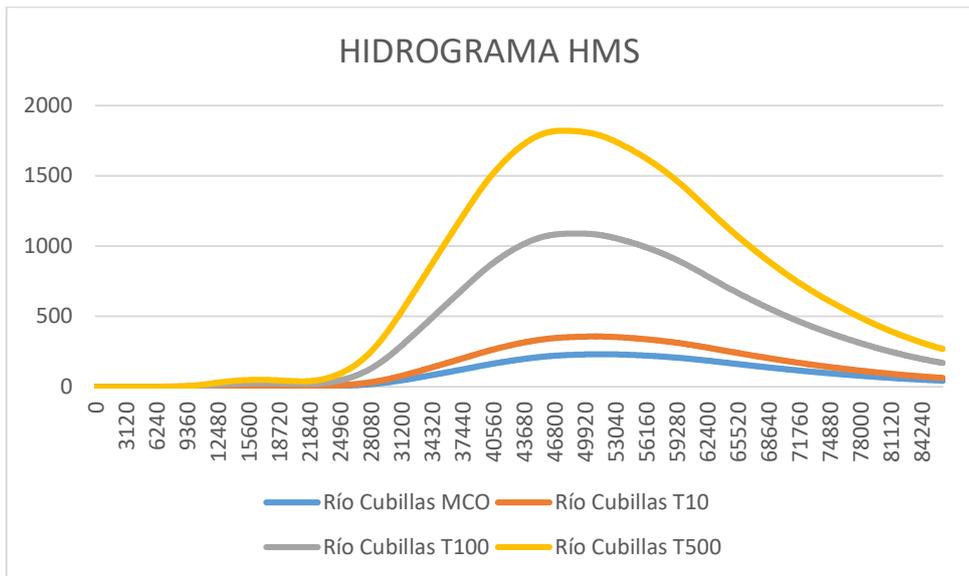
Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W40	279.713	353.733	809.920	1393.302
W50	156.564	196.394	440.337	750.520
W60	21.338	26.572	58.453	98.776
<b>TOTAL</b>	<b>457.615</b>	<b>576.699</b>	<b>1308.710</b>	<b>2242.598</b>

- Método HEC-HMS: En este caso se proporcionan los archivos de cálculo, dando como resultado los caudales siguientes, corregidos por el factor K de uniformidad para cada subcuenca:

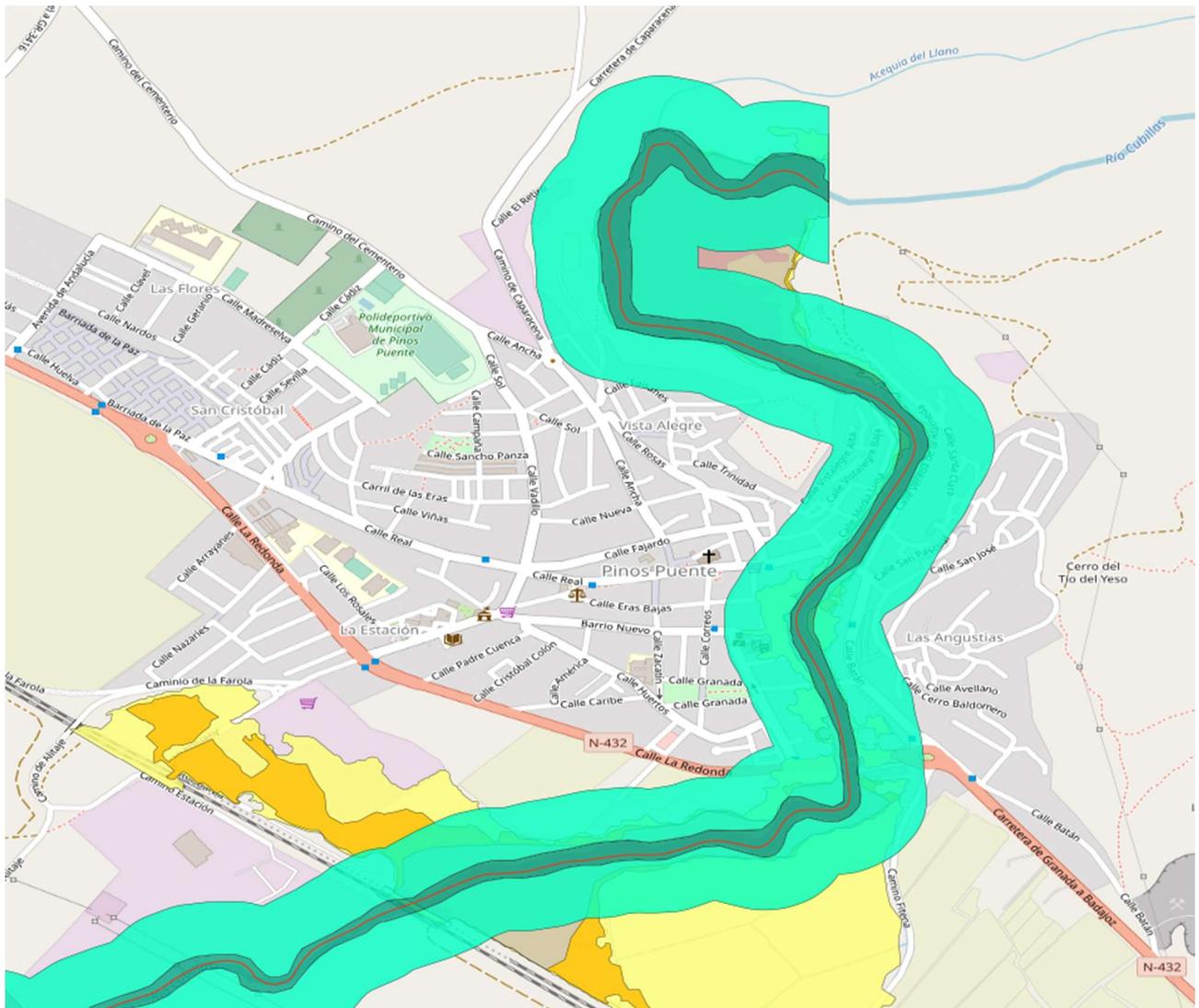
Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W40	155.232	242.486	755.526	1269.268
W50	102.790	155.845	461.041	763.560
W60	1.848	4.309	23.950	47.976
<b>TOTAL</b>	<b>230.260</b>	<b>356.407</b>	<b>1089.018</b>	<b>1820.819</b>

Por su uso contrastado y rigor del modelo, se utilizará el modelo hidrometeorológico HEC-HMS, ya que el método racional se encuentra en su límite, al abarcar las cuencas más de 50 km², y generar unos caudales excesivos.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (completos aportados por HEC-HMS y simplificado para optimizar el cálculo):



A través del GeoPortal IDE (Infraestructura de Datos Espaciales), se ha podido comprobar que ya existe un estudio del Río Cubillas en el Ciclo 1:



En este caso los resultados hidrológicos son los siguientes:



	Denominación	Valor
Cauce	Río Cubillas	
Año de Estudio	01/02/2016	
Ciclo	Primero	
Metodología Terreno	MDT 2x2	
Caudal 500 años	Q500 régimen natural	802'40 m³/s
Caudal 100 años	Q100 régimen natural	474'30 m³/s
Caudal ZFP	Zona Flujo Preferente	474'30 m³/s
Caudal 10 años	Q10 régimen natural	154'10 m³/s
Caudal DPH	QMco régimen natural	106'20 m³/s

Como se puede apreciar la diferencia entre los cálculos obtenidos y los que se obtienen del IDE son enormes, derivados de que sólo se ha considerado el valor del régimen natural en el cauce del río Cubillas.

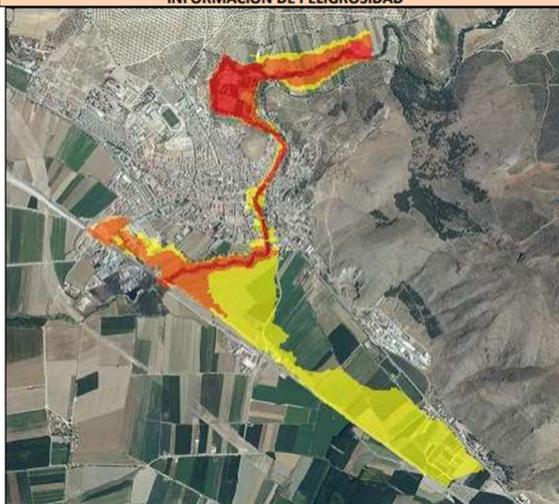


**SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES**  
**MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO**

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR

INFORMACIÓN BÁSICA		INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA					
<b>ZONA HIDROGRÁFICA</b>	Genil	<b>CARTOGRAFÍA</b>		MDT 2x2 obtenido a partir de LIDAR PNOA (vuelo 2014)			
<b>CÓDIGO ARPSI</b>	ES050_APSFR_GE090	<b>ELEMENTOS TRANSVERSALES AL FLUJO</b>		9			
<b>CÓDIGO SUBTRAMO</b>	ES050_APSFR_GE090-01	HIDROLOGÍA					
<b>NOMBRE SUBTRAMO</b>	Pinos Punte	<b>RÉGIMEN</b>	Natural				
<b>PROVINCIA</b>	Granada	<b>CAUCE</b>	<b>METODO</b>	<b>QMCO</b>	<b>Q10</b>	<b>Q100</b>	<b>Q500</b>
<b>CAUCE</b>	Río Cubillas	Río Cubillas	HEC-HMS	106,2	154,1	474,3	802,4
<b>LONGITUD (km)</b>	5,38	HIDRÁULICA					
<b>MUNICIPIOS</b>	Atarfe; Pinos Punte	<b>MODELIZACIÓN</b>	Bidimensional				
		<b>MODELO</b>	IBER				
		<b>RUGOSIDAD</b>	SIOSE corregido con ortofotografía PNOA				
		<b>OBSERVACIONES</b>	Se ha modelizado junto con ES050_APSFR_GE014-01.				
RESUMEN DE RIESGOS PARA T=500 AÑOS							
<b>NÚMERO DE HABITANTES EN ZONA INUNDABLE</b>							337
<b>AFECCIÓN A VÍAS DE COMUNICACIÓN PRINCIPALES</b>		CARRETERAS					SÍ
		FFCC					SÍ
<b>AFECCIÓN A PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA</b>		EDAR					NO
		EMISIONES INDUSTRIALES					NO
		PATRIMONIO CULTURAL					SÍ
		ELEM. SIGNIFICATIVOS PROTECCIÓN CIVIL					NO
<b>AFECCIÓN A ÁREAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL</b>		LIC					NO
		ZEPAS					NO
		MASAS DE AGUA					SÍ
		CAPTACIÓN ABASTECIMIENTO					NO
		USO RECREATIVO					NO

**INFORMACIÓN DE PELIGROSIDAD**



■ Período de retorno 10 años

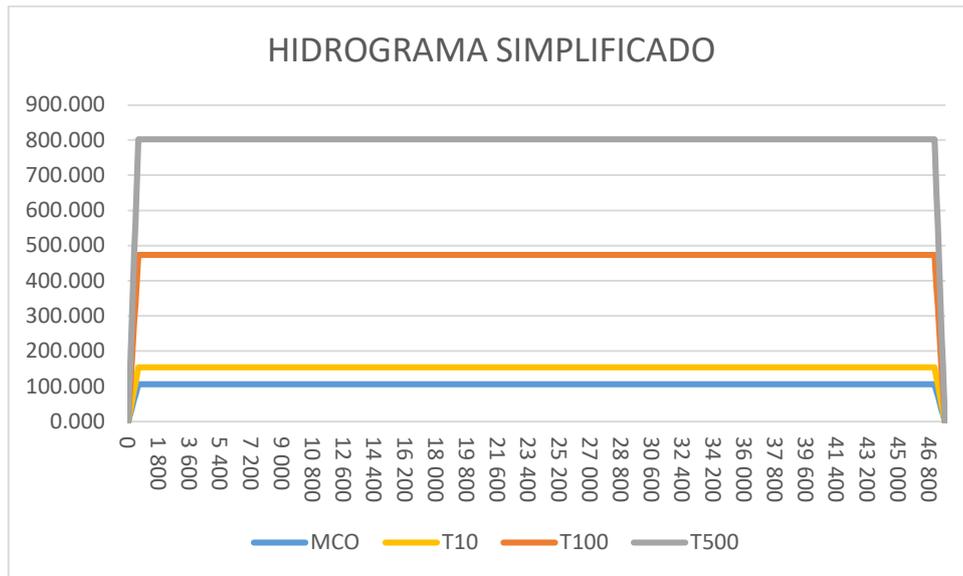
■ Período de retorno 100 años

■ Período de retorno 500 años



En cualquier caso, serán estos datos los que se utilicen para los cálculos hidráulicos pertinentes, ya que son los aceptados y publicados por el Organismo de Cuenca.

Los hidrogramas quedarán del siguiente modo:



Hidrograma unitario simplificado para el cálculo hidráulico hasta  $t=84240$  s con  $T_c=48600$  (asumiendo Ciclo 1)

La diferencia entre lo publicado y lo aquí estudiado mediante el sistema HEC-HMS pudiera estar originado en la laminación considerada por los embalses existentes aguas arriba (embalse del Cubillas), que generan que la salida de aguas desde los desagües y aliviaderos tengan un máximo definido por dicha obra, ya que la diferencia es considerable.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RÍO GENIL**

Con el fin de no reiterar información redundante, se obvian tablas y formulaciones ya implementadas en los puntos anteriores, con el fin de aportar únicamente la información necesaria.

### **Base topográfica**

Los terrenos objeto de dicho estudio, se reflejan en los mapas siguientes del Mapa Topográfico Nacional de España a escala 1:25.000, usando las hojas correspondientes, así como la base de datos de cotas del terreno del LIDAR a escala 5000.

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0968\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0969\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0970\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0990\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0991\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0992\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1010\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1026\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1027\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1040\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1041\_LID

Se trata de levantamientos topográficos de última actualidad, con vuelos de desarrollo LiDAR y con malla de 5x5 m<sup>2</sup>, suficiente para el cálculo que se presenta en este documento. Debido a la envergadura del estudio, se estudia bajo una malla de 25x25 m<sup>2</sup>.

Se han realizado varias visitas a la zona de afección, llevando a cabo mediciones "in situ" de las secciones del cauce y de los usos del suelo en los alrededores.

Se considera suficiente para la elaboración del Modelo Digital del Terreno y así obtener las secciones con el software adecuado.

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

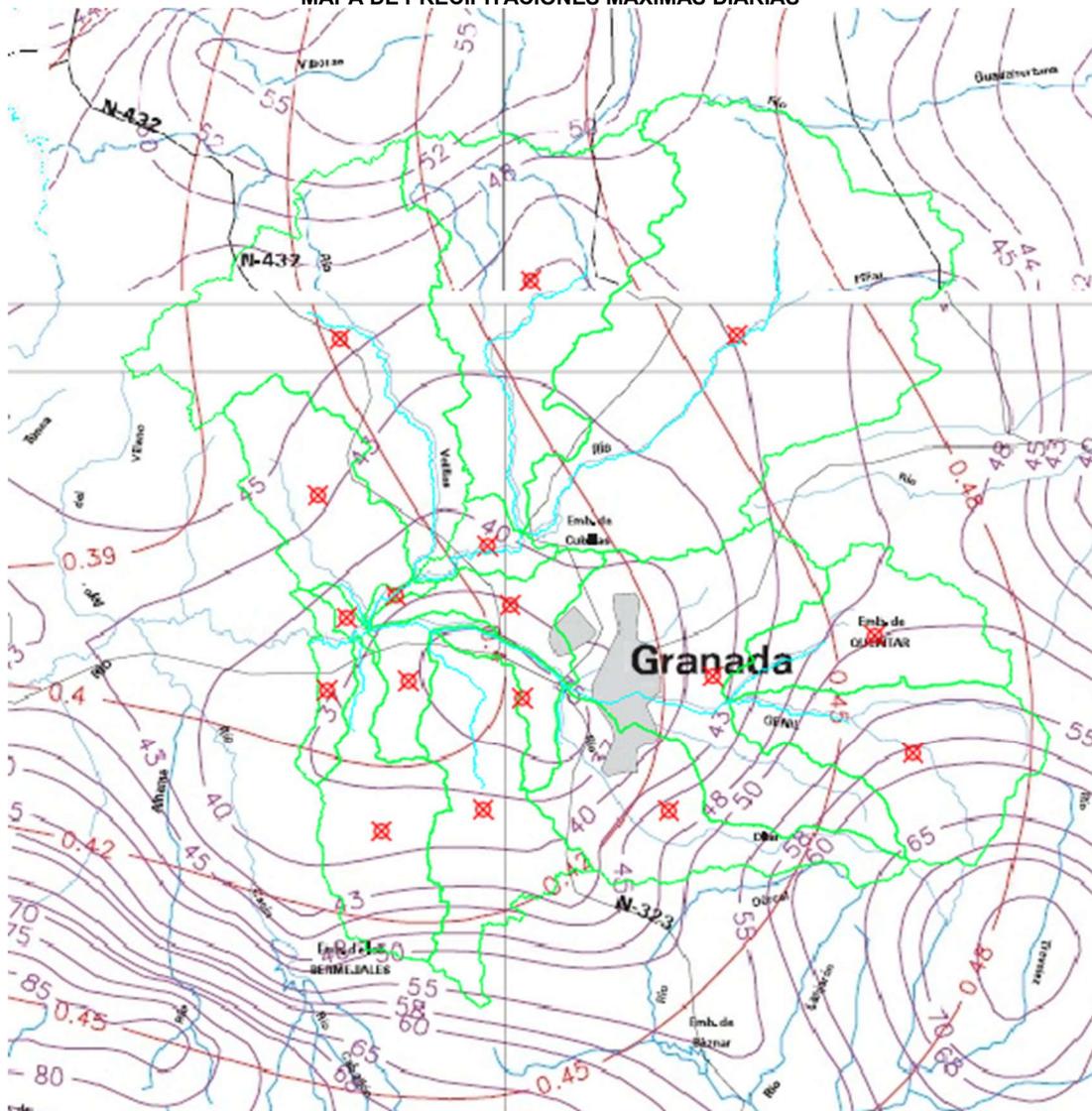
### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



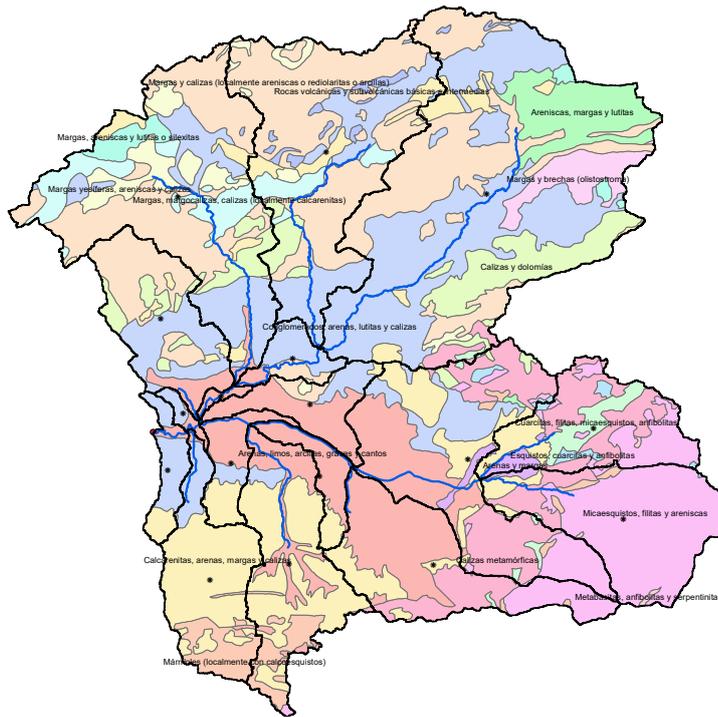
## Estudio hidrometeorológico (CN del SCS)

A partir de las isóneas de las precipitaciones máximas previsible, editado por el MOPU, se obtiene que, la precipitación diaria se representa en la tabla siguiente, en función de las subcuencas en las que se ha distribuido la cuenca principal.

Las precipitaciones y los valores estimados, calculados a partir del centroide ya indicado en la tabla anterior, servirán de base para los cálculos posteriores que se muestran en la tabla resumen.

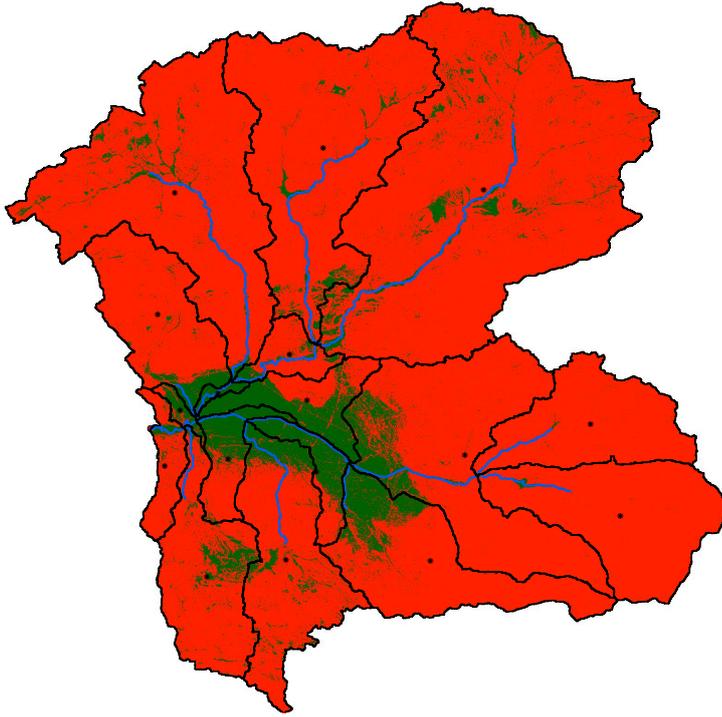
Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema::



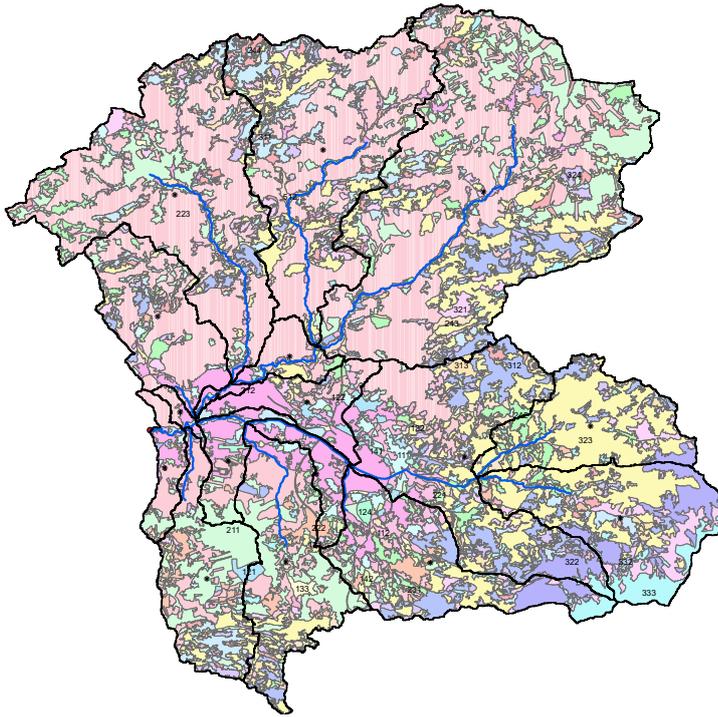


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):





- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:



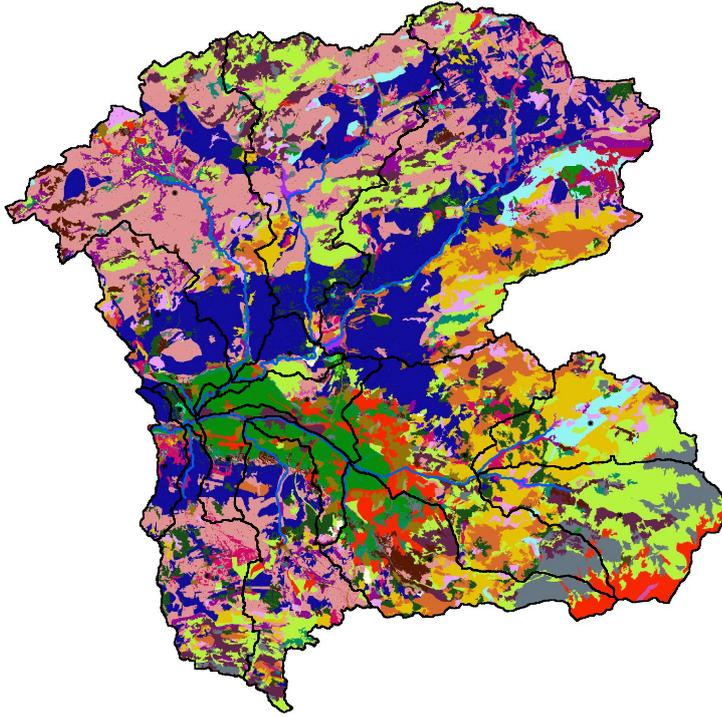
Ahora habrá que establecer un criterio de equiparación entre dichos usos del suelo definidos en el CLC 2018 y los parámetros de la Instrucción de Carreteras IC-5.2.

A continuación lo que se realiza es una reclasificación de estos tres mapas (raster) aplicando un número primo diferente a cada valor para, después, realizar una simple multiplicación de dichos mapas, obteniendo un único valor a cada punto

Una vez que se ha llevado a cabo la multiplicación se relacionan mediante la siguiente tabla para, de nuevo reclasificando, obtener el mapa definitivo con el número de curva del SCS.

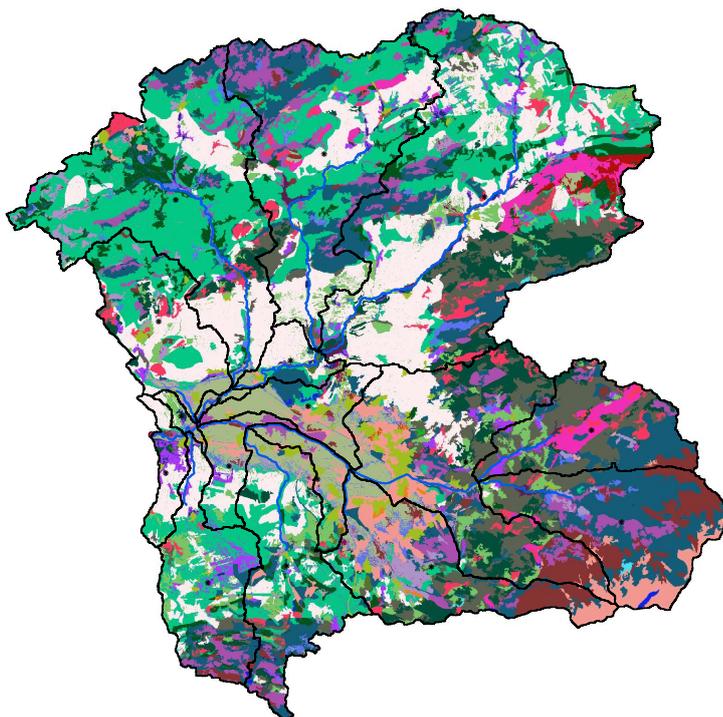


El resultado final de las CN es el siguiente:





Y su equivalente en el umbral de escorrentía:

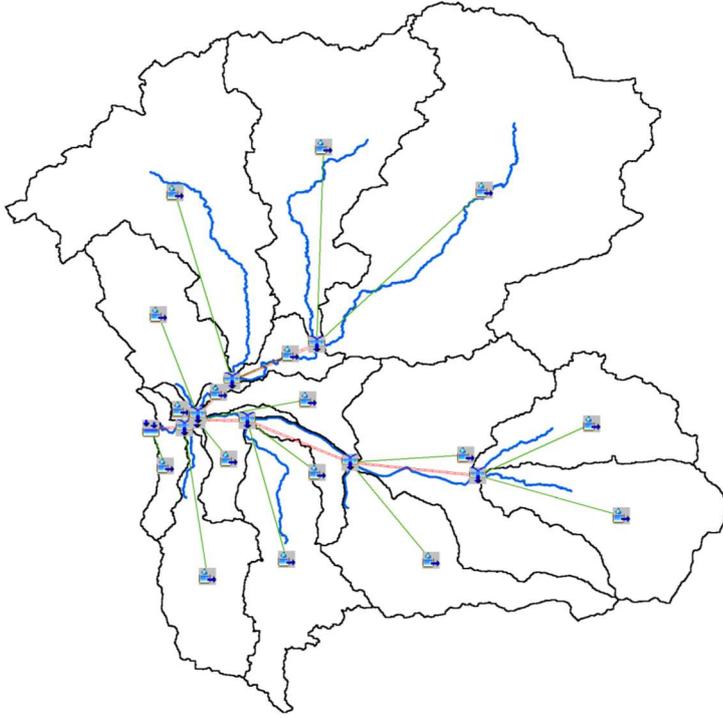


Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

Periodo de Retorno	Subcuenca 1	Subcuenca 2	Subcuenca 3	Subcuenca 4	Subcuenca 5	Subcuenca 6	Subcuenca 7
Precipitación $M_{CO}$ años (mm)	59.16689	57.35925	58.54263	49.63666	47.93943	56.2618	45.89216
Precipitación 10 años (mm)	69.83633	67.15142	67.96572	57.68666	55.59388	65.19677	53.23242
Precipitación 100 años (mm)	117.0018	110.1551	109.067	92.82827	88.94872	104.11	85.22557
Precipitación 500 años (mm)	155.7069	145.2337	142.3829	121.336	115.962	135.6069	111.1408

Periodo de Retorno	Subcuenca 8	Subcuenca 9	Subcuenca 10	Subcuenca 11	Subcuenca 12	Subcuenca 13	Subcuenca 14
Precipitación $M_{CO}$ años (mm)	45.91471	43.89273	49.50919	48.38709	51.01635	66.34782	50.3485
Precipitación 10 años (mm)	53.32316	50.98384	57.38889	56.13211	59.41928	78.25314	58.58209
Precipitación 100 años (mm)	85.648	81.92636	91.71577	89.88985	96.1677	130.8473	94.56036
Precipitación 500 años (mm)	111.8557	107.0171	119.5069	117.2362	126.0288	173.9842	123.7731

Periodo de Retorno	Subcuenca 15	Subcuenca 16	Subcuenca 17
Precipitación $M_{CO}$ años (mm)	60.15194	52.89291	77.42471
Precipitación 10 años (mm)	70.35544	61.8664	91.46624
Precipitación 100 años (mm)	115.1305	101.2476	153.5793
Precipitación 500 años (mm)	151.6295	133.3499	204.5838

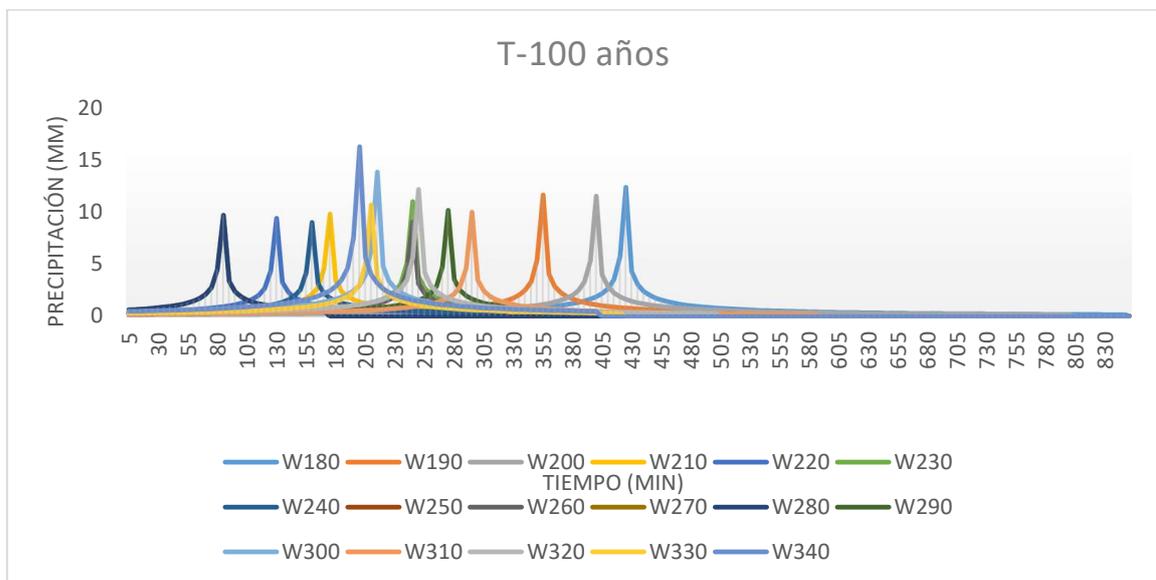
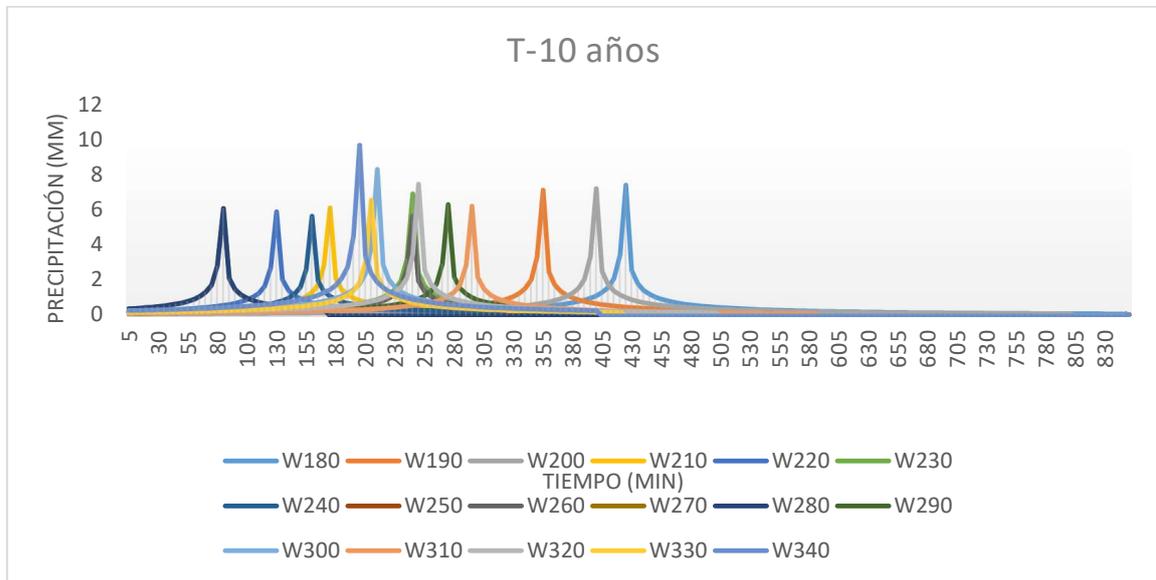
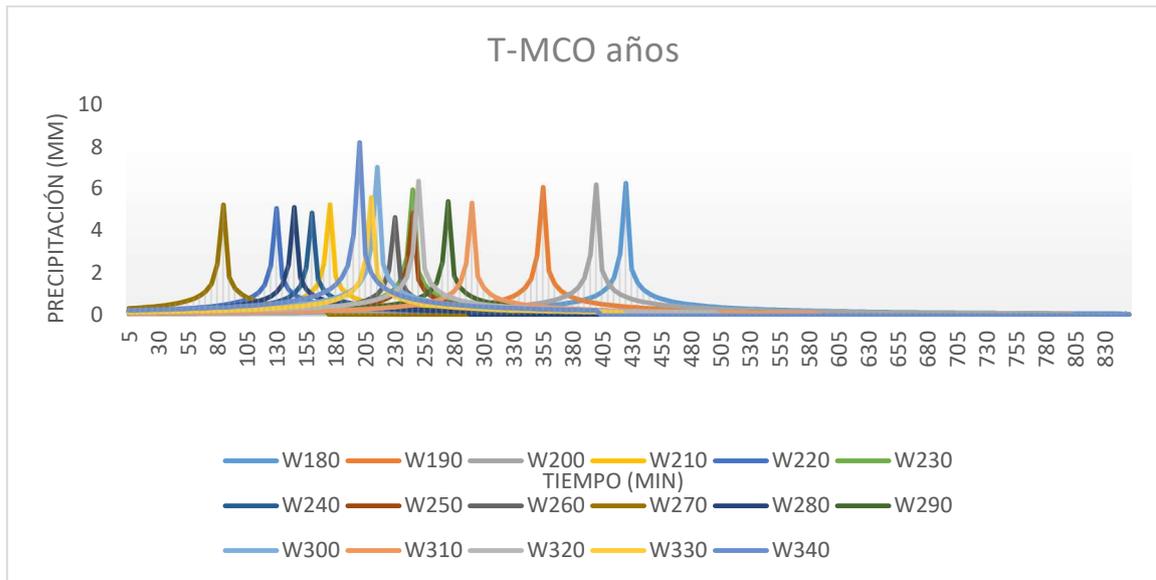


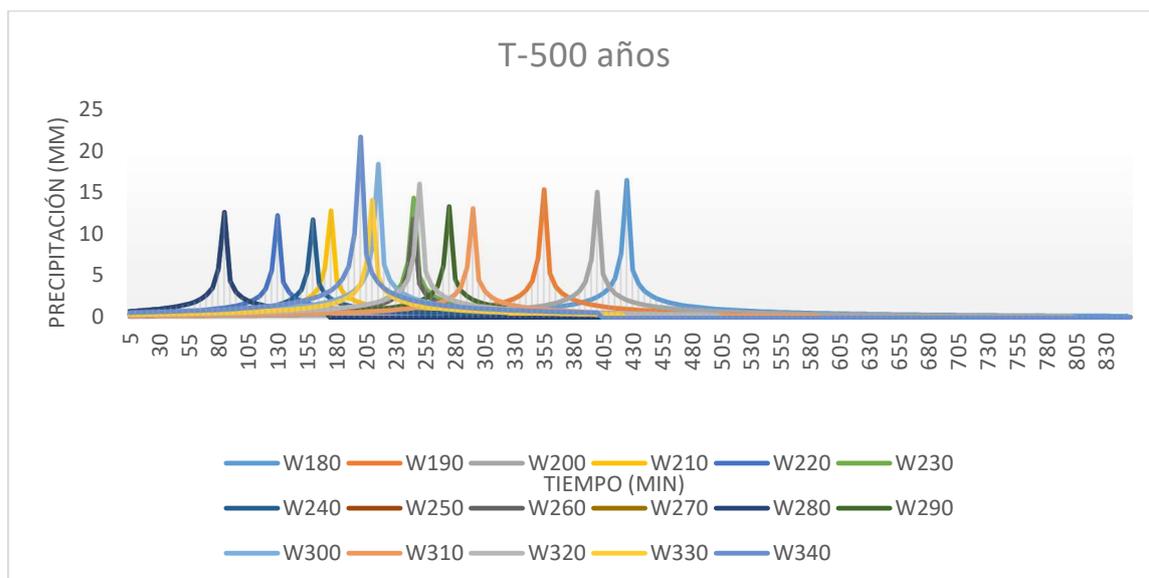


Ahora habrá que definir la distribución para un periodo de retorno de MCO, 10, 100 y 500 años (el más desfavorable). En este caso se ha obtenido mediante el modelo de bloques alternados según el modelo adoptado por Fomento, dando como resultado los siguientes hidrogramas unitarios, siempre para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración que se haya obtenido. En el caso de la Máxima Crecida Ordinaria, y siguiendo los criterios establecidos en la publicación "Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía zonas inundables", editado por el Ministerio de Medio ambiente, Medio rural y Marino, en 2011, donde se establece, a falta de más datos, una estimación del periodo de retorno para la MCO en función de la zona:

Región	$C_v$	$T_{MCO}$
11	0,59	3,0
12	0,54	2,5
13	0,54	2,5
21	0,48	2,5
22	1,15	6,0
23	0,66	3,5
24	0,75	4,0
25	0,75	4,0
26	0,81	4,0
31	0,79	4,0
32	0,79	4,0
33	1,04	5,0
34	0,76	4,0
41	1,20	6,0
42	1,05	5,5
43	0,83	4,0
51	0,96	5,0
52	0,74	3,5
53	1,12	5,5
54	0,66	3,5
61	1,09	5,5
71	1,13	5,5
72	1,44	7,0
73	1,07	5,5
81	0,87	4,5
82	1,21	6,0
83	1,19	6,0
84	0,88	4,5
91	0,47	2,5
92	0,70	3,5
93	1,36	7,0
94	1,04	5,0
95	0,69	3,5
96	0,50	2,5
101	0,91	4,5
102	1,39	7,0

Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{MCO}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
W180	70.56901	22.39314
W190	72.65854	19.77232
W200	73.93356	18.54388
W210	70.28147	22.27272
W220	73.57355	18.6467
W230	71.64282	20.957
W240	73.19527	19.32651
W250	76.01216	16.85517
W260	76.16214	16.99388
W270	69.40211	23.62218
W280	69.44012	23.04463
W290	71.22672	21.33471
W300	71.51984	21.23219
W310	73.09476	19.57044
W320	73.75501	19.56842
W330	69.56091	24.26224
W340	74.65025	17.98125

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



**Coefficients of runoff to be used in the rational method.**

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
W180	0.36	0.38	0.49	0.58
W190	0.36	0.38	0.49	0.58
W200	0.36	0.38	0.49	0.58
W210	0.36	0.38	0.49	0.58
W220	0.36	0.38	0.49	0.58
W230	0.36	0.38	0.49	0.58
W240	0.28	0.30	0.41	0.53
W250	0.28	0.30	0.41	0.53
W260	0.28	0.30	0.41	0.53
W270	0.28	0.30	0.41	0.53
W280	0.36	0.38	0.49	0.58
W290	0.36	0.38	0.49	0.58
W300	0.36	0.38	0.49	0.58
W310	0.36	0.38	0.49	0.58
W320	0.36	0.38	0.49	0.58
W330	0.40	0.42	0.53	0.60
W340	0.40	0.42	0.53	0.60



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W180	W190	W200
Municipio	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte
Provincia	Granada	Granada	Granada
Coordenada X UTM (m)	454705	439354	425159
Coordenada Y UTM (m)	4140332	4144418	4140277
Superficie Cuenca (Km2)	644.1506	331.0125	362.6675
Longitud Máxima (Km)	57.99857	48.04629	47.67735
Pendiente Cuenca (%)	0.018431	0.021506	0.011097
Factor Regional	9	9	9
Coefficiente Corrector P0 para TMco	1.827	1.827	1.827
Coefficiente Corrector P0 para T10	2.1	2.1	2.1
Coefficiente Corrector P0 para T100	2.898	2.898	2.898
Coefficiente Corrector P0 para T500	3.276	3.276	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5	5	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5	5	5
Coefficiente de Variación MAXPLU	0.4568952	0.428023	0.3991553
Coefficiente de variación para la zona	1.12	1.12	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6	5.6	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	22.39314	19.77232	18.54388
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	40.91227	36.12402	33.87967
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	47.0256	41.52187	38.94215
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	64.89533	57.30017	53.74017
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	73.35993	64.77411	60.74975
Tiempo de Concentración (min)	841.4249	708.1865	798.3635
Tlag (min)	294.4987	247.8653	279.4272
Factor Reductor de Lluvia Diaria	0.8127342	0.8320104	0.8293661
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	44.7652	44	45.55563
Coefficiente de Uniformidad	1.659683	1.609782	1.64479
Factor de intensidad	1.678699	1.899669	1.74356
Coefficiente Muskingum K (Hr)	8.414249	7.081865	7.983635
Coefficiente Muskingum X	0.2	0.2	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	85.40462	71.88093	81.03389
Sub-reaches mayor que	7.96648	7.726954	7.894993
Numero de Curva CN para SCS	70.56901	72.65854	73.93356
Coefficiente de Escorrentía TMco	0.36	0.36	0.36
Coefficiente de Escorrentía T10	0.38	0.38	0.38
Coefficiente de Escorrentía T100	0.49	0.49	0.49
Coefficiente de Escorrentía T500	0.58	0.58	0.58
Caudal Método Racional TMco	359.5851	201.2845	210.4085
Caudal Método Racional T10	448.0076	248.7386	257.847
Caudal Método Racional T100	967.8521	526.1445	533.5535
Caudal Método Racional T500	1524.601	821.1071	824.4691
Precipitación de los TMco	59.16689	57.35925	58.54263
Precipitación de los T10	69.83633	67.15142	67.96572
Precipitación de los T100	117.0018	110.1551	109.067
Precipitación de los T500	155.7069	145.2337	142.3829
Intensidad de los TMco	2.003623	1.988479	2.023053
Intensidad de los T10	2.364932	2.327945	2.348686
Intensidad de los T100	3.96214	3.818757	3.76902
Intensidad de los T500	5.272846	5.034831	4.920314



Nombre del cauce	W210	W220	W230	W240
Municipio	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte
Provincia	Granada	Granada	Granada	Granada
Coordenada X UTM (m)	436250	429438	423688	430394
Coordenada Y UTM (m)	4124718	4120988	4128454	4114629
Superficie Cuenca (Km2)	33.79375	5.476875	132.7031	42.49625
Longitud Máxima (Km)	15.46892	7.789608	31.18068	16.48253
Pendiente Cuenca (%)	0.009772	0.002944	0.027991	0.019535
Factor Regional	9	9	9	9
Coefficiente Corrector P0 para TMco	1.827	1.827	1.827	1.827
Coefficiente Corrector P0 para T10	2.1	2.1	2.1	2.1
Coefficiente Corrector P0 para T100	2.898	2.898	2.898	2.898
Coefficiente Corrector P0 para T500	3.276	3.276	3.276	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5	5	5	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5	5	5	5
Coefficiente de Variación MAXPLU	0.4027208	0.3953335	0.3928409	0.3961639
Coefficiente de variación para la zona	1.12	1.12	1.12	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6	5.6	5.6	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	22.27272	18.6467	20.957	19.32651
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	40.69226	34.06751	38.28844	35.30954
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	46.77271	39.15806	44.0097	40.58567
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	64.54634	54.03812	60.73339	56.00823
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	72.96542	61.08657	68.65513	63.31365
Tiempo de Concentración (min)	347.6685	259.2544	484.9445	319.8571
Tlag (min)	121.684	90.73905	169.7306	111.95
Factor Reductor de Lluvia Diaria	0.8980775	0.9507645	0.8584746	0.8914433
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	38.55622	37.37741	43.92159	35.76588
Coefficiente de Uniformidad	1.391044	1.307949	1.493264	1.366527
Factor de intensidad	3.09586	3.749397	2.474267	3.270875
Coefficiente Muskingum K (Hr)	3.476685	2.592544	4.849445	3.198571
Coefficiente Muskingum X	0.2	0.2	0.2	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	35.28835	26.31432	49.22186	32.4655
Sub-reaches mayor que	6.677011	6.278155	7.167668	6.55933
Numero de Curva CN para SCS	70.28147	73.57355	71.64282	73.19527
Coefficiente de Escorrentía TMco	0.36	0.36	0.36	0.28
Coefficiente de Escorrentía T10	0.38	0.38	0.38	0.3
Coefficiente de Escorrentía T100	0.49	0.49	0.49	0.41
Coefficiente de Escorrentía T500	0.58	0.58	0.58	0.53
Caudal Método Racional TMco	27.0311	5.100815	98.67207	25.18311
Caudal Método Racional T10	33.16024	6.243883	120.6946	31.29754
Caudal Método Racional T100	68.80737	12.8819	248.5231	68.48045
Caudal Método Racional T500	106.4575	19.8787	383.1669	115.4415
Precipitación de los TMco	49.63666	47.93943	56.2618	45.89216
Precipitación de los T10	57.68666	55.59388	65.19677	53.23242
Precipitación de los T100	92.82827	88.94872	104.11	85.22557
Precipitación de los T500	121.336	115.962	135.6069	111.1408
Intensidad de los TMco	1.857399	1.899129	2.012472	1.704594
Intensidad de los T10	2.158629	2.202362	2.332074	1.977237
Intensidad de los T100	3.473624	3.52372	3.723992	3.165574
Intensidad de los T500	4.540379	4.593857	4.85063	4.128154



Nombre del cauce	W250	W260	W270	W280
Municipio	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte
Provincia	Granada	Granada	Granada	Granada
Coordenada X UTM (m)	437934	438777	425804	424338
Coordenada Y UTM (m)	4120270	4113364	4119341	4113943
Superficie Cuenca (Km2)	63.11562	35.32812	8.545625	34.10313
Longitud Máxima (Km)	25.97623	25.15758	6.696257	15.04607
Pendiente Cuenca (%)	0.013994	0.016266	0.015585	0.024213
Factor Regional	9	9	9	9
Coefficiente Corrector P0 para TMco	1.827	1.827	1.827	1.827
Coefficiente Corrector P0 para T10	2.1	2.1	2.1	2.1
Coefficiente Corrector P0 para T100	2.898	2.898	2.898	2.898
Coefficiente Corrector P0 para T500	3.276	3.276	3.276	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5	5	5	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5	5	5	5
Coefficiente de Variación MAXPLU	0.4003249	0.4008963	0.3938672	0.3964784
Coefficiente de variación para la zona	1.12	1.12	1.12	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6	5.6	5.6	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	16.85517	16.99388	23.62218	23.04463
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	30.79439	31.04782	43.15771	42.10253
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	35.39585	35.68715	49.60657	48.39371
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	48.84627	49.24826	68.45706	66.78333
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	55.21753	55.67194	77.38624	75.49419
Tiempo de Concentración (min)	481.5279	456.7068	168.38	286.5133
Tlag (min)	168.5348	159.8474	58.93301	100.2796
Factor Reductor de Lluvia Diaria	0.8799909	0.8967919	0.9378837	0.8978137
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	35.70787	34.12566	38.62982	37.70446
Coefficiente de Uniformidad	1.491055	1.474538	1.206	1.3352
Factor de intensidad	2.48627	2.577708	4.919838	3.514759
Coefficiente Muskingum K (Hr)	4.815279	4.567068	1.6838	2.865133
Coefficiente Muskingum X	0.2	0.2	0.2	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	48.87508	46.35574	17.09057	29.0811
Sub-reaches mayor que	7.157065	7.077783	5.788799	6.408962
Numero de Curva CN para SCS	76.01216	76.16214	69.40211	69.44012
Coefficiente de Escorrentía TMco	0.28	0.28	0.28	0.36
Coefficiente de Escorrentía T10	0.3	0.3	0.3	0.38
Coefficiente de Escorrentía T100	0.41	0.41	0.41	0.49
Coefficiente de Escorrentía T500	0.53	0.53	0.53	0.58
Caudal Método Racional TMco	30.6375	17.12927	7.629939	28.96948
Caudal Método Racional T10	38.12243	21.31779	9.476027	35.47347
Caudal Método Racional T100	83.6844	46.81616	20.69689	73.25133
Caudal Método Racional T500	141.2789	79.05279	34.86149	113.0833
Precipitación de los TMco	45.91471	43.89273	49.50919	48.38709
Precipitación de los T10	53.32316	50.98384	57.38889	56.13211
Precipitación de los T100	85.648	81.92636	91.71577	89.88985
Precipitación de los T500	111.8557	107.0171	119.5069	117.2362
Intensidad de los TMco	1.683522	1.64011	1.934744	1.810108
Intensidad de los T10	1.955162	1.905079	2.242671	2.099841
Intensidad de los T100	3.140394	3.061287	3.584114	3.362681
Intensidad de los T500	4.101334	3.998835	4.670148	4.385677



Nombre del cauce	W290	W300	W310	W320
Municipio	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte
Provincia	Granada	Granada	Granada	Granada
Coordenada X UTM (m)	428331	464897	435938	449710
Coordenada Y UTM (m)	4103466	4118056	4104946	4104907
Superficie Cuenca (Km2)	133.5069	139.855	168.7625	167.725
Longitud Máxima (Km)	35.39786	28.52832	38.37834	40.16342
Pendiente Cuenca (%)	0.024187	0.040402	0.024096	0.06704
Factor Regional	9	9	9	9
Coefficiente Corrector P0 para TMco	1.827	1.827	1.827	1.827
Coefficiente Corrector P0 para T10	2.1	2.1	2.1	2.1
Coefficiente Corrector P0 para T100	2.898	2.898	2.898	2.898
Coefficiente Corrector P0 para T500	3.276	3.276	3.276	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5	5	5	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5	5	5	5
Coefficiente de Variación MAXPLU	0.4102079	0.4541764	0.4067231	0.424771
Coefficiente de variación para la zona	1.12	1.12	1.12	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6	5.6	5.6	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	21.33471	21.23219	19.57044	19.56842
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	38.97852	38.79121	35.7552	35.7515
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	44.80289	44.58759	41.09793	41.09367
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	61.82799	61.53088	56.71514	56.70927
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	69.89251	69.55664	64.11276	64.10612
Tiempo de Concentración (min)	549.0532	422.7327	584.2631	497.9438
Tlag (min)	192.1686	147.9564	204.4921	174.2803
Factor Reductor de Lluvia Diaria	0.8582997	0.8569548	0.8515149	0.8516935
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	39.47912	50.26264	39.03051	46.21582
Coefficiente de Uniformidad	1.53202	1.450522	1.551307	1.50153
Factor de intensidad	2.271399	2.716414	2.175307	2.429795
Coefficiente Muskingum K (Hr)	5.490532	4.227327	5.842631	4.979438
Coefficiente Muskingum X	0.2	0.2	0.2	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	55.7289	42.90737	59.30271	50.5413
Sub-reaches mayor que	7.353697	6.962504	7.446272	7.207345
Numero de Curva CN para SCS	71.22672	71.51984	73.09476	73.75501
Coefficiente de Escorrentía TMco	0.36	0.36	0.36	0.36
Coefficiente de Escorrentía T10	0.38	0.38	0.38	0.38
Coefficiente de Escorrentía T100	0.49	0.49	0.49	0.49
Coefficiente de Escorrentía T500	0.58	0.58	0.58	0.58
Caudal Método Racional TMco	84.76154	130.5484	101.733	130.6241
Caudal Método Racional T10	104.2072	162.5278	124.9456	161.2695
Caudal Método Racional T100	217.4765	350.4316	260.0625	340.2967
Caudal Método Racional T500	337.3532	551.5441	402.9275	530.4967
Precipitación de los TMco	51.01635	66.34782	50.3485	60.15194
Precipitación de los T10	59.41928	78.25314	58.58209	70.35544
Precipitación de los T100	96.1677	130.8473	94.56036	115.1305
Precipitación de los T500	126.0288	173.9842	123.7731	151.6295
Intensidad de los TMco	1.824472	2.369045	1.786354	2.134625
Intensidad de los T10	2.124981	2.794142	2.07848	2.496719
Intensidad de los T100	3.439196	4.672092	3.354982	4.085664
Intensidad de los T500	4.507105	6.212359	4.391444	5.380909



<i>Nombre del cauce</i>	<i>W330</i>	<i>W340</i>
<i>Municipio</i>	Pinos Puente	Pinos Puente
<i>Provincia</i>	Granada	Granada
<i>Coordenada X UTM (m)</i>	452885	467728
<i>Coordenada Y UTM (m)</i>	4115067	4109233
<i>Superficie Cuenca (Km2)</i>	275.0706	186.1844
<i>Longitud Máxima (Km)</i>	33.42301	30.9422
<i>Pendiente Cuenca (%)</i>	0.079952	0.07741
<i>Factor Regional</i>	9	9
<i>Coefficiente Corrector P0 para TMco</i>	1.827	1.827
<i>Coefficiente Corrector P0 para T10</i>	2.1	2.1
<i>Coefficiente Corrector P0 para T100</i>	2.898	2.898
<i>Coefficiente Corrector P0 para T500</i>	3.276	3.276
<i>Incremento de Tiempo (min)</i>	5	5
<i>Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)</i>	5	5
<i>Coefficiente de Variación MAXPLU</i>	0.424877	0.460004
<i>Coefficiente de variación para la zona</i>	1.12	1.12
<i>Periodo para caudal de MCO</i>	5.6	5.6
<i>Umbral de Escorrentía Ministerio inicial</i>	24.26224	17.98125
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO</i>	44.3271	32.85173
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=10</i>	50.95069	37.76061
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=100</i>	70.31196	52.10965
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=500</i>	79.48308	58.90656
<i>Tiempo de Concentración (min)</i>	418.8028	397.3928
<i>Tlag (min)</i>	146.581	139.0875
<i>Factor Reductor de Lluvia Diaria</i>	0.8373704	0.8486704
<i>Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)</i>	40.6362	58.49384
<i>Coefficiente de Uniformidad</i>	1.447633	1.431476
<i>Factor de intensidad</i>	2.733596	2.831861
<i>Coefficiente Muskingum K (Hr)</i>	4.188028	3.973928
<i>Coefficiente Muskingum X</i>	0.2	0.2
<i>Incremento tiempo en Control menor que</i>	42.50848	40.33537
<i>Sub-reaches mayor que</i>	6.94864	6.871085
<i>Numero de Curva CN para SCS</i>	69.56091	74.65025
<i>Coefficiente de Escorrentía TMco</i>	0.4	0.4
<i>Coefficiente de Escorrentía T10</i>	0.42	0.42
<i>Coefficiente de Escorrentía T100</i>	0.53	0.53
<i>Coefficiente de Escorrentía T500</i>	0.6	0.6
<i>Caudal Método Racional TMco</i>	223.2021	229.5959
<i>Caudal Método Racional T10</i>	274.1227	284.7965
<i>Caudal Método Racional T100</i>	566.111	603.4387
<i>Caudal Método Racional T500</i>	844.0826	910.012
<i>Precipitación de los TMco</i>	52.89291	77.42471
<i>Precipitación de los T10</i>	61.8664	91.46624
<i>Precipitación de los T100</i>	101.2476	153.5793
<i>Precipitación de los T500</i>	133.3499	204.5838
<i>Intensidad de los TMco</i>	1.845456	2.737836
<i>Intensidad de los T10</i>	2.158545	3.234362
<i>Intensidad de los T100</i>	3.532573	5.43076
<i>Intensidad de los T500</i>	4.652636	7.234344



## Metodología IC-5.2

Una vez que se consideran estos valores conforme las tablas que se indican más adelante, se obtiene un umbral de escorrentía de:

Variable	Subcuenca 1	Subcuenca 2	Subcuenca 3	Subcuenca 4	Subcuenca 5	Subcuenca 6	Subcuenca 7
Umbral (mm)	22.39314	19.77232	18.54388	22.27272	18.6467	20.957	19.32651

Variable	Subcuenca 8	Subcuenca 9	Subcuenca 10	Subcuenca 11	Subcuenca 12	Subcuenca 13	Subcuenca 14
Umbral (mm)	16.85517	16.99388	23.62218	23.04463	21.33471	21.23219	19.57044

Variable	Subcuenca 15	Subcuenca 16	Subcuenca 17
Umbral (mm)	19.56842	24.26224	17.98125

Conforme el artículo 2.2 de la Instrucción 5.2 de Carreteras:

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

donde:

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

## Caudales de cálculo

Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m<sup>3</sup>/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Período de retorno	MCO	T-10	T-100	T-500
W180	359.585	448.008	967.852	1524.601
W190	201.285	248.739	526.145	821.107
W200	210.409	257.847	533.554	824.469
W210	27.031	33.160	68.807	106.458
W220	5.101	6.244	12.882	19.879
W230	98.672	120.695	248.523	383.167
W240	25.183	31.298	68.480	115.442
W250	30.638	38.122	83.684	141.279
W260	17.12927	21.31779	46.81616	79.05279
W270	7.629939	9.476027	20.69689	34.86149
W280	28.96948	35.47347	73.25133	113.0833
W290	84.76154	104.2072	217.4765	337.3532
W300	130.5484	162.5278	350.4316	551.5441
W310	101.733	124.9456	260.0625	402.9275
W320	130.6241	161.2695	340.2967	530.4967
W330	223.2021	274.1227	566.111	844.0826
W340	229.5959	284.7965	603.4387	910.012
<b>TOTAL</b>	<b>1912.096</b>	<b>2362.248</b>	<b>4988.509</b>	<b>7739.814</b>

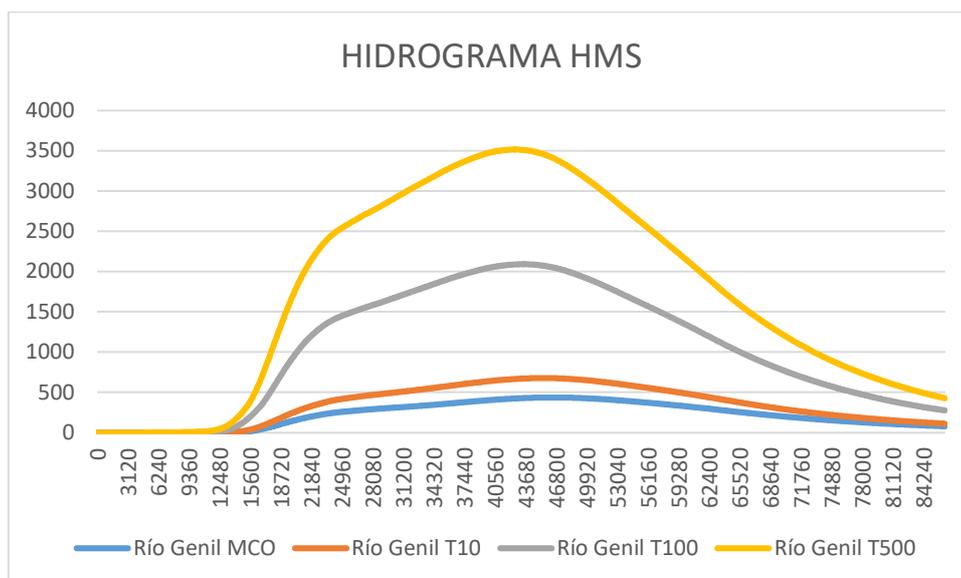


- Método HEC-HMS: En este caso se proporcionan los archivos de cálculo, dando como resultado los caudales siguientes, corregidos por el factor K de uniformidad para cada subcuenca:

	MCO	T-10	T-100	T-500
W180	155.180	242.421	755.134	1269.110
W190	102.796	155.835	460.941	763.359
W200	136.434	197.316	531.301	851.704
W210	4.068	7.477	31.131	57.806
W220	0.371	0.669	2.661	4.852
W230	31.888	49.745	156.221	265.012
W240	3.945	7.100	28.258	51.573
W250	11.404	17.793	55.637	94.097
W260	4.323	8.243	25.859	43.715
W270	0.117	0.411	3.311	7.103
W280	2.007	1.801	13.430	28.439
W290	19.021	31.106	105.969	184.359
W300	64.249	101.707	326.384	554.354
W310	29.758	46.698	147.626	250.557
W320	57.650	87.753	260.616	431.670
W330	35.101	64.190	262.827	483.133
W340	179.928	265.056	732.069	1176.238
<b>TOTAL</b>	<b>435.979</b>	<b>676.548</b>	<b>2091.061</b>	<b>3515.426</b>

Por su uso contrastado y rigor del modelo, se deberían utilizar los datos del modelo hidrometeorológico HEC-HMS. Sin embargo, quedando del lado de la seguridad, se tomará el valor máximo, pero teniendo en cuenta que los caudales son totalmente excesivos para el tamaño de la cuenca y el análisis de su estado actual, que evidencia que no ha existido riadas importantes.

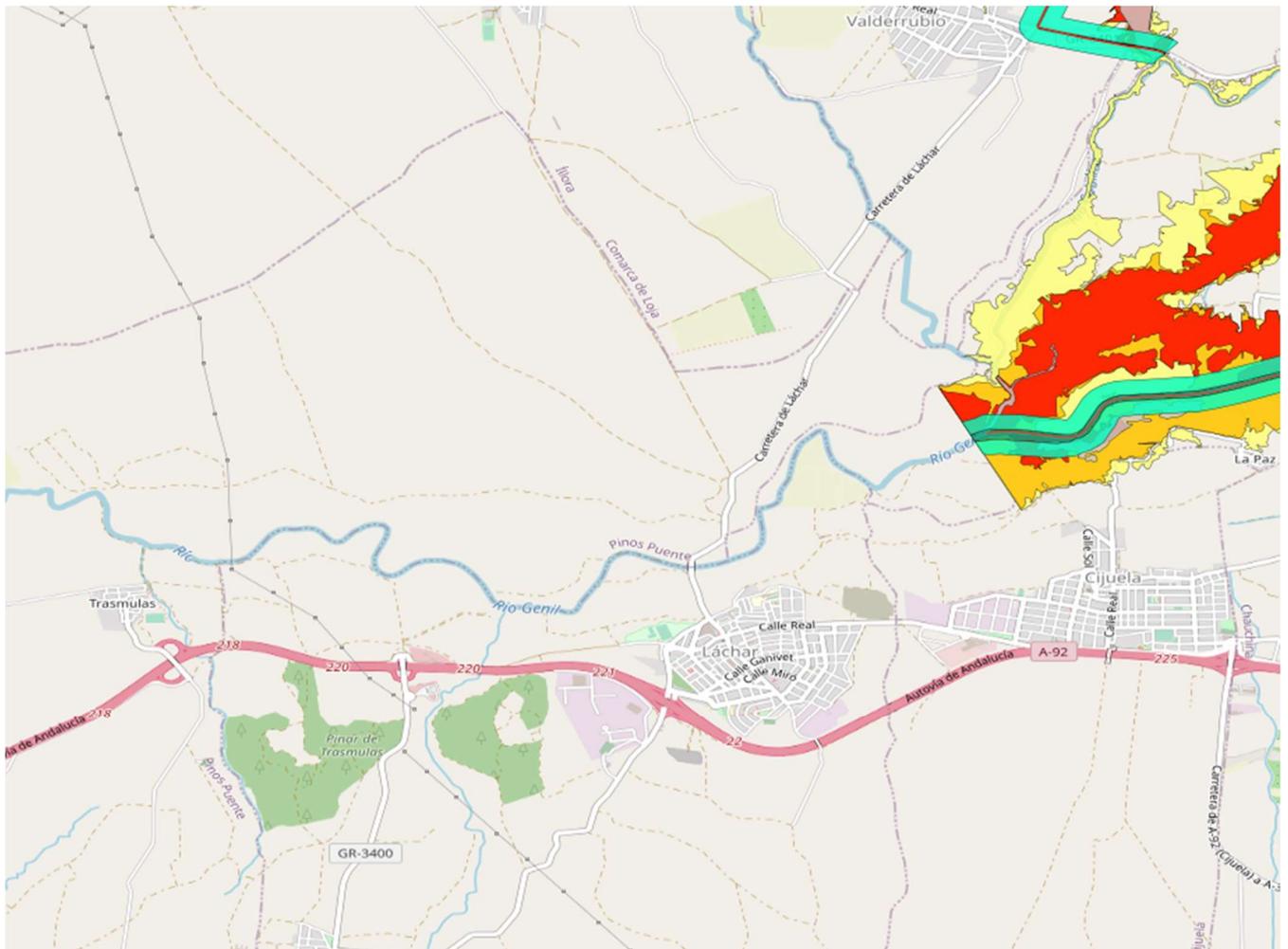
Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (completos aportados por HEC-HMS y simplificado para optimizar el cálculo):



Dicho hidrograma simplificado asegura una estabilización en el caudal de entrada y de salida, así como en la altura de agua en la llanura de inundación y estabilidad en la velocidad, manteniendo un régimen constante, siempre dentro del lado de la seguridad, para obtener la envolvente de inundación final. A considerar que dicho hidrograma genera del orden de más de un 30% de volumen de agua proveniente de la cuenca, por lo que genera un factor de seguridad muy alto.

Los tiempos de cálculo podrán diferir si se obtiene dicha estabilidad de cálculo en un tiempo inferior, con la intención de reducir el coste computacional.

A través del GeoPortal IDE (Infraestructura de Datos Espaciales), se ha podido comprobar que ya existe un estudio del Río Genil en el Ciclo 1:



En este caso los resultados hidrológicos son los siguientes:



	Denominación	Valor
Cauce	Río Genil	
Año de Estudio	20/05/2021	
Ciclo	Primero	
Metodología Terreno	MDT 2x2	
Caudal 500 años	Q500 régimen alterado	430'90 m <sup>3</sup> /s
Caudal 100 años	Q100 régimen alterado	241'40 m <sup>3</sup> /s
Caudal ZFP	Zona Flujo Preferente	241'40 m <sup>3</sup> /s
Caudal 10 años	Q10 régimen alterado	90'80 m <sup>3</sup> /s
Caudal DPH	QMco régimen alterado	72'00 m <sup>3</sup> /s

Como se puede apreciar la diferencia entre los cálculos obtenidos y los que se obtienen del IDE son enormes, derivados de que sólo se ha considerado el valor del régimen alterado en el cauce del río Genil, a partir de la capacidad de desagüe del embalse existente aguas arriba (Presa de Canales).

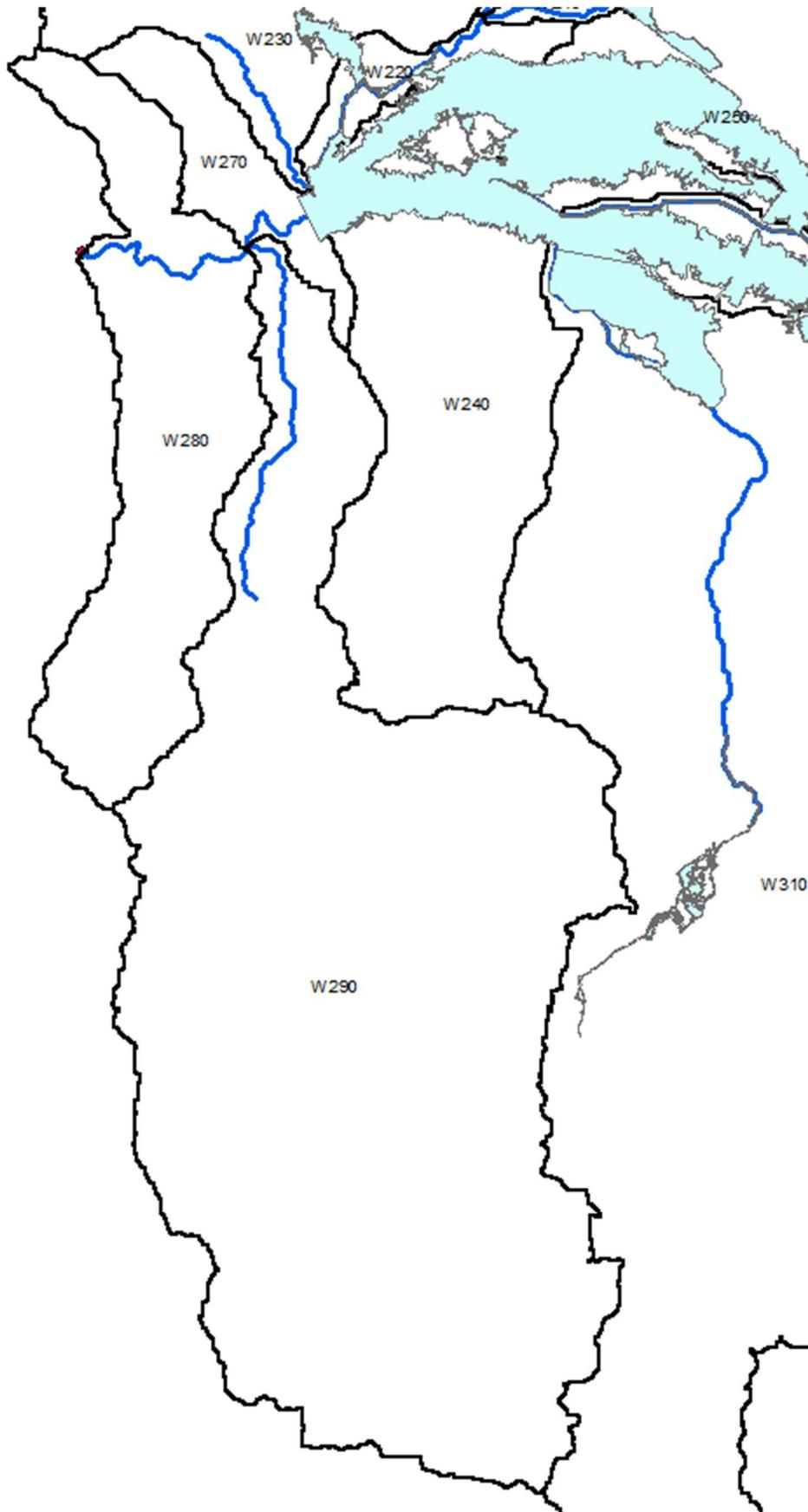
**SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES**  
**MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO**

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR

INFORMACIÓN BÁSICA		INFORMACIÓN CARTOGRAFICA					
ZONA HIDROGRÁFICA	Genil	CARTOGRAFÍA		MDT 2x2 obtenido a partir de LIDAR PNOA (vuelo 2014)			
CÓDIGO ARPSI	ES050_APSFR_GEO14	ELEMENTOS TRANSVERSALES AL FLUJO		72			
CÓDIGO SUBTRAMO	ES050_APSFR_GEO14-01	HIDROLOGÍA					
NOMBRE SUBTRAMO	Río Genil	RÉGIMEN	Alterado				
PROVINCIA	Granada	CAUCE		METODO	QMCO	Q10	Q100
CAUCE	Río Genil	Río Genil		CAUMAX	72	90,8	241,4
							430,9
LONGITUD (km)	20,14	HIDRÁULICA					
MUNICIPIOS	Armillá; Atarfe; Cijuela; Chauthina; Churriana de la Vega; Fuente Vaqueros; Granada; Pinos Puento; Santa Fe; Vegas del Genil	MODELIZACIÓN	Bidimensional				
		MODELO	IBER				
		RUGOSIDAD	SIOSE corregido con ortofotografía PNOA				
		OBSERVACIONES	Se ha modelizado junto con ES050_APSFR_GEO90-01.				
		RESUMEN DE RIESGOS PARA T=500 AÑOS					
		NÚMERO DE HABITANTES EN ZONA INUNDABLE					11284
		AFECCIÓN A VÍAS DE COMUNICACIÓN PRINCIPALES	CARRETERAS			SÍ	
			FFCC			SÍ	
			EDAR			SÍ	
		AFECCIÓN A PUNTOS DE ESPECIAL IMPORTANCIA	EMISIONES INDUSTRIALES			SÍ	
			PATRIMONIO CULTURAL			SÍ	
			ELEM. SIGNIFICATIVOS PROTECCIÓN CIVIL			SÍ	
		AFECCIÓN A ÁREAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL	LIC			NO	
			ZEPAS			NO	
			MASAS DE AGUA			SÍ	
			CAPTACIÓN ABASTECIMIENTO			SÍ	
			USO RECREATIVO			NO	

En cualquier caso, serán estos datos los que se utilicen para los cálculos hidráulicos pertinentes, ya que son los aceptados y publicados por el Organismo de Cuenca.

Debido a que el límite del estudio aportado en el IDE se encuentra antes del punto que se presenta en este informe (unos 4'4 km), con el fin de considerar la información del IDE, junto con el estudio realizado por el método HEC-HMS, quedando del lado de la seguridad, se procederá a sumar los caudales generados por las cuencas que han quedado fuera del informe del IDE, pero que aportan agua superficial al caudal del río Genil:

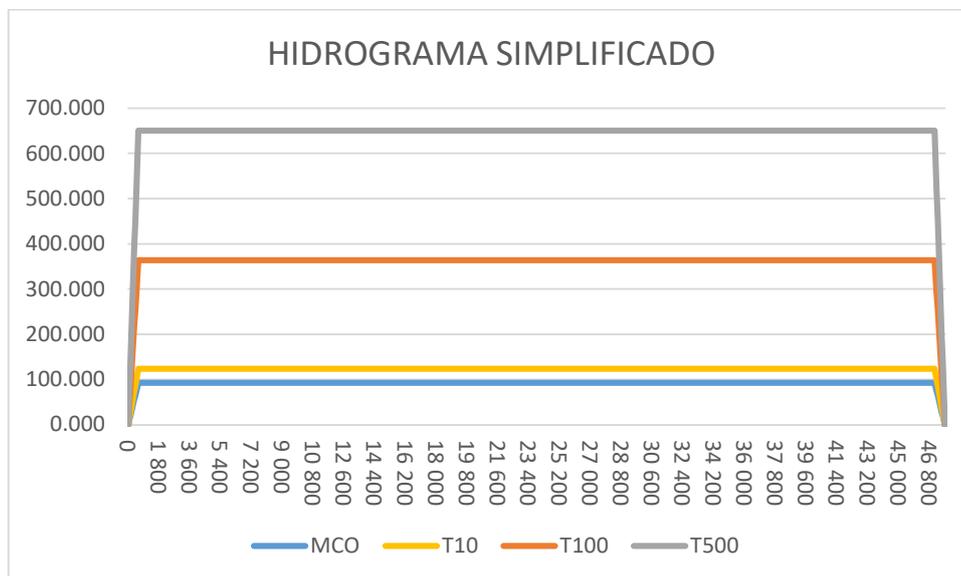
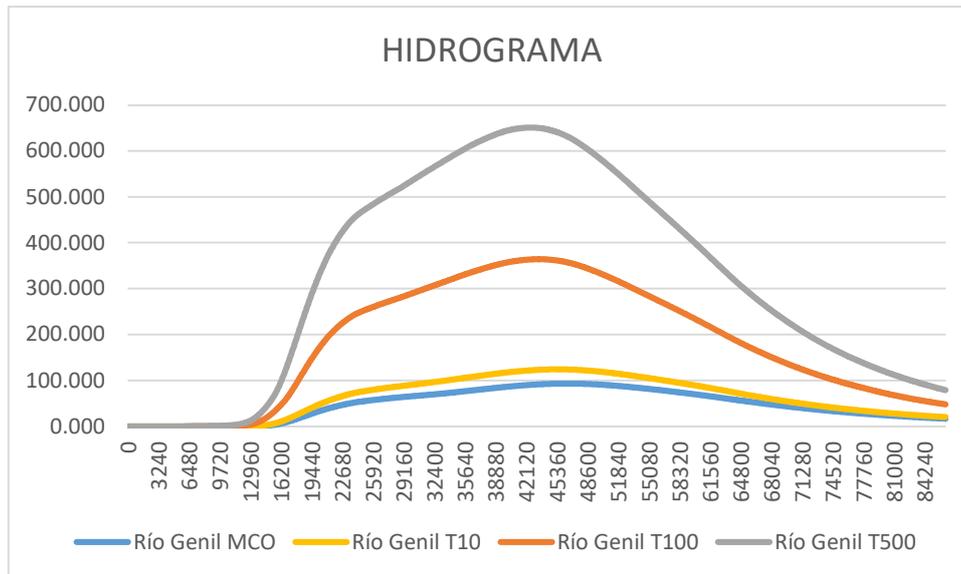




Se consideran los aportes de las cuencas W270, W280 y W290, que se sumarán a lo aportado por el informe del IDE, quedando la siguiente tabla finalmente:

	MCO	T-10	T-100	T-500
IDE Genil	72.000	90.800	241.400	430.90
W270	0.117	0.411	3.311	7.103
W280	2.007	1.801	13.430	28.439
W290	19.021	31.106	105.969	184.359
<b>TOTAL</b>	<b>93.145</b>	<b>124.118</b>	<b>364.11</b>	<b>650.801</b>

Con estos datos se aplicará el siguiente hidrograma simplificado:



Hidrograma unitario simplificado para el cálculo hidráulico hasta  $t=84240$  s con  $T_c=42600$

De esta manera se consideran unos caudales dentro del lado de la seguridad, para los periodos de retorno determinados por normativa, pero teniendo en cuenta el régimen alterado que se indica en el IDE de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir debido al efecto laminación del embalse de Canales.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RÍO VELILLOS**

### **Base topográfica**

Los terrenos objeto de dicho estudio, se reflejan en el mapa 1008, 1009, 1025 y 1026 del Mapa Topográfico Nacional de España a escala 1:25.000, usando las hojas correspondientes, así como la base de datos de cotas del terreno del LIDAR a escala 5000.

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0990\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0991\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0968\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_0969\_LID

Se trata de levantamientos topográficos de última actualidad, con vuelos de desarrollo LiDAR y con malla de 5x5 m<sup>2</sup>, suficiente para el cálculo que se presenta en este documento.

Se han realizado varias visitas a la zona de afección, llevando a cabo mediciones “in situ” de las secciones del cauce y de los usos del suelo en los alrededores.

Se considera suficiente para la elaboración del Modelo Digital del Terreno y así obtener las secciones con el software adecuado.

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

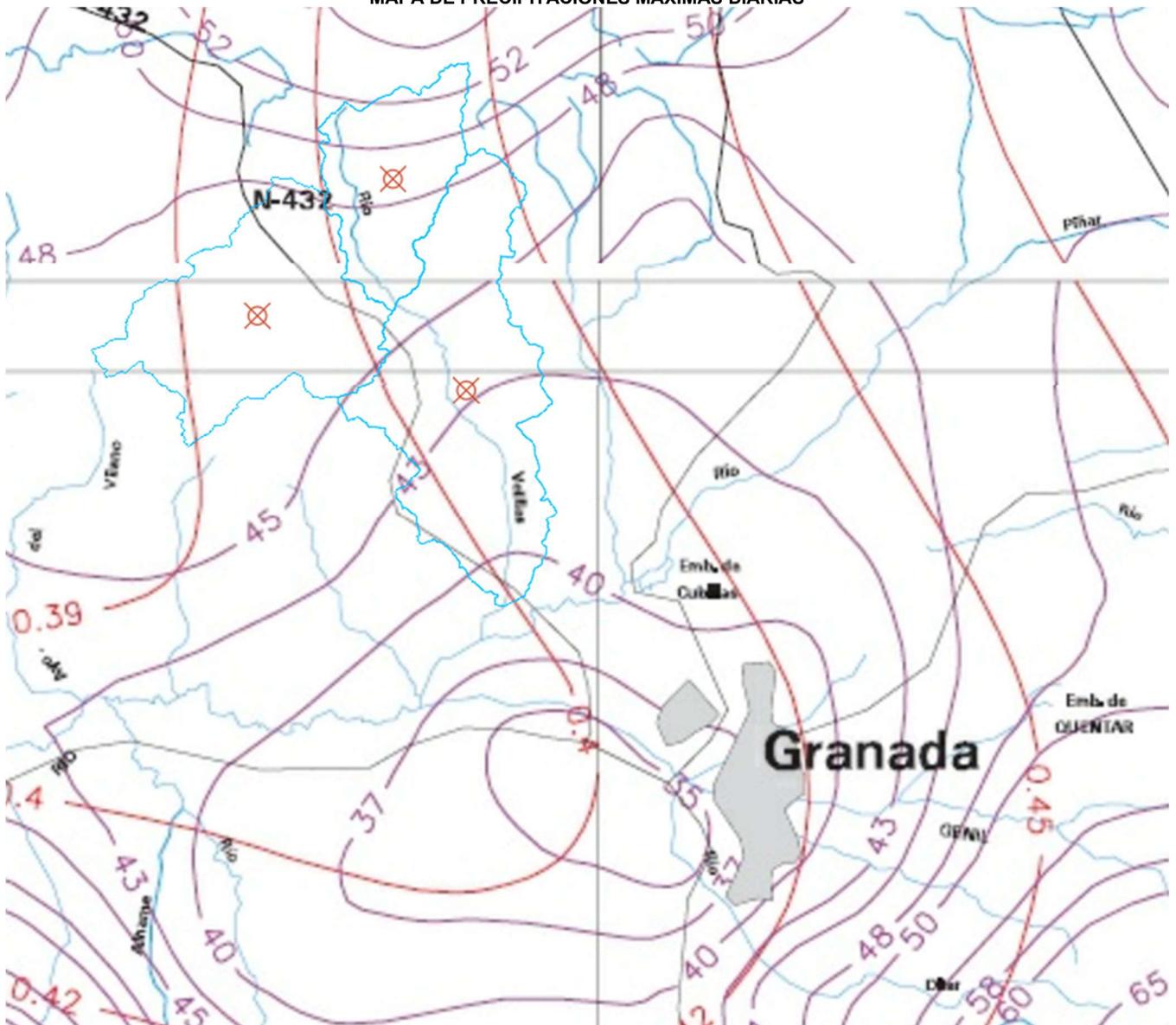
A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Debido a la poca envergadura de la cuenca, se utilizará únicamente el método racional modificado, ya que el coste computacional para el método HMS no resulta adecuado.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS





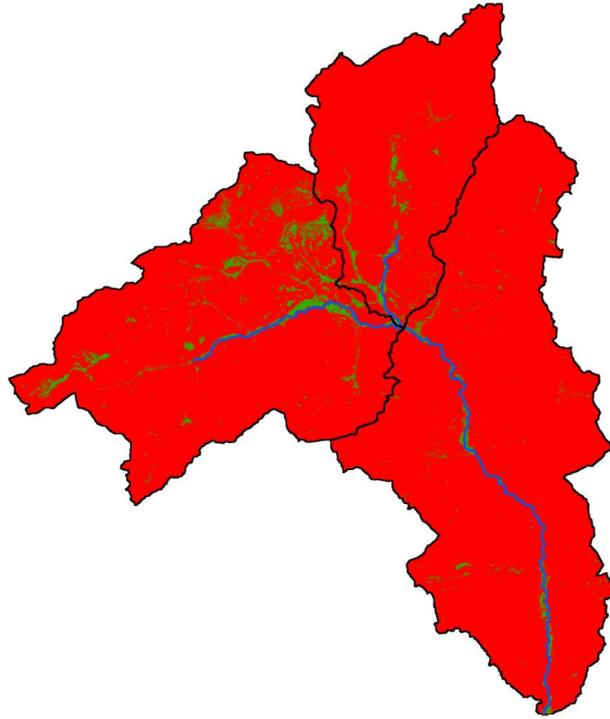
### FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES

Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



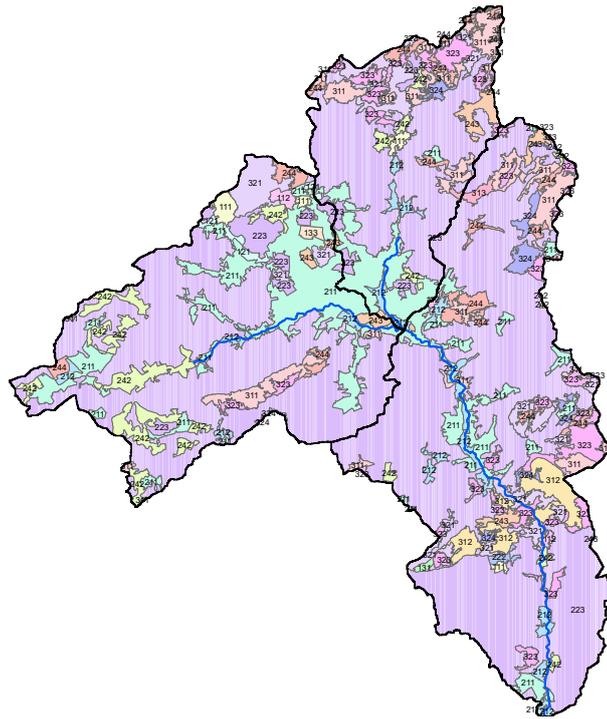


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):





- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:



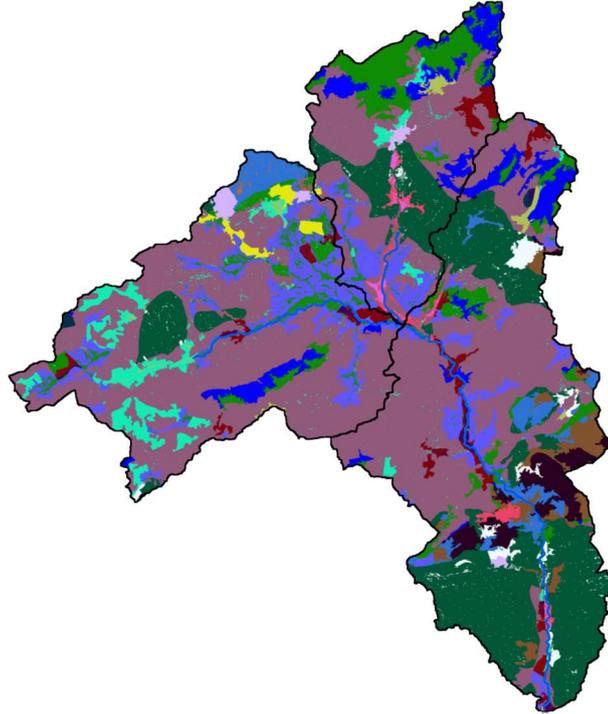
Ahora habrá que establecer un criterio de equiparación entre dichos usos del suelo definidos en el CLC 2018 y los parámetros de la Instrucción de Carreteras IC-5.2.

A continuación lo que se realiza es una reclasificación de estos tres mapas (raster) aplicando un número primo diferente a cada valor para, después, realizar una simple multiplicación de dichos mapas, obteniendo un único valor a cada punto

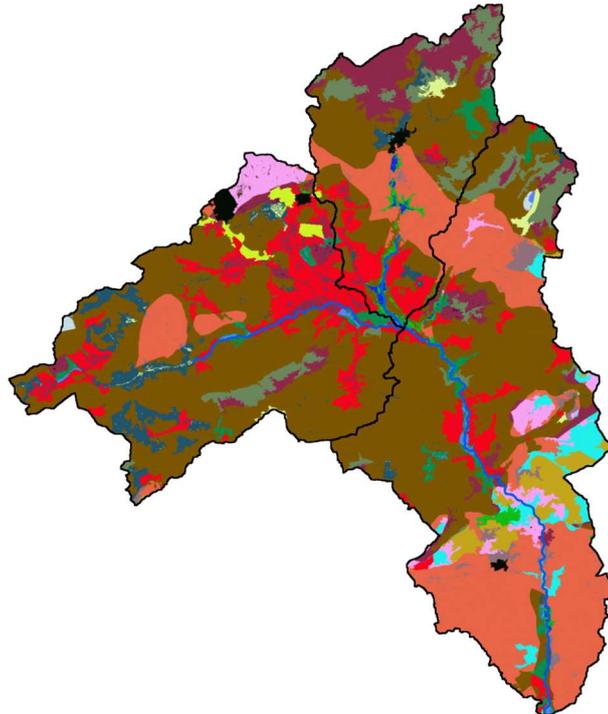
Una vez que se ha llevado a cabo la multiplicación se relacionan mediante la siguiente tabla para, de nuevo reclasificando, obtener el mapa definitivo con el número de curva del SCS.



El resultado final de las CN es el siguiente:



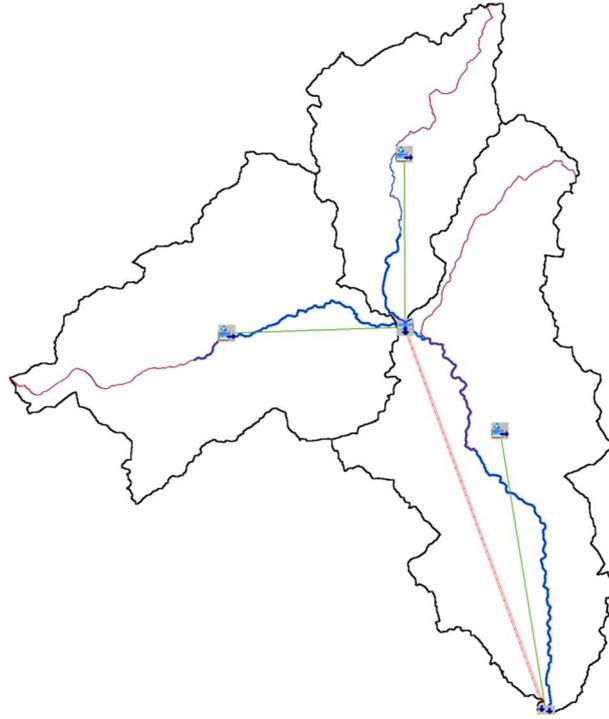
Y para el umbral de escurrentía P0:



Para el cálculo del coeficiente de escurrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escurrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:



Periodo de Retorno	Subcuenca 1	Subcuenca 2	Subcuenca 3
Precipitación Mco años (mm)	61.54383	60.18504	56.22247
Precipitación 10 años (mm)	71.54939	69.72977	65.36044
Precipitación 100 años (mm)	115.2436	111.293	105.2604
Precipitación 500 años (mm)	150.6986	144.9293	137.6356

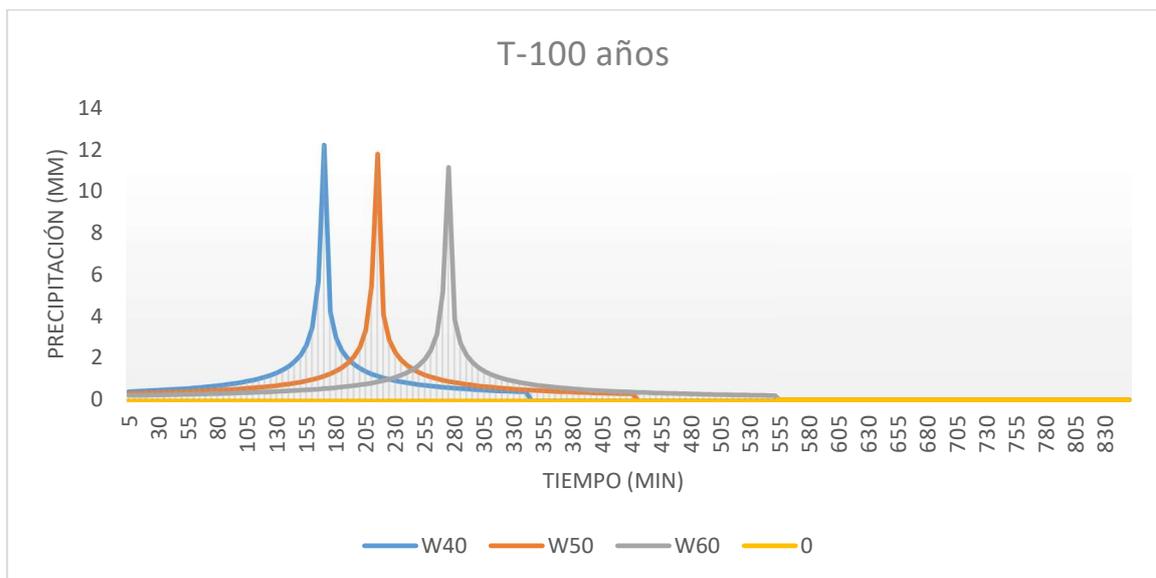
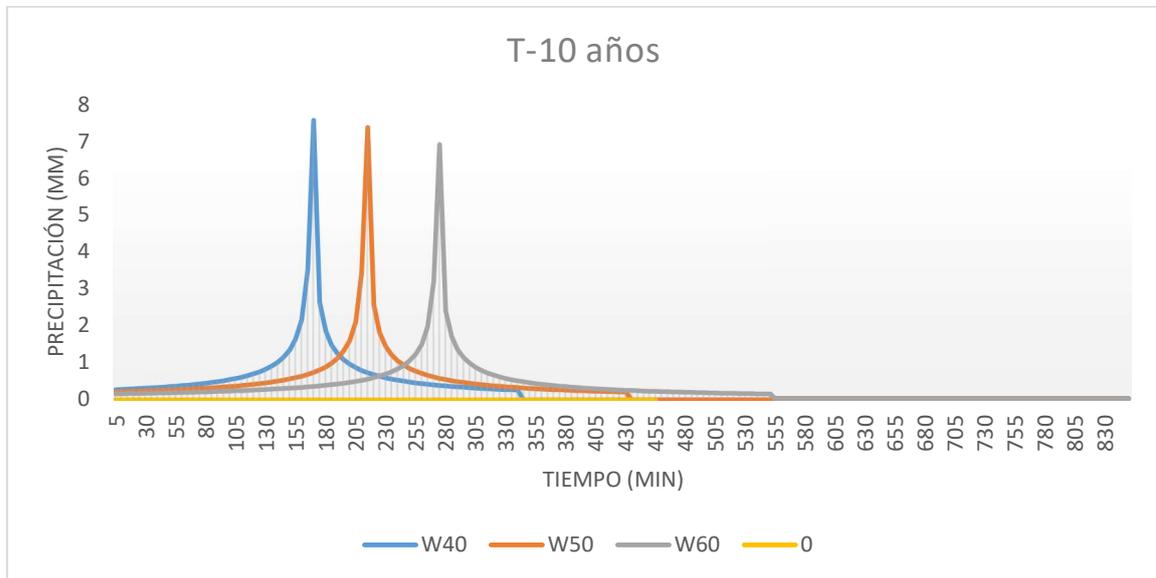
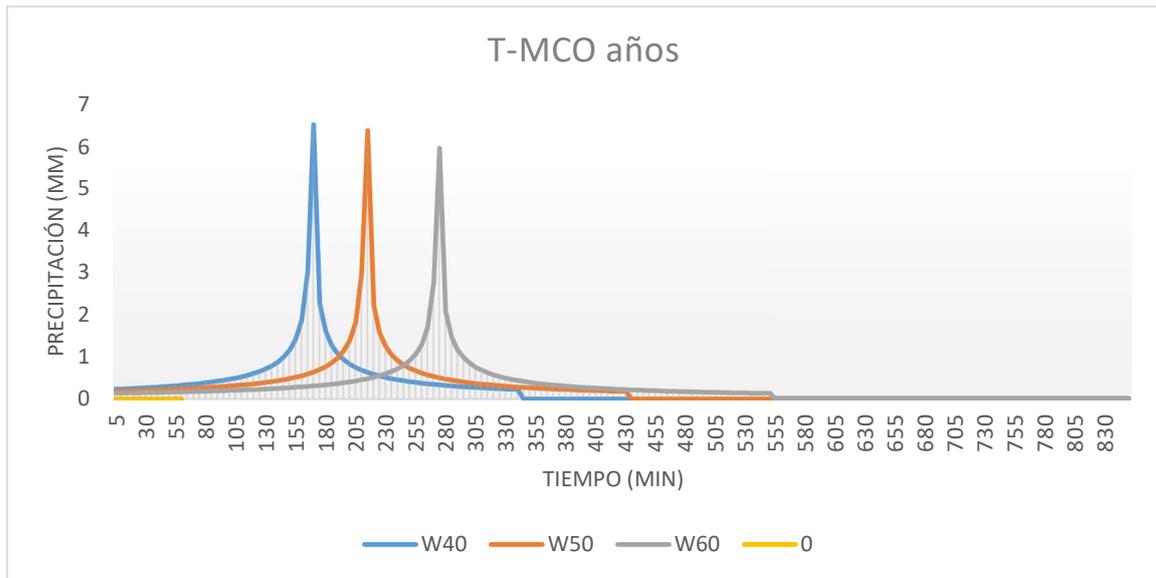


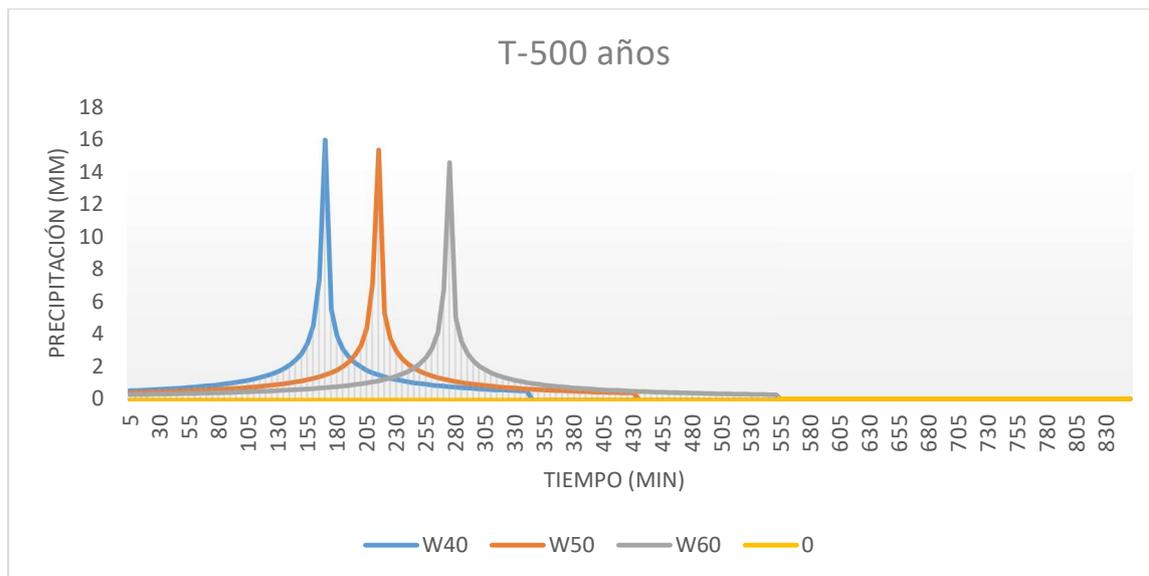


Ahora habrá que definir la distribución para un periodo de retorno de MCO, 10, 100 y 500 años (el más desfavorable). En este caso se ha obtenido mediante el modelo de bloques alternados según el modelo adoptado por Fomento, dando como resultado los siguientes hidrogramas unitarios, siempre para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración que se haya obtenido. En el caso de la Máxima Crecida Ordinaria, y siguiendo los criterios establecidos en la publicación "Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía zonas inundables", editado por el Ministerio de Medio ambiente, Medio rural y Marino, en 2011, donde se establece, a falta de más datos, una estimación del periodo de retorno para la MCO en función de la zona:

Región	$C_v$	$T_{MCO}$
11	0,59	3,0
12	0,54	2,5
13	0,54	2,5
21	0,48	2,5
22	1,15	6,0
23	0,66	3,5
24	0,75	4,0
25	0,75	4,0
26	0,81	4,0
31	0,79	4,0
32	0,79	4,0
33	1,04	5,0
34	0,76	4,0
41	1,20	6,0
42	1,05	5,5
43	0,83	4,0
51	0,96	5,0
52	0,74	3,5
53	1,12	5,5
54	0,66	3,5
61	1,09	5,5
71	1,13	5,5
72	1,44	7,0
73	1,07	5,5
81	0,87	4,5
82	1,21	6,0
83	1,19	6,0
84	0,88	4,5
91	0,47	2,5
92	0,70	3,5
93	1,36	7,0
94	1,04	5,0
95	0,69	3,5
96	0,50	2,5
101	0,91	4,5
102	1,39	7,0

Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{MCO}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	P0
Subcuenca 1	74.54158	17.83063
Subcuenca 2	77.05395	15.39617
Subcuenca 3	71.198	21.359

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
Subcuenca 1	0.36	0.38	0.49	0.58
Subcuenca 2	0.28	0.30	0.41	0.53
Subcuenca 3	0.36	0.38	0.49	0.58



## Resultados de cálculo

Se presenta la tabla con el resumen de los cálculos efectuados previos a la simulación en el software de cálculo hidráulico de cauces.

<b>Nombre del cauce</b>	<b>W40</b>	<b>W50</b>	<b>W60</b>
Municipio	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte
Provincia	Granada	Granada	Granada
Coordenada X UTM (m)	426054	418461	430074
Coordenada Y UTM (m)	4148364	4140736	4136544
Superficie Cuenca (Km2)	71.1872	126.4401	160.6454
Longitud Máxima (Km)	20.06853	21.81026	35.31166
Pendiente Cuenca (%)	0.032733	0.013262	0.024142
Factor Regional	9	9	9
Coficiente Corrector P0 para TMco	1.827	1.827	1.827
Coficiente Corrector P0 para T10	2.1	2.1	2.1
Coficiente Corrector P0 para T100	2.898	2.898	2.898
Coficiente Corrector P0 para T500	3.276	3.276	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5	5	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5	5	5
Coficiente de Variación MAXPLU	0.4039282	0.392196	0.4037552
Coficiente de variación para la zona	1.12	1.12	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6	5.6	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	17.83063	15.39617	21.35863
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	32.57656	28.12881	39.02222
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	37.44432	32.33196	44.85313
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	51.67316	44.6181	61.89732
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	58.41314	50.43785	69.97088
Tiempo de Concentración (min)	336.7728	425.9505	548.2308
Tlag (min)	117.8705	149.0827	191.8808
Factor Reductor de Lluvia Diaria	0.8765066	0.8598744	0.8529421
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	47.77589	47	43.64911
Coficiente de Uniformidad	1.381608	1.452869	1.531554
Factor de intensidad	3.161736	2.702532	2.273762
Coficiente Muskingum K (Hr)	3.367728	4.259505	5.482307
Coficiente Muskingum X	0.2	0.2	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	34.18244	43.23397	55.64542
Sub-reaches mayor que	6.63172	6.973773	7.351458
Numero de Curva CN para SCS	74.54158	77.05395	71.19792
Coficiente de Escorrentía TMco	0.36	0.28	0.36
Coficiente de Escorrentía T10	0.38	0.3	0.38
Coficiente de Escorrentía T100	0.49	0.41	0.49
Coficiente de Escorrentía T500	0.58	0.53	0.58
Caudal Método Racional TMco	69.89416	83.26264	111.7799
Caudal Método Racional T10	85.77158	103.3578	137.1671
Caudal Método Racional T100	178.1422	225.4525	284.8476
Caudal Método Racional T500	275.7345	379.521	440.8696
Precipitación de los TMco	61.54383	60.18504	56.22247
Precipitación de los T10	71.54939	69.72977	65.36044
Precipitación de los T100	115.2436	111.293	105.2604
Precipitación de los T500	150.6986	144.9293	137.6356
Intensidad de los TMco	2.247649	2.156316	1.998105
Intensidad de los T10	2.613063	2.498285	2.322861
Intensidad de los T100	4.208824	3.987415	3.740877
Intensidad de los T500	5.503681	5.192543	4.891468



### Metodología IC-5.2

Una vez que se consideran estos valores conforme las tablas que se indican más adelante, se obtiene un umbral de escorrentía de:

Variable	Subcuenca 1	Subcuenca 2	Subcuenca 3
Umbral (mm)	17.83063	15.39617	21.35863

Conforme el artículo 2.2 de la Instrucción 5.2 de Carreteras:

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

donde:

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

### Caudales de cálculo

Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m<sup>3</sup>/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

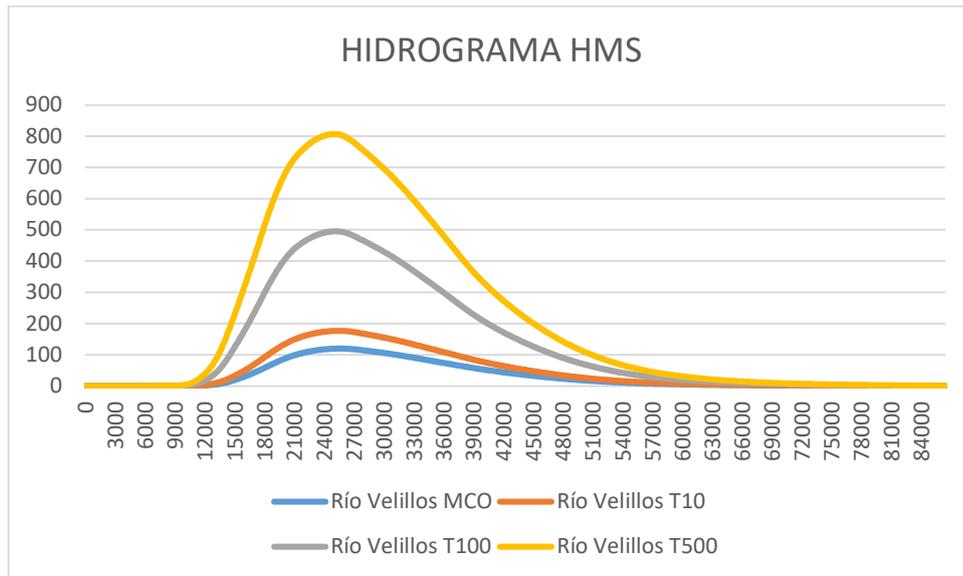
Período de retorno	MCO	T-10	T-100	T-500
W40	69.894	85.772	178.142	275.735
W50	83.263	103.358	225.453	379.521
W60	111.780	137.167	284.848	440.870
<b>Outlet</b>	<b>264.937</b>	<b>326.296</b>	<b>688.442</b>	<b>1096.125</b>

- Método HEC-HMS: En este caso se proporcionan los archivos de cálculo, dando como resultado los caudales siguientes, corregidos por el factor K de uniformidad para cada subcuenca:

	MCO	T-10	T-100	T-500
W40	36.346	55.035	163.470	271.719
W50	77.026	110.202	290.301	461.901
W60	40.497	63.493	201.632	343.262
<b>TOTAL</b>	<b>119.736</b>	<b>176.615</b>	<b>495.247</b>	<b>806.448</b>

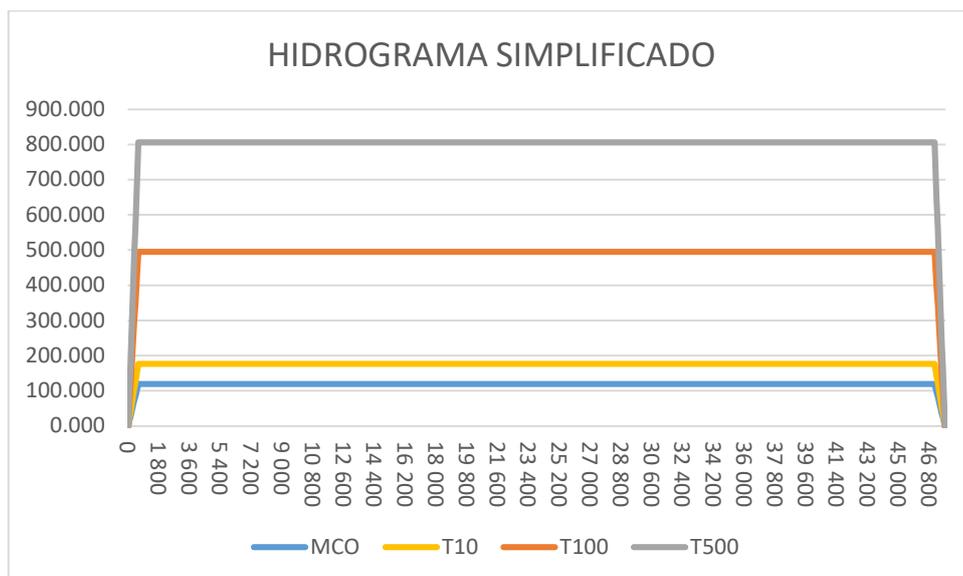
Por su uso contrastado y rigor del modelo, se deberían utilizar los datos del modelo hidrometeorológico HEC-HMS. Sin embargo, quedando del lado de la seguridad, se tomará el valor máximo, pero teniendo en cuenta que los caudales son totalmente excesivos para el tamaño de la cuenca y el análisis de su estado actual, que evidencia que no ha existido riadas importantes.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (completos aportados por HEC-HMS y simplificado para optimizar el cálculo):



Dicho hidrograma simplificado asegura una estabilización en el caudal de entrada y de salida, así como en la altura de agua en la llanura de inundación y estabilidad en la velocidad, manteniendo un régimen constante, siempre dentro del lado de la seguridad, para obtener la envolvente de inundación final. A considerar que dicho hidrograma genera del orden de más de un 30% de volumen de agua proveniente de la cuenca, por lo que genera un factor de seguridad muy alto.

Los tiempos de cálculo podrán diferir si se obtiene dicha estabilidad de cálculo en un tiempo inferior, con la intención de reducir el coste computacional.



Hidrograma unitario simplificado para el cálculo hidráulico para el Tiempo de Concentración aumentado

Dicho hidrograma simplificado asegura una estabilización en el caudal de entrada y de salida, así como en la altura de agua en la llanura de inundación y estabilidad en la velocidad, manteniendo un régimen constante, siempre dentro del lado de la seguridad, para obtener la envolvente de inundación final. A considerar que dicho hidrograma genera del orden de más de un 30% de volumen de agua proveniente de la cuenca, por lo que genera un factor de seguridad muy alto.

Los tiempos de cálculo podrán diferir si se obtiene dicha estabilidad de cálculo en un tiempo inferior, con la intención de reducir el tiempo de cómputo y el peso de los archivos de cálculo.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANQUILLO PRIMERO**

### **Base topográfica**

Los terrenos objeto de dicho estudio, se reflejan en el mapa 1008, 1009, 1025 y 1026 del Mapa Topográfico Nacional de España a escala 1:25.000, usando las hojas correspondientes, así como la base de datos de cotas del terreno del LIDAR a escala 5000.

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1026\_LID

Se trata de levantamientos topográficos de última actualidad, con vuelos de desarrollo LiDAR y con malla de 5x5 m<sup>2</sup>, suficiente para el cálculo que se presenta en este documento.

Se han realizado varias visitas a la zona de afección, llevando a cabo mediciones “in situ” de las secciones del cauce y de los usos del suelo en los alrededores.

Se considera suficiente para la elaboración del Modelo Digital del Terreno y así obtener las secciones con el software adecuado.

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Debido a la poca envergadura de la cuenca, se utilizará únicamente el método racional modificado, ya que el coste computacional para el método HMS no resulta adecuado.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



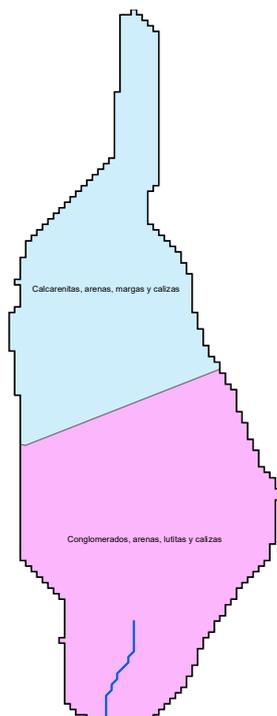
### Estudio hidrometeorológico (CN del SCS)

A partir de las isólinas de las precipitaciones máximas previsibles, editado por el MOPU, se obtiene que, la precipitación diaria se representa en la tabla siguiente, en función de las subcuencas en las que se ha distribuido la cuenca principal.

Las precipitaciones y los valores estimados, calculados a partir del centroide ya indicado en la tabla anterior, servirán de base para los cálculos posteriores que se muestran en la tabla resumen.

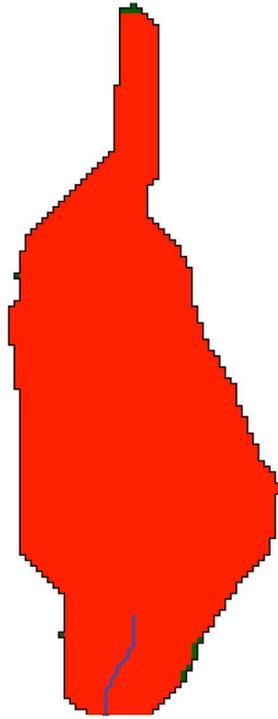
Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema::



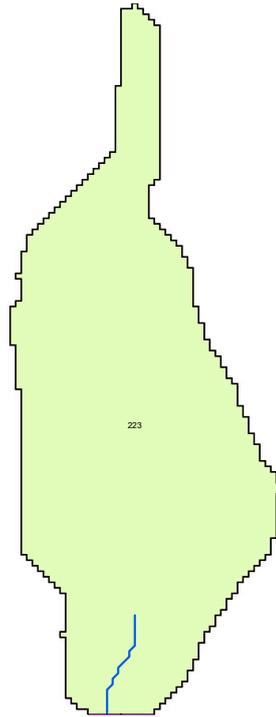


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):





- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:



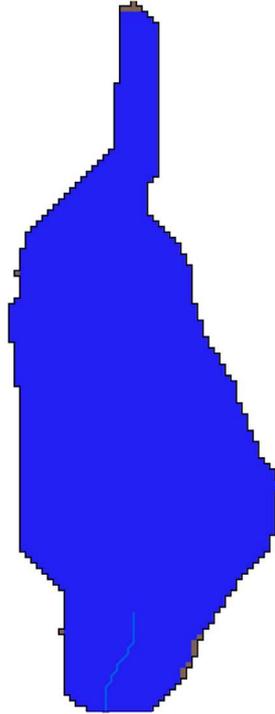
Ahora habrá que establecer un criterio de equiparación entre dichos usos del suelo definidos en el CLC 2018 y los parámetros de la Instrucción de Carreteras IC-5.2.

A continuación lo que se realiza es una reclasificación de estos tres mapas (raster) aplicando un número primo diferente a cada valor para, después, realizar una simple multiplicación de dichos mapas, obteniendo un único valor a cada punto

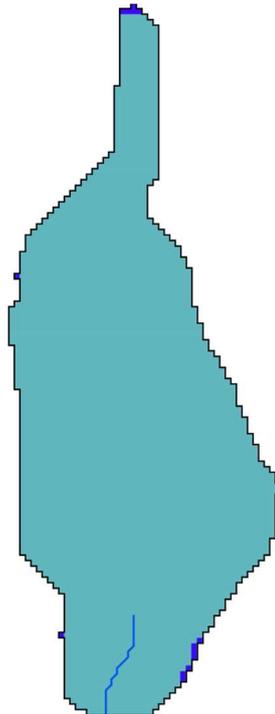
Una vez que se ha llevado a cabo la multiplicación se relacionan mediante la siguiente tabla para, de nuevo reclasificando, obtener el mapa definitivo con el número de curva del SCS.



El resultado final de las CN es el siguiente:



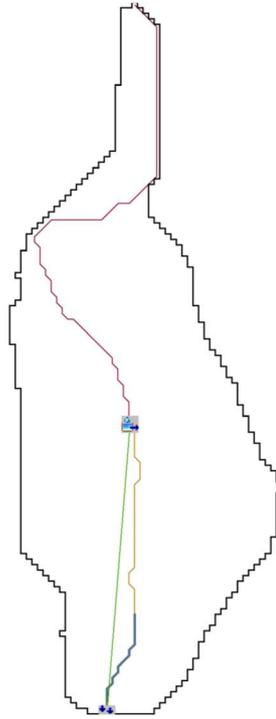
Y para el umbral de escorrentía P0:



Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:



Período de Retorno	Subcuenca 1
Precipitación Mco años (mm)	50.94812
Precipitación 10 años (mm)	59.0746
Precipitación 100 años (mm)	94.48273
Precipitación 500 años (mm)	123.1552

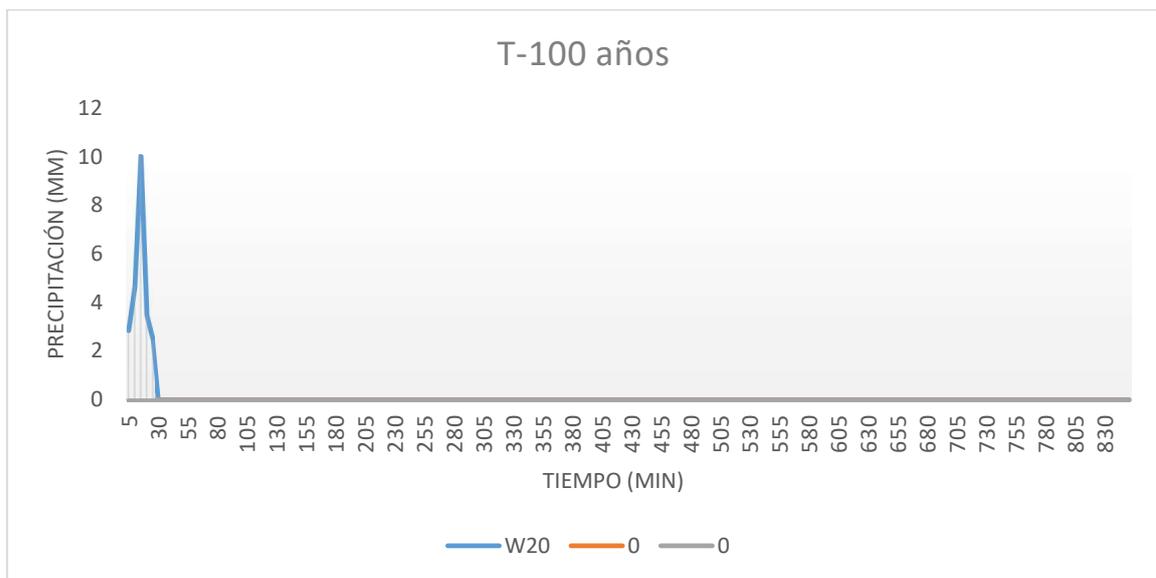
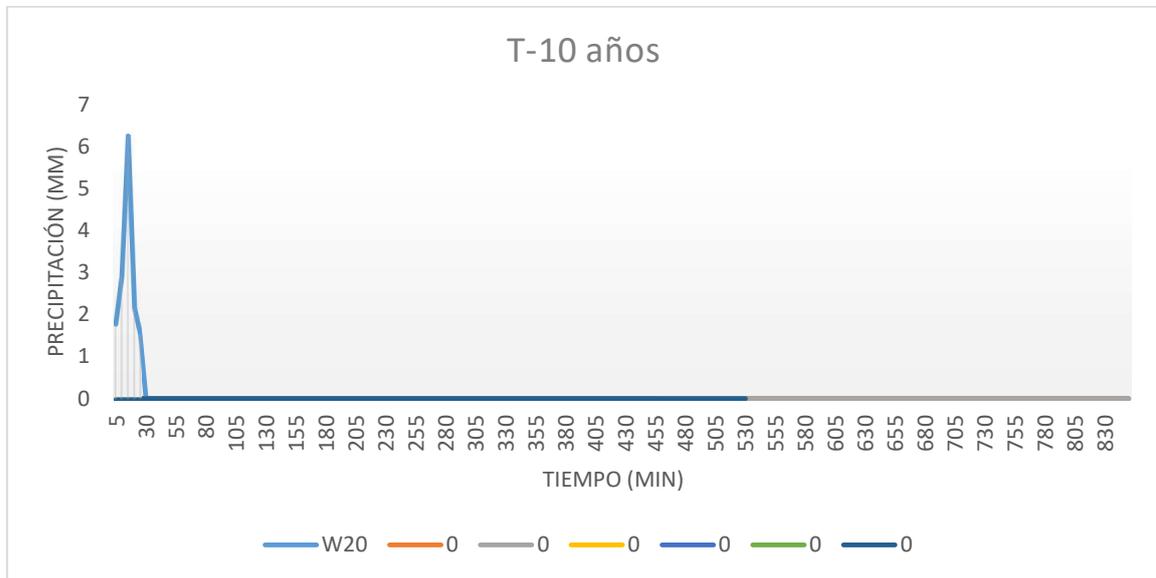
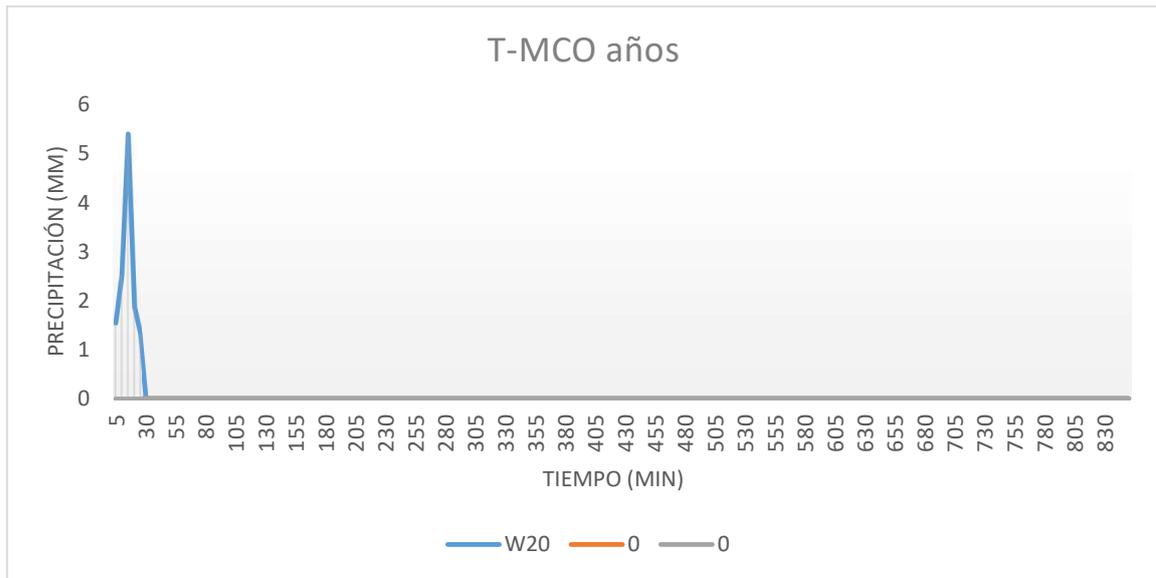


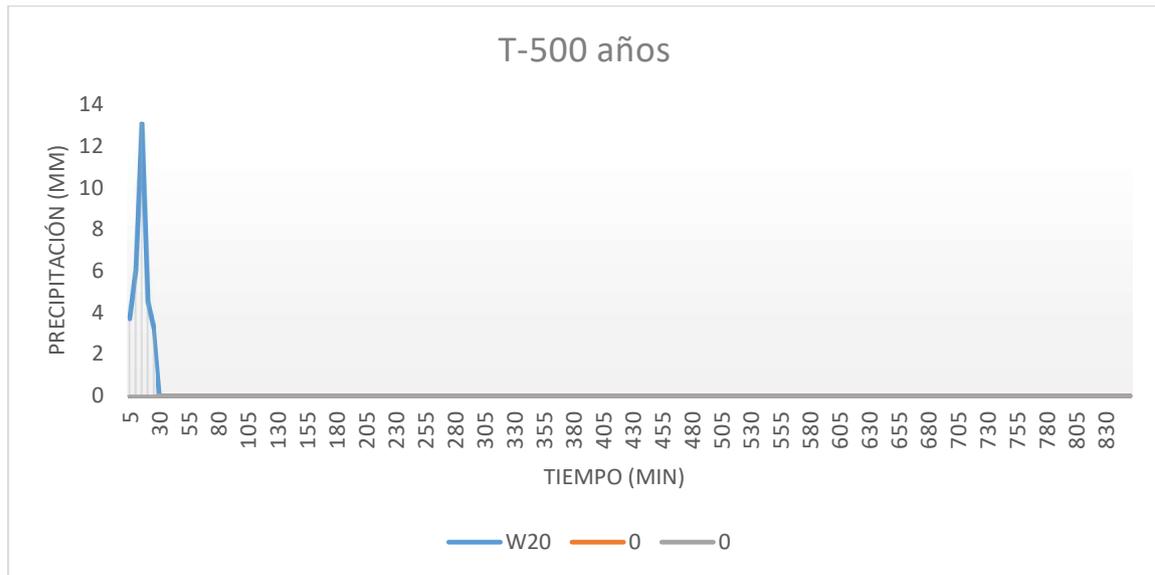


Ahora habrá que definir la distribución para un periodo de retorno de MCO, 10, 100 y 500 años (el más desfavorable). En este caso se ha obtenido mediante el modelo de bloques alternados según el modelo adoptado por Fomento, dando como resultado los siguientes hidrogramas unitarios, siempre para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración que se haya obtenido. En el caso de la Máxima Crecida Ordinaria, y siguiendo los criterios establecidos en la publicación "Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía zonas inundables", editado por el Ministerio de Medio ambiente, Medio rural y Marino, en 2011, donde se establece, a falta de más datos, una estimación del periodo de retorno para la MCO en función de la zona:

Región	$C_v$	$T_{MCO}$
11	0,59	3,0
12	0,54	2,5
13	0,54	2,5
21	0,48	2,5
22	1,15	6,0
23	0,66	3,5
24	0,75	4,0
25	0,75	4,0
26	0,81	4,0
31	0,79	4,0
32	0,79	4,0
33	1,04	5,0
34	0,76	4,0
41	1,20	6,0
42	1,05	5,5
43	0,83	4,0
51	0,96	5,0
52	0,74	3,5
53	1,12	5,5
54	0,66	3,5
61	1,09	5,5
71	1,13	5,5
72	1,44	7,0
73	1,07	5,5
81	0,87	4,5
82	1,21	6,0
83	1,19	6,0
84	0,88	4,5
91	0,47	2,5
92	0,70	3,5
93	1,36	7,0
94	1,04	5,0
95	0,69	3,5
96	0,50	2,5
101	0,91	4,5
102	1,39	7,0

Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{MCO}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	Ministerio	CN
Subcuenca 1	26.1982563	66.1177419

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
Subcuenca 1	0.40	0.42	0.53	0.60



## Resultados de cálculo

Se presenta la tabla con el resumen de los cálculos efectuados previos a la simulación en el software de cálculo hidráulico de cauces.

Nombre del cauce	W20
Municipio	Pinos Punte
Provincia	Granada
Coordenada X UTM (m)	428194
Coordenada Y UTM (m)	4124167
Superficie Cuenca (Km2)	0.0858
Longitud Máxima (Km)	0.7849138
Pendiente Cuenca (%)	0.150183
Factor Regional	9
Coefficiente Corrector P0 para TMco	1.827
Coefficiente Corrector P0 para T10	2.1
Coefficiente Corrector P0 para T100	2.898
Coefficiente Corrector P0 para T500	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5
Coefficiente de Variación MAXPLU	0.3948585
Coefficiente de variación para la zona	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	26.03263
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	47.56162
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	54.66853
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	75.44257
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	85.28291
Tiempo de Concentración (min)	21.46739
Tlag (min)	7.513586
Factor Reductor de Lluvia Diaria	1
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	39.73268
Coefficiente de Uniformidad	1.019382
Factor de intensidad	15.48576
Coefficiente Muskingum K (Hr)	0.2146739
Coefficiente Muskingum X	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	2.17894
Sub-reaches mayor que	4.893035
Numero de Curva CN para SCS	65.97552
Coefficiente de Escorrentía TMco	0.4
Coefficiente de Escorrentía T10	0.42
Coefficiente de Escorrentía T100	0.53
Coefficiente de Escorrentía T500	0.6
Caudal Método Racional TMco	0.3194709
Caudal Método Racional T10	0.3889496
Caudal Método Racional T100	0.7850034
Caudal Método Racional T500	1.15837
Precipitación de los TMco	50.94812
Precipitación de los T10	59.0746
Precipitación de los T100	94.48273
Precipitación de los T500	123.1552
Intensidad de los TMco	2.122838
Intensidad de los T10	2.461442
Intensidad de los T100	3.936781
Intensidad de los T500	5.131466

## Metodología IC-5.2

Una vez que se consideran estos valores conforme las tablas que se indican más adelante, se obtiene un umbral de escorrentía de:

Variable	Subcuenca 1
Umbral (mm)	26.03263

Conforme el artículo 2.2 de la Instrucción 5.2 de Carreteras:

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

donde:

- $Q_T$  (m³/s) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.



- $I(T, t_c)$  (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración  $t_c$ , de la cuenca.
- C (adimensional) Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- A (km<sup>2</sup>) Área de la cuenca o superficie considerada.
- $K_T$  (adimensional) Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

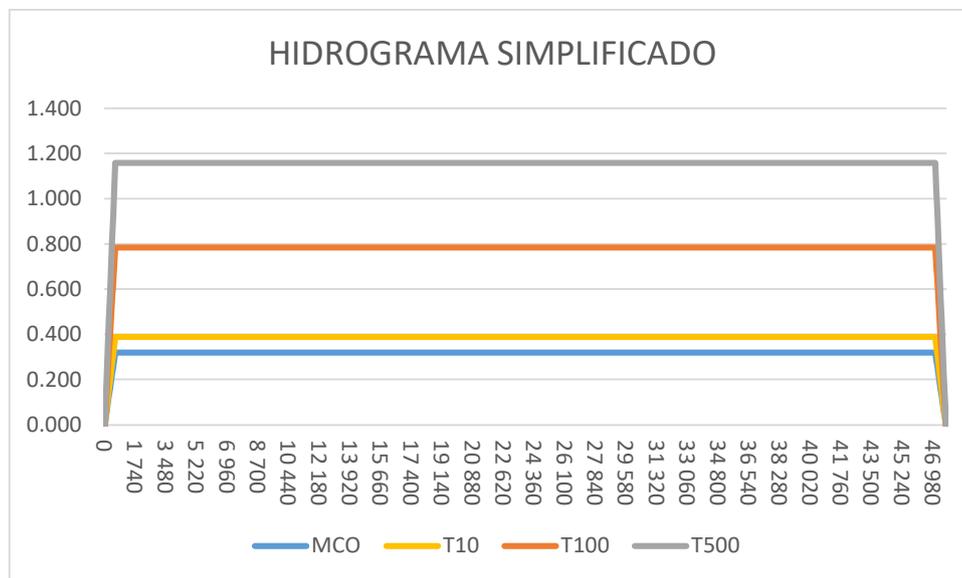
### Caudales de cálculo

Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m<sup>3</sup>/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Período de retorno	MCO	T-10	T-100	T-500
W20	0.319	0.389	0.785	1.158
<b>Outlet</b>	<b>0.319</b>	<b>0.389</b>	<b>0.785</b>	<b>1.158</b>

No se utiliza, conforme ya se ha comentado, el método HEC-HMS, por simplicidad computacional.



Hidrograma unitario simplificado para el cálculo hidráulico para el Tiempo de Concentración aumentado

Dicho hidrograma simplificado asegura una estabilización en el caudal de entrada y de salida, así como en la altura de agua en la llanura de inundación y estabilidad en la velocidad, manteniendo un régimen constante, siempre dentro del lado de la seguridad, para obtener la envolvente de inundación final. A considerar que dicho hidrograma genera del orden de más de un 30% de volumen de agua proveniente de la cuenca, por lo que genera un factor de seguridad muy alto.

Los tiempos de cálculo podrán diferir si se obtiene dicha estabilidad de cálculo en un tiempo inferior, con la intención de reducir el tiempo de cómputo y el peso de los archivos de cálculo.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE LAS CANTERAS**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1026\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



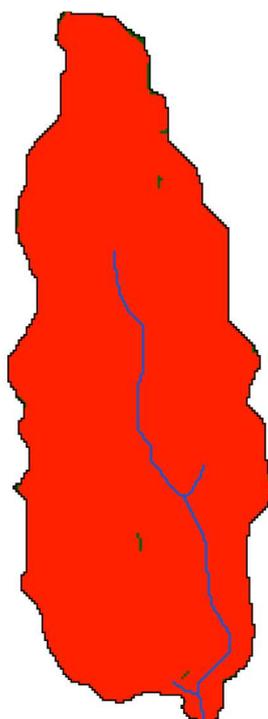
### Estudio preliminar de CN y P<sub>0</sub>

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX “Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica”. El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

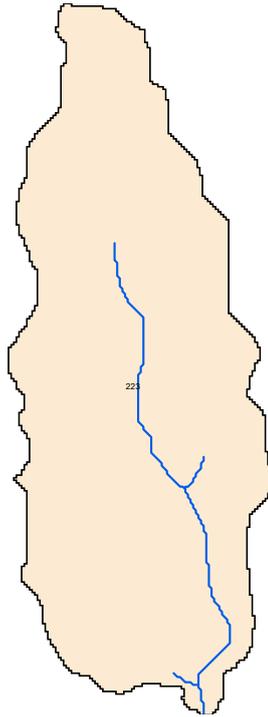


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

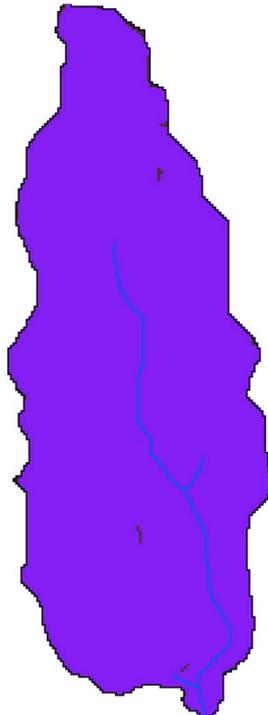




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:



El resultado final de las CN es el siguiente:





Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



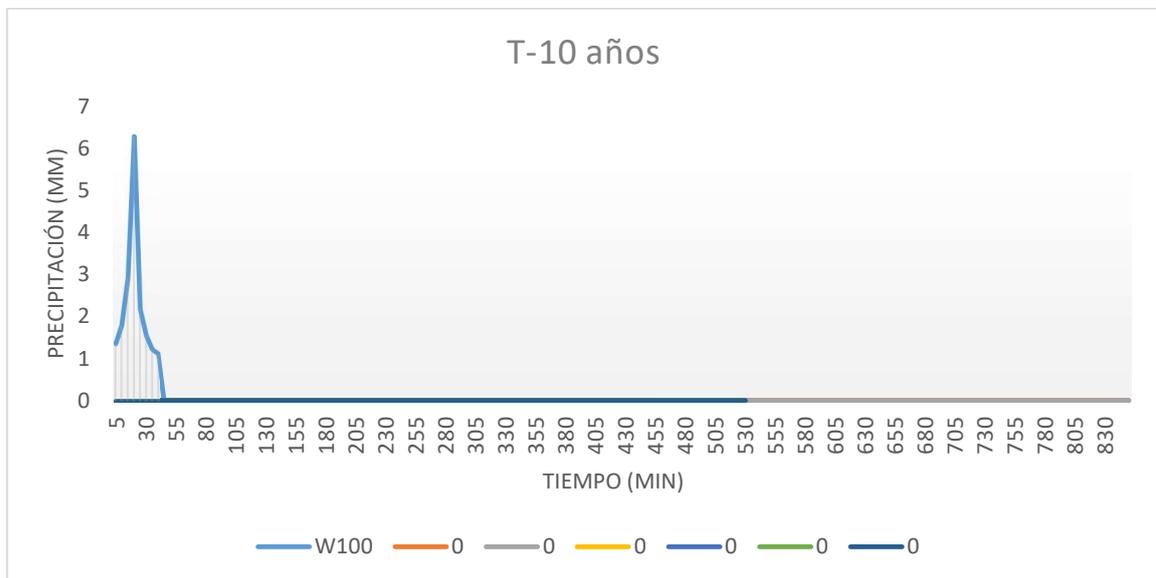
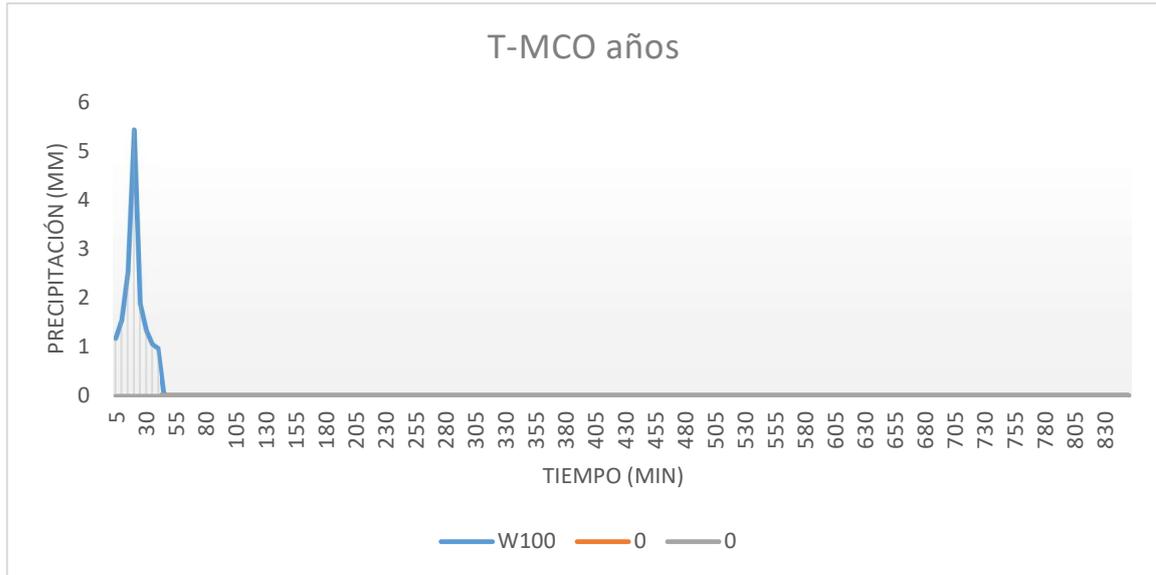
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

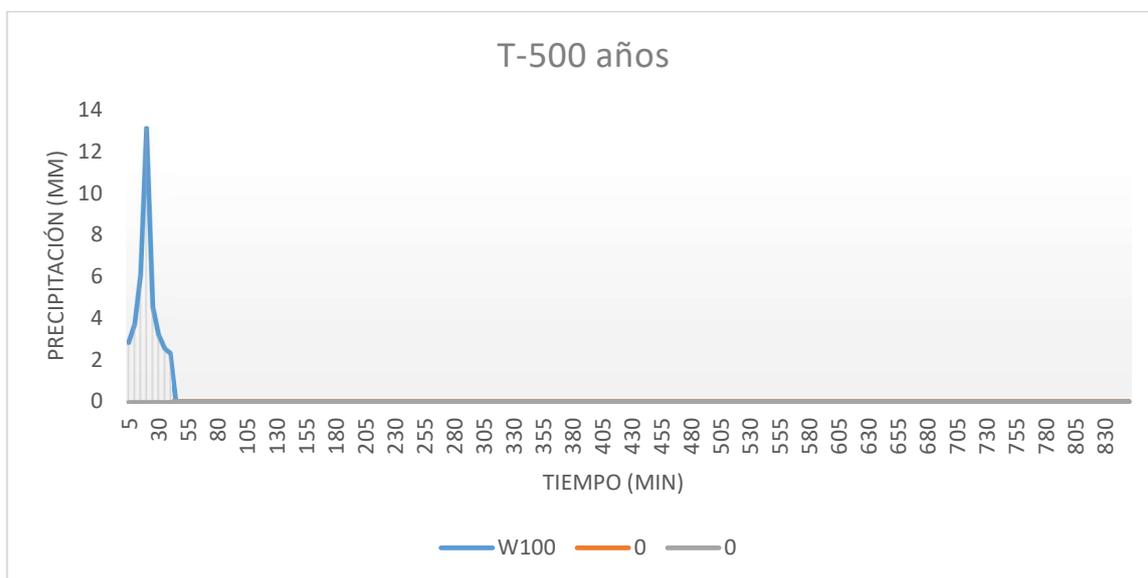
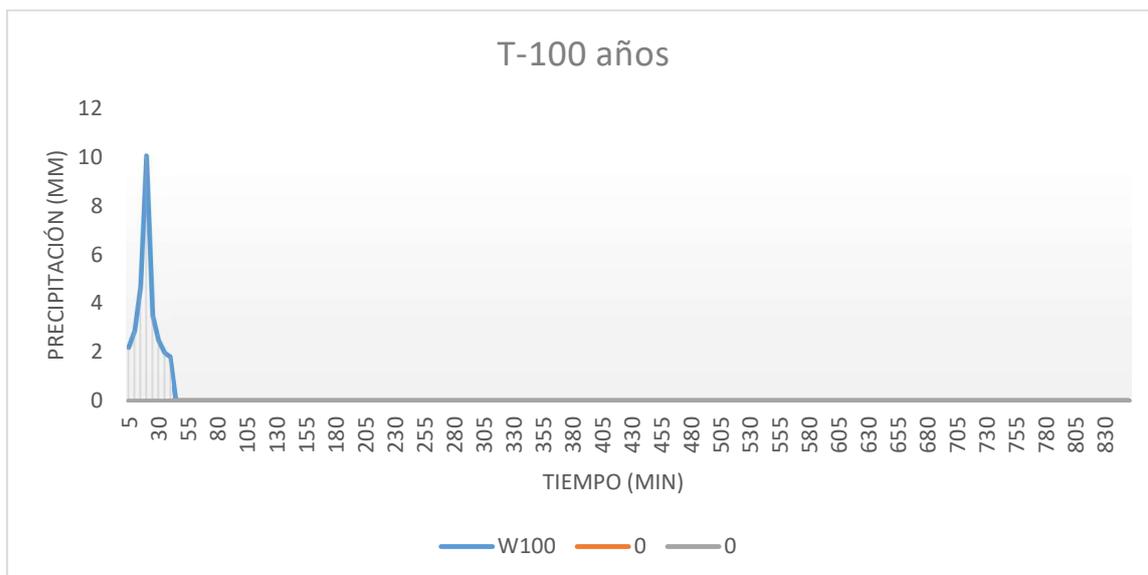
Periodo de Retorno	Subcuenca 1
Precipitación $M_{co}$ años (mm)	51.1786
Precipitación 10 años (mm)	59.34338
Precipitación 100 años (mm)	94.91835
Precipitación 500 años (mm)	123.7268





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
Subcuenca 1	26.2036369	66.11244139

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
Subcuena 1	0.42	0.44	0.54	0.61



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W100
Municipio	Pinos Punte
Provincia	Granada
Coordenada X UTM (m)	428424
Coordenada Y UTM (m)	4124730
Superficie Cuenca (Km2)	0.474325
Longitud Máxima (Km)	1.577965
Pendiente Cuenca (%)	0.135605
Factor Regional	9
Coficiente Corrector P0 para TMco	1.827
Coficiente Corrector P0 para T10	2.1
Coficiente Corrector P0 para T100	2.898
Coficiente Corrector P0 para T500	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5
Coficiente de Variación MAXPLU	0.3949364
Coficiente de variación para la zona	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	26.03879
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	47.57287
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	54.68146
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	75.46041
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	85.30308
Tiempo de Concentración (min)	37.21295
Tlag (min)	13.02453
Factor Reductor de Lluvia Diaria	1
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	39.911
Coficiente de Uniformidad	1.037827
Factor de intensidad	11.66268
Coficiente Muskingum K (Hr)	0.3721295
Coficiente Muskingum X	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	3.777114
Sub-reaches mayor que	4.98157
Numero de Curva CN para SCS	65.97091
Coficiente de Escorrentía TMco	0.4
Coficiente de Escorrentía T10	0.42
Coficiente de Escorrentía T100	0.53
Coficiente de Escorrentía T500	0.6
Caudal Método Racional TMco	1.360299
Caudal Método Racional T10	1.656179
Caudal Método Racional T100	3.342811
Caudal Método Racional T500	4.932883
Precipitación de los TMco	51.1786
Precipitación de los T10	59.34338
Precipitación de los T100	94.91835
Precipitación de los T500	123.7268
Intensidad de los TMco	2.132442
Intensidad de los T10	2.472641
Intensidad de los T100	3.954931
Intensidad de los T500	5.155283



### Caudales de cálculo

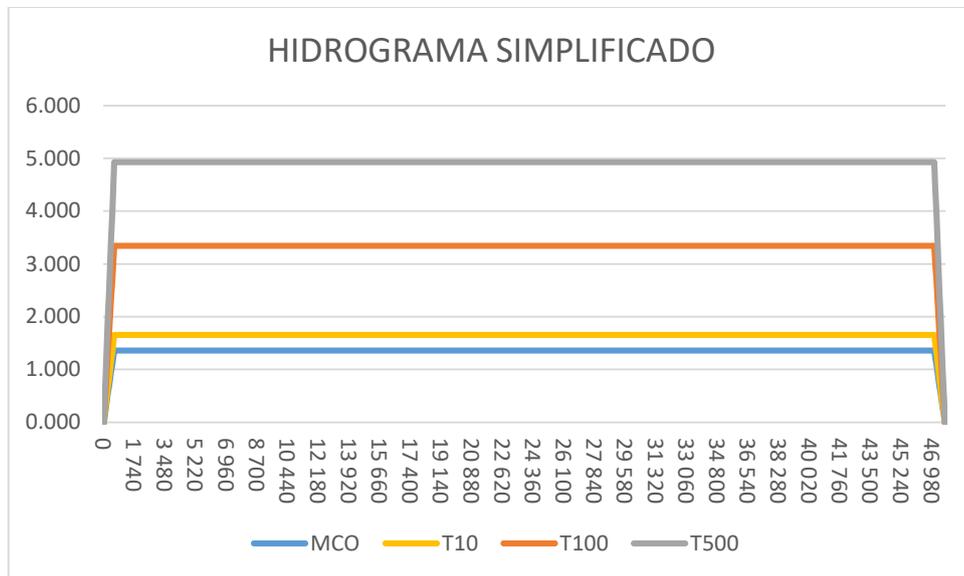
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T,t_C) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W100	1.360	1.656	3.343	4.933
<b>TOTAL</b>	<b>1.360</b>	<b>1.656</b>	<b>3.343</b>	<b>4.933</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO ALCARCELERAS**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1026\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

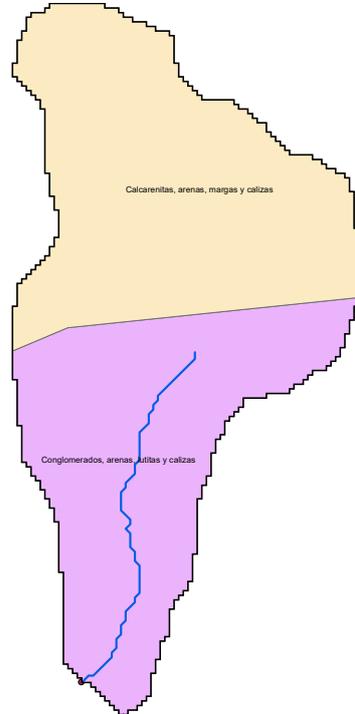
Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



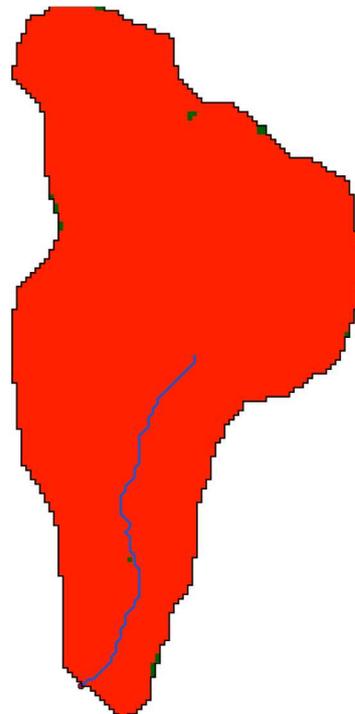
### Estudio preliminar de CN y $P_0$

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

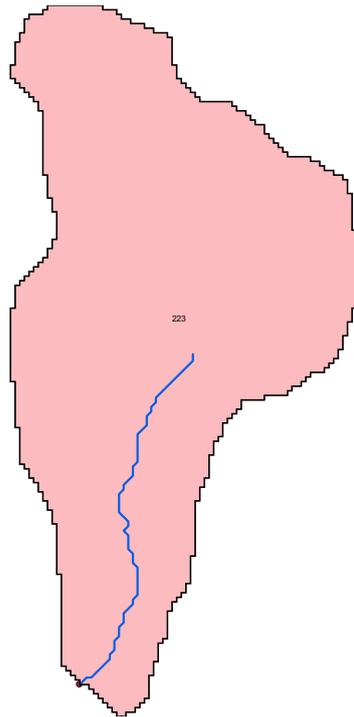


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

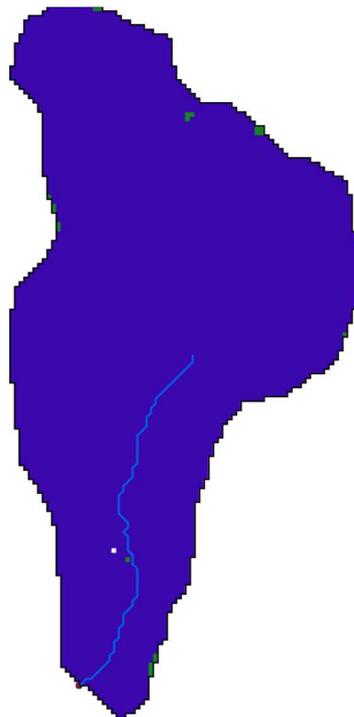




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

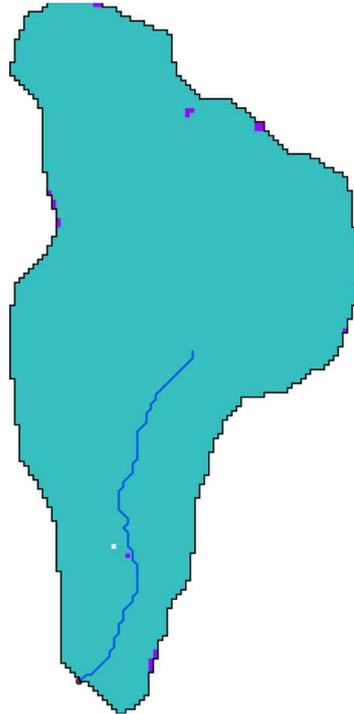


El resultado final de las CN es el siguiente:



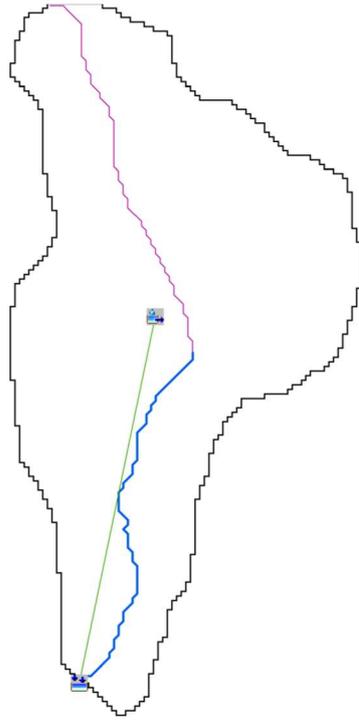


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



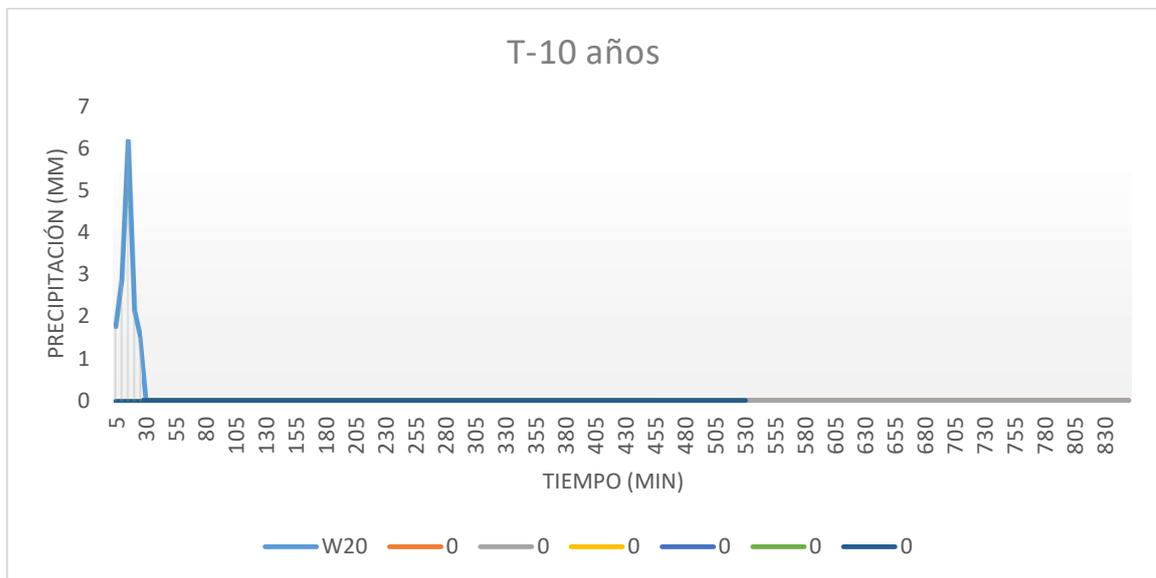
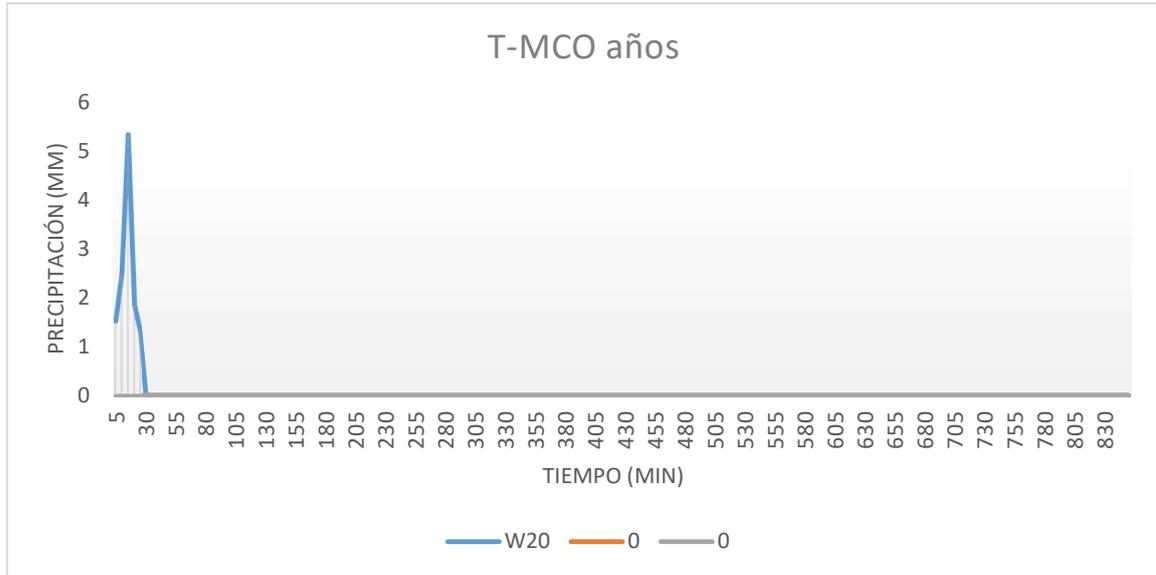
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

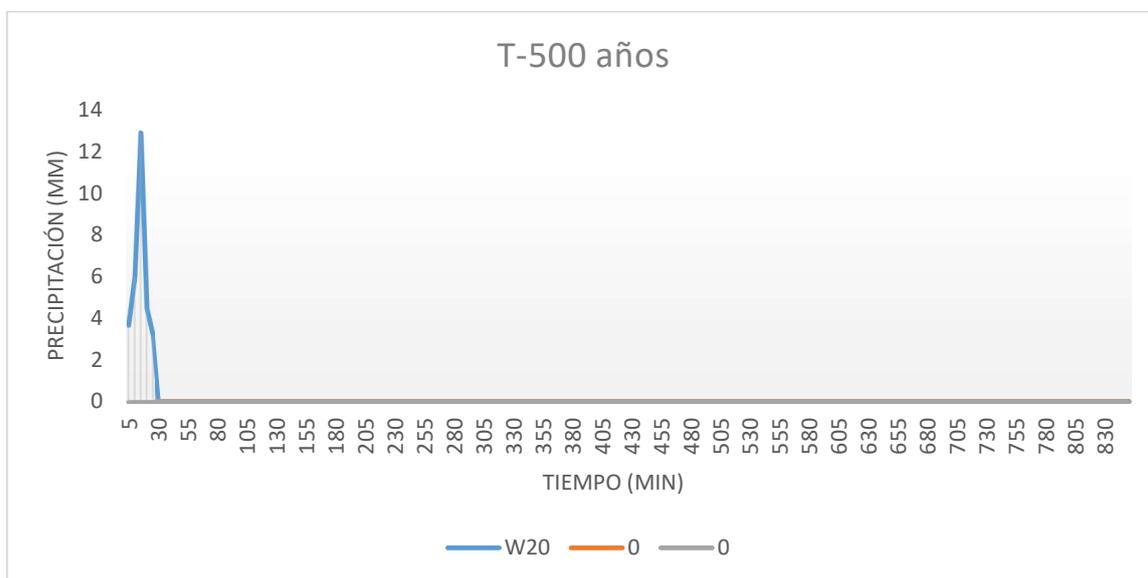
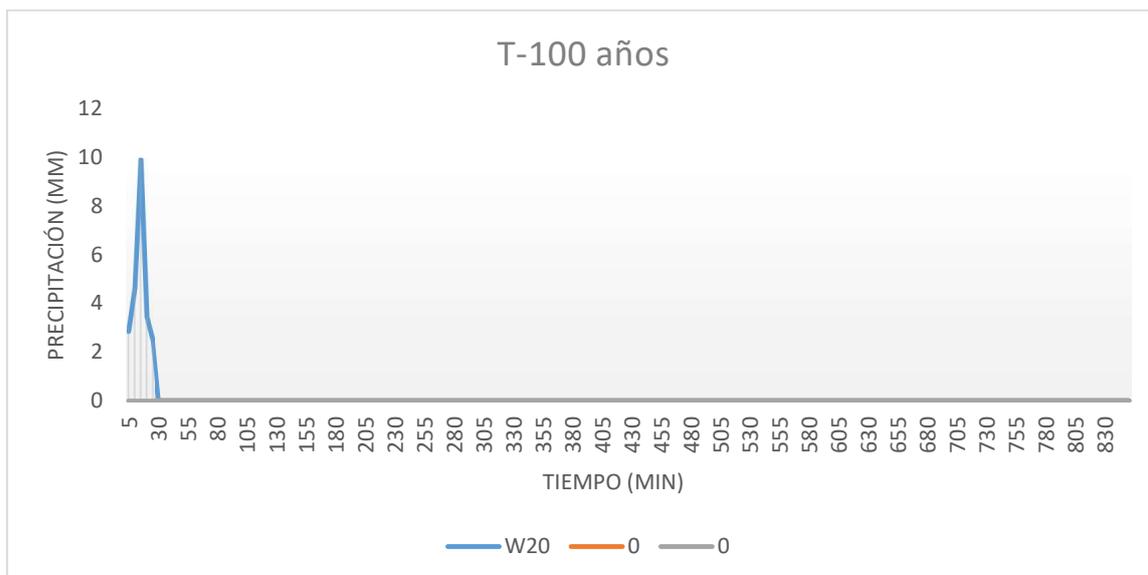
Periodo de Retorno	Subcuenca 1
Precipitación M <sub>co</sub> años (mm)	50.26783
Precipitación 10 años (mm)	58.30263
Precipitación 100 años (mm)	93.32175
Precipitación 500 años (mm)	121.6854





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
Subcuenca 1	26.1913012	66.12457532

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
Subcuenca 1	0.42	0.44	0.54	0.61



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W20
Municipio	Pinos Punte
Provincia	Granada
Coordenada X UTM (m)	428798
Coordenada Y UTM (m)	4124450
Superficie Cuenca (Km2)	0.17015
Longitud Máxima (Km)	0.8813351
Pendiente Cuenca (%)	0.133997
Factor Regional	9
Coficiente Corrector P0 para TMco	1.827
Coficiente Corrector P0 para T10	2.1
Coficiente Corrector P0 para T100	2.898
Coficiente Corrector P0 para T500	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5
Coficiente de Variación MAXPLU	0.395861
Coficiente de variación para la zona	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	26.02469
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	47.5471
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	54.65184
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	75.41955
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	85.25687
Tiempo de Concentración (min)	23.95696
Tlag (min)	8.384935
Factor Reductor de Lluvia Diaria	1
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	39.1821
Coficiente de Uniformidad	1.022169
Factor de intensidad	14.65247
Coficiente Muskingum K (Hr)	0.2395696
Coficiente Muskingum X	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	2.431631
Sub-reaches mayor que	4.906409
Numero de Curva CN para SCS	65.98148
Coficiente de Escorrentía TMco	0.4
Coficiente de Escorrentía T10	0.42
Coficiente de Escorrentía T100	0.53
Coficiente de Escorrentía T500	0.6
Caudal Método Racional TMco	0.5930642
Caudal Método Racional T10	0.7222523
Caudal Método Racional T100	1.458849
Caudal Método Racional T500	2.153481
Precipitación de los TMco	50.26783
Precipitación de los T10	58.30263
Precipitación de los T100	93.32175
Precipitación de los T500	121.6854
Intensidad de los TMco	2.094493
Intensidad de los T10	2.429276
Intensidad de los T100	3.888407
Intensidad de los T500	5.070224



### Caudales de cálculo

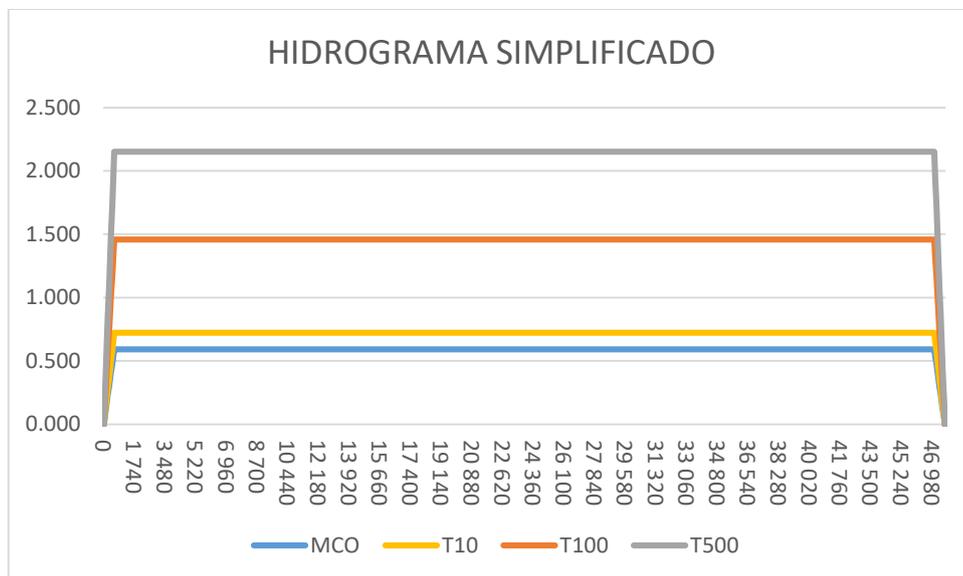
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T,t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W20	0.593	0.722	1.459	2.153
<b>TOTAL</b>	<b>0.593</b>	<b>0.722</b>	<b>1.459</b>	<b>2.153</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE LAS CHOCILLAS**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1026\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS



FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES

Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



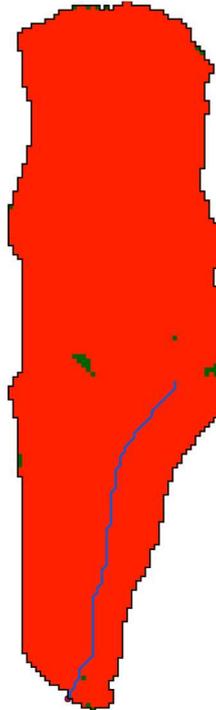
### Estudio preliminar de CN y $P_0$

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

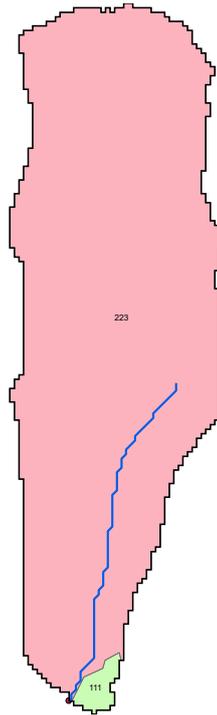


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

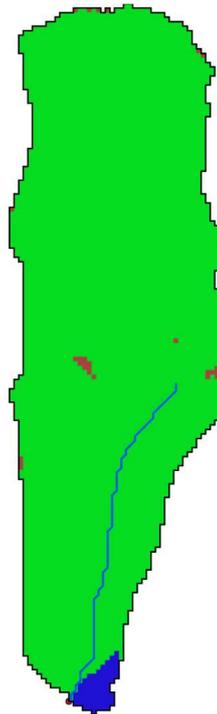




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

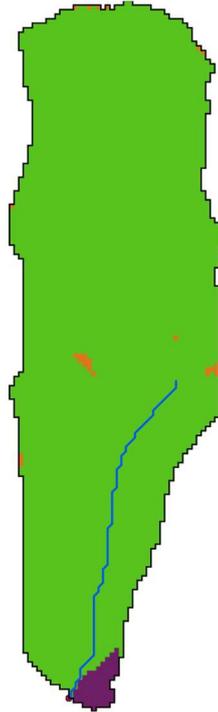


El resultado final de las CN es el siguiente:



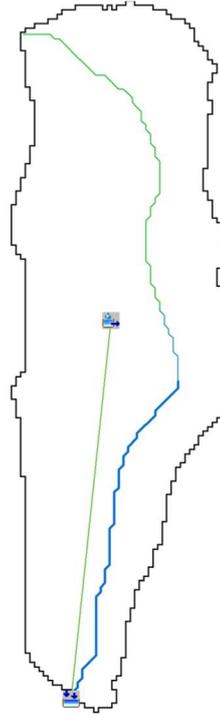


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



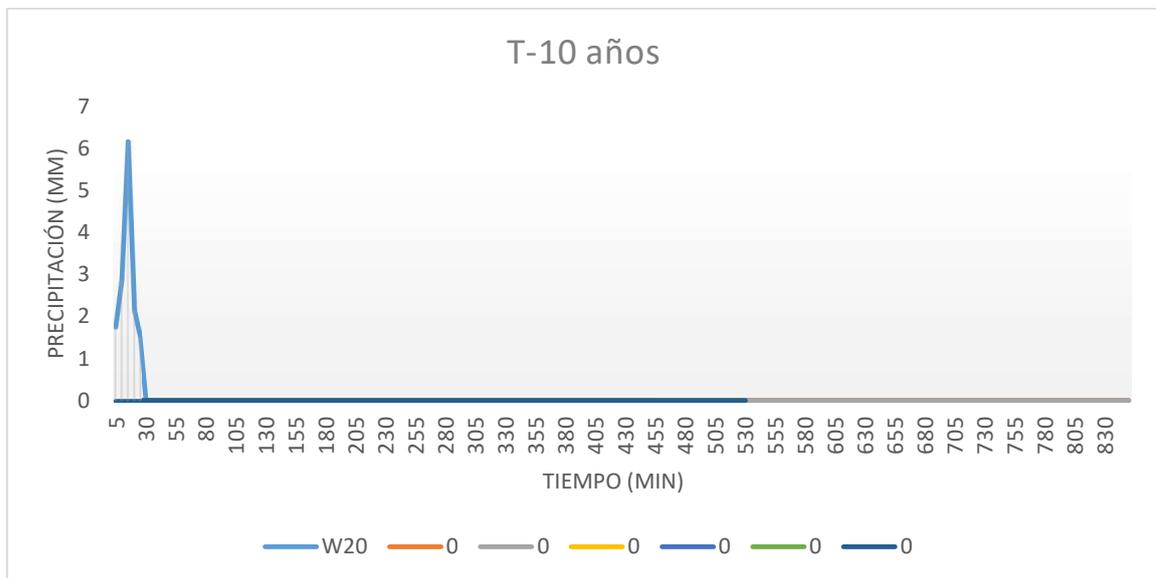
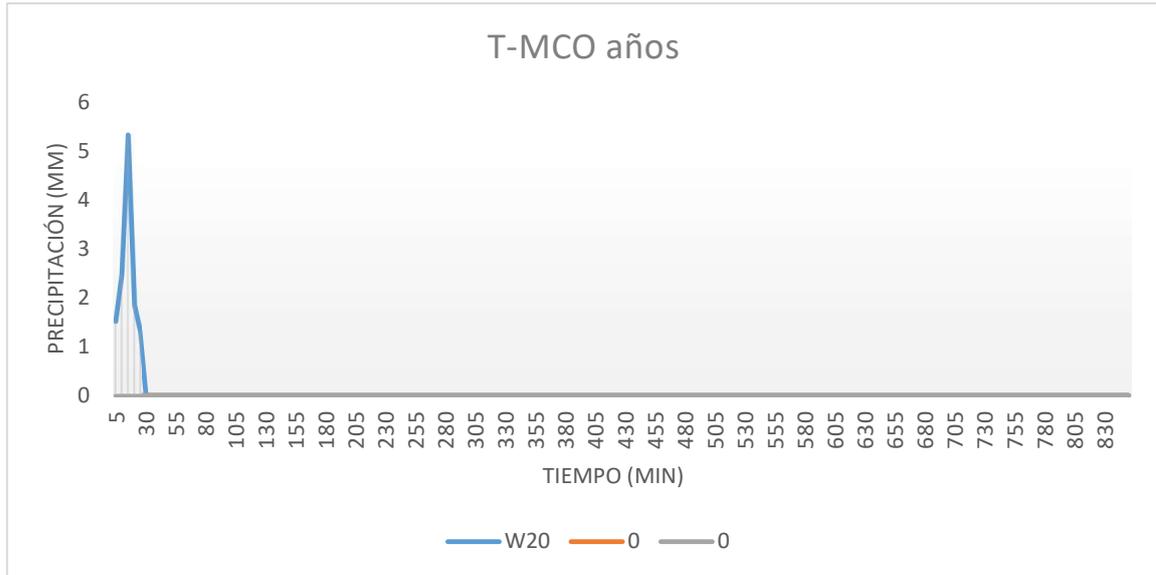
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

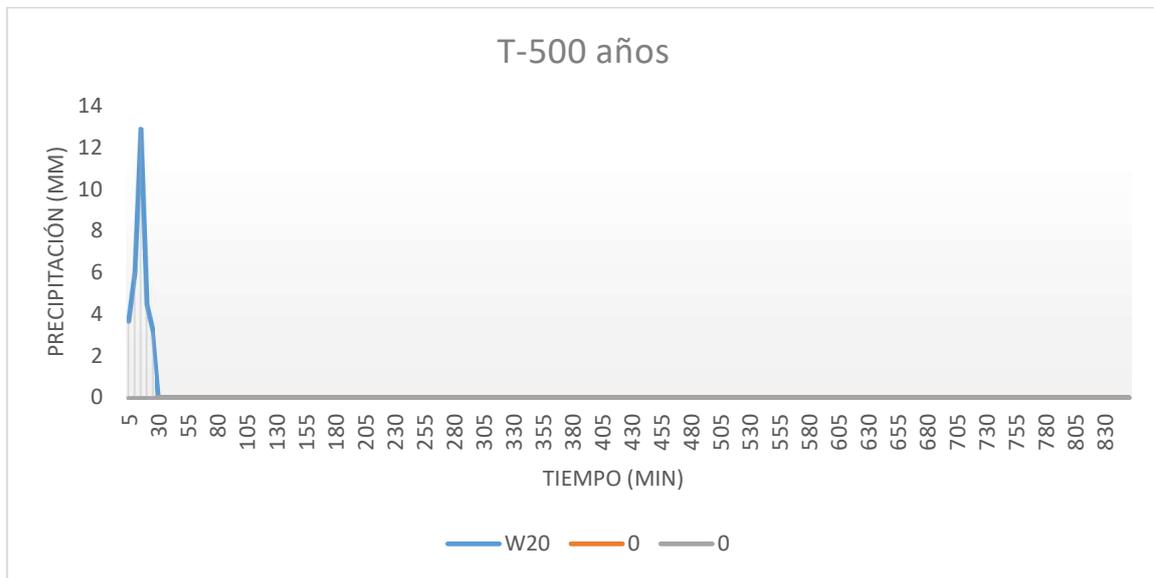
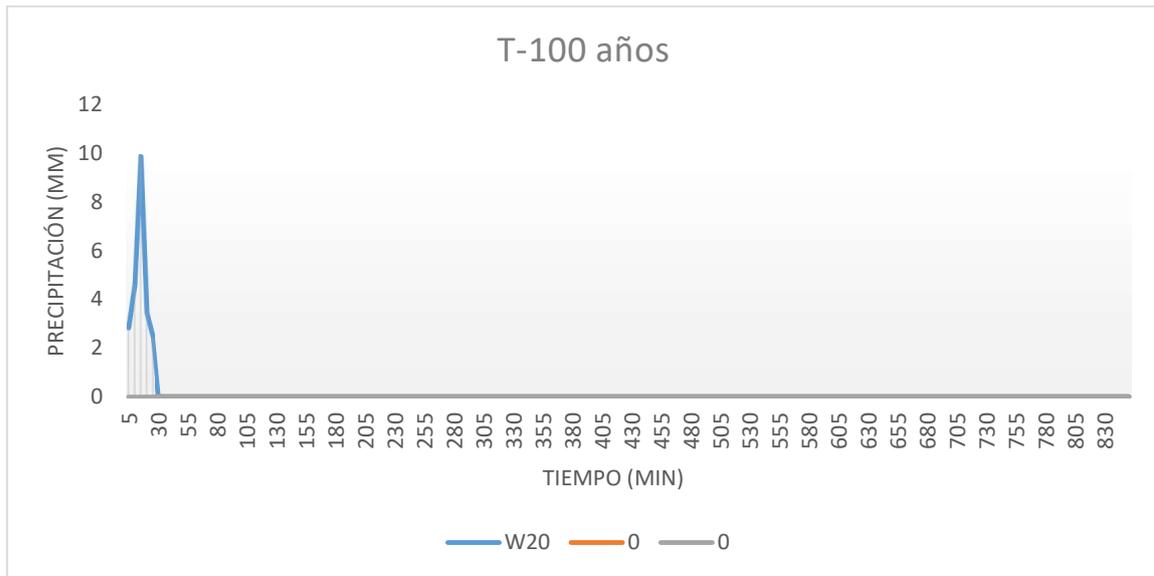
Periodo de Retorno	Subcuenca 1
Precipitación $M_{CO}$ años (mm)	50.21134
Precipitación 10 años (mm)	58.2371
Precipitación 100 años (mm)	93.21568
Precipitación 500 años (mm)	121.5468





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	$P_0$	CN
Subcuenca 1	25.6807762	66.41671494

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
Subcuenca 1	0.42	0.44	0.54	0.61



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W20
Municipio	Pinos Punte
Provincia	Granada
Coordenada X UTM (m)	429102
Coordenada Y UTM (m)	4124288
Superficie Cuenca (Km2)	0.1364
Longitud Máxima (Km)	0.8897666
Pendiente Cuenca (%)	0.137405
Factor Regional	9
Coficiente Corrector P0 para TMco	1.827
Coficiente Corrector P0 para T10	2.1
Coficiente Corrector P0 para T100	2.898
Coficiente Corrector P0 para T500	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5
Coficiente de Variación MAXPLU	0.3958541
Coficiente de variación para la zona	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	25.68677
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	46.92972
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	53.94221
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	74.44025
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	84.14984
Tiempo de Concentración (min)	24.01607
Tlag (min)	8.405622
Factor Reductor de Lluvia Diaria	1
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	39.13807
Coficiente de Uniformidad	1.022235
Factor de intensidad	14.63418
Coficiente Muskingum K (Hr)	0.2401606
Coficiente Muskingum X	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	2.437631
Sub-reaches mayor que	4.90673
Numero de Curva CN para SCS	66.42192
Coficiente de Escorrentía TMco	0.4
Coficiente de Escorrentía T10	0.42
Coficiente de Escorrentía T100	0.53
Coficiente de Escorrentía T500	0.6
Caudal Método Racional TMco	0.4743311
Caudal Método Racional T10	0.5776554
Caudal Método Racional T100	1.166768
Caudal Método Racional T500	1.722323
Precipitación de los TMco	50.21134
Precipitación de los T10	58.2371
Precipitación de los T100	93.21568
Precipitación de los T500	121.5468
Intensidad de los TMco	2.092139
Intensidad de los T10	2.426546
Intensidad de los T100	3.883986
Intensidad de los T500	5.064451



### Caudales de cálculo

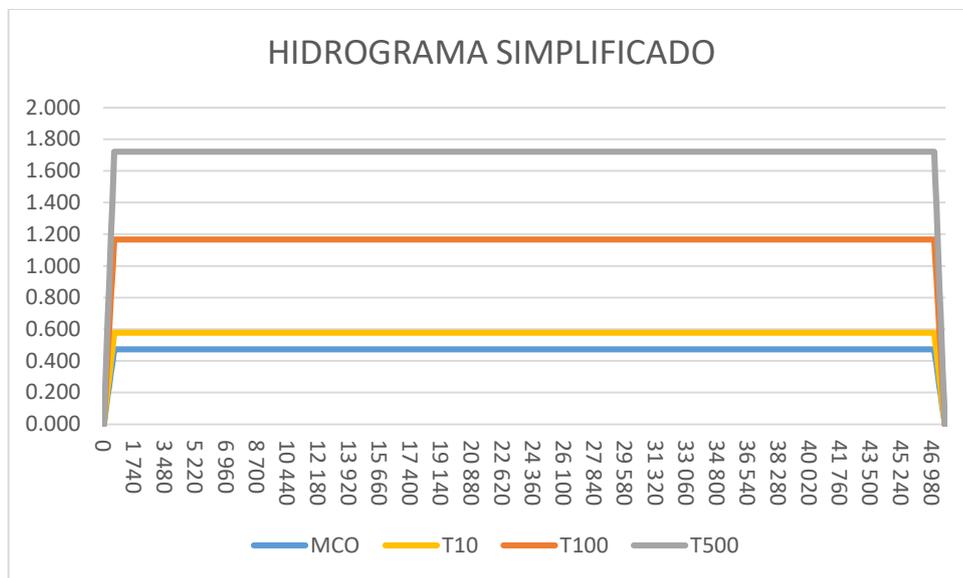
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T,t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W20	0.474	0.578	1.167	1.722
<b>TOTAL</b>	<b>0.474</b>	<b>0.578</b>	<b>1.167</b>	<b>1.722</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE LAS VIÑAS**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1026\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

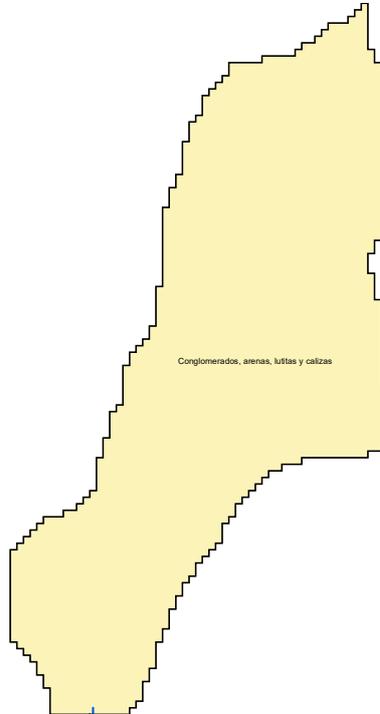
Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



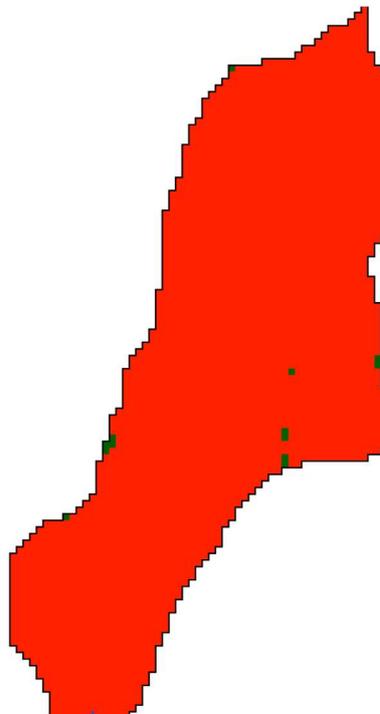
### Estudio preliminar de CN y P<sub>0</sub>

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

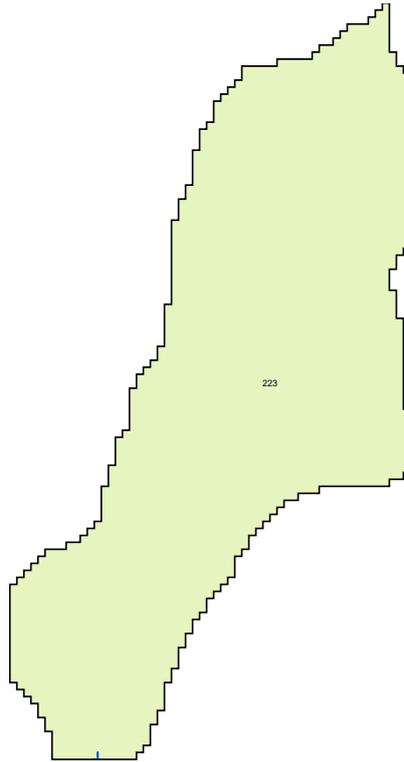


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

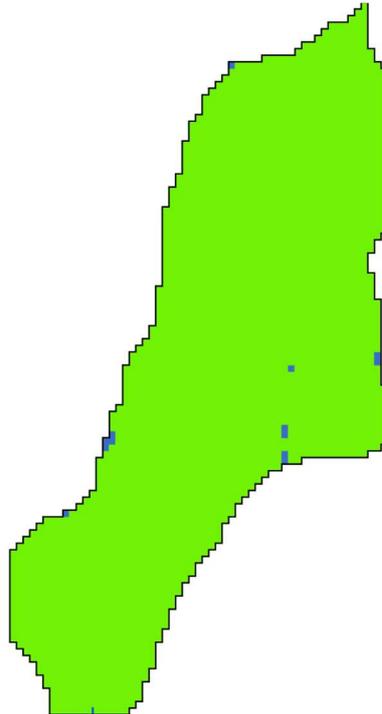




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

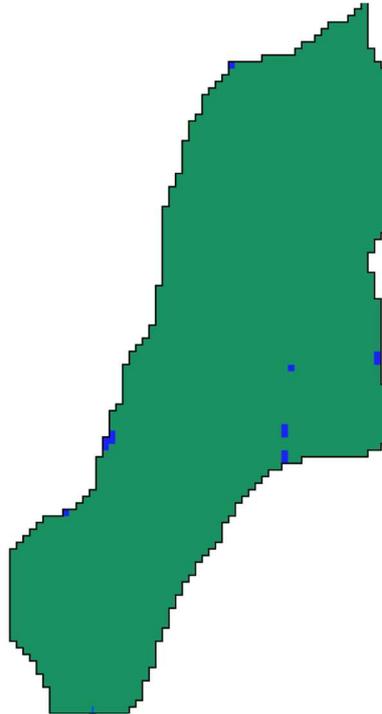


El resultado final de las CN es el siguiente:



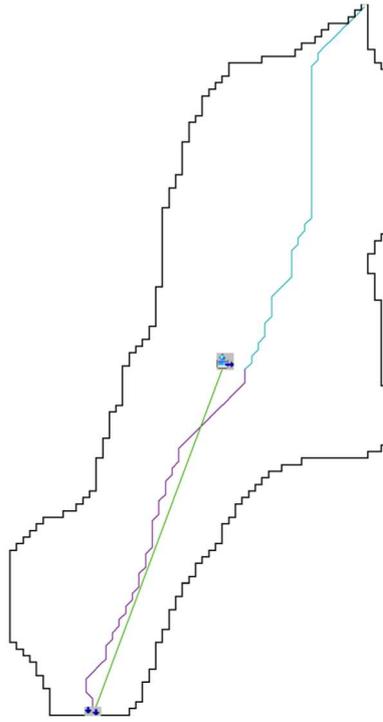


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



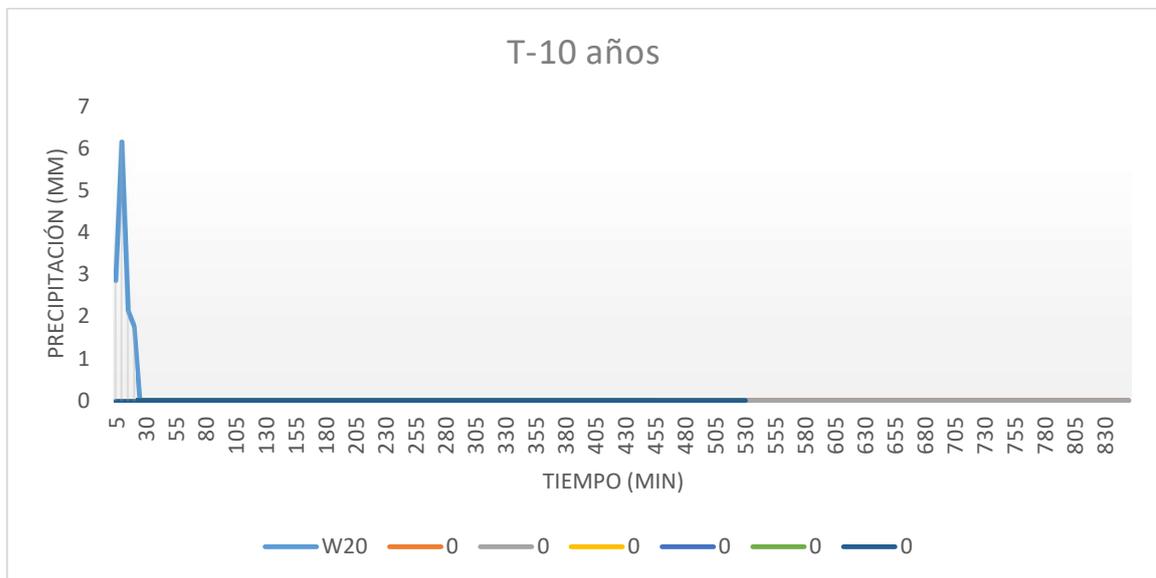
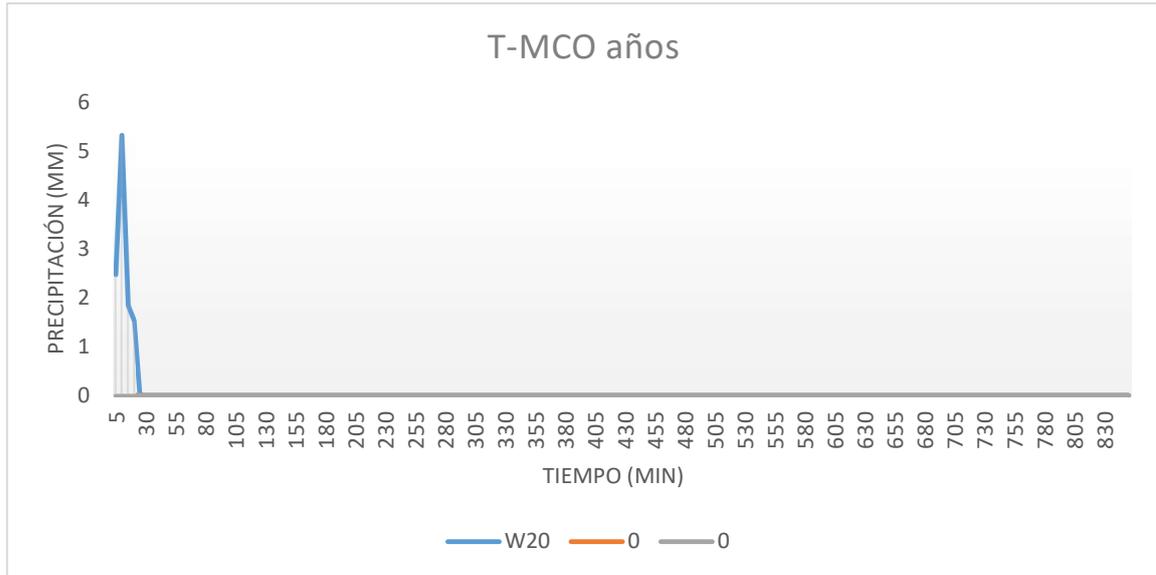
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

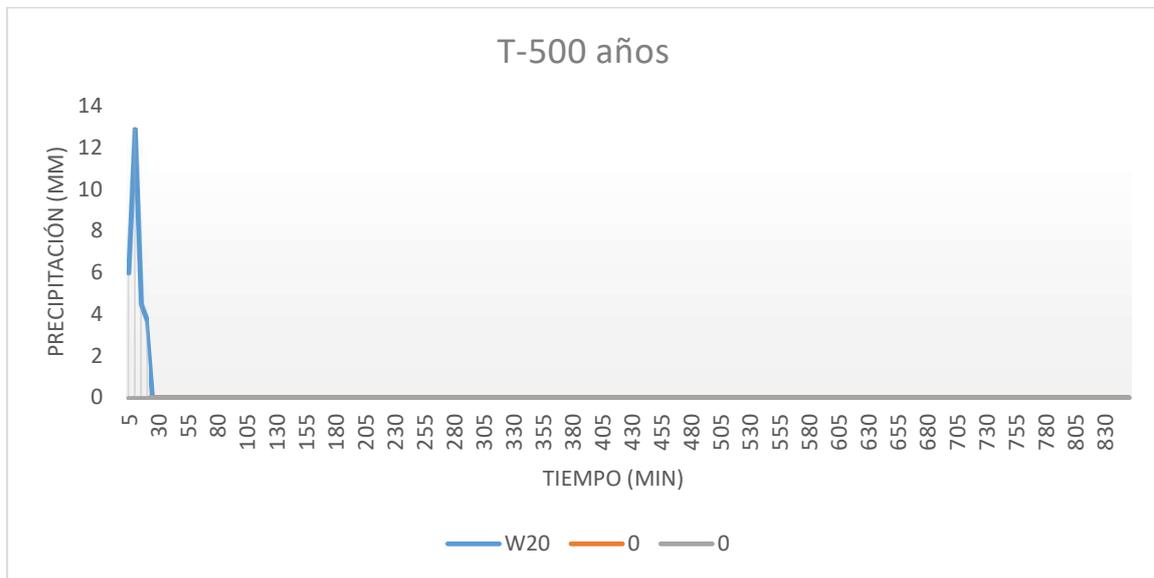
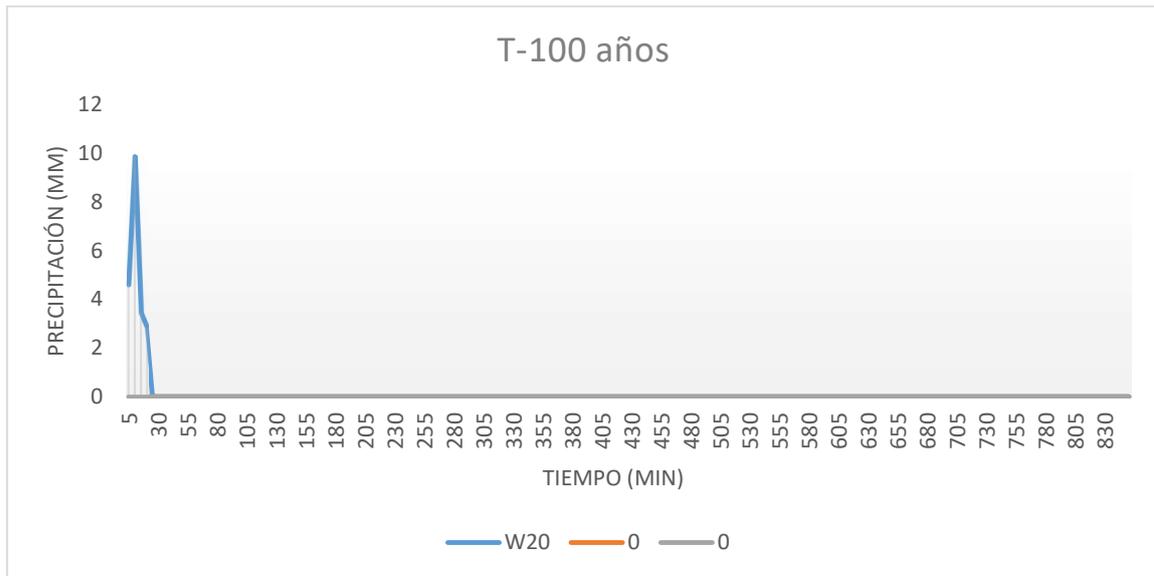
Periodo de Retorno	Subcuenca 1
Precipitación $M_{Co}$ años (mm)	50.15746
Precipitación 10 años (mm)	58.1702
Precipitación 100 años (mm)	93.09152
Precipitación 500 años (mm)	121.3748





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
Subcuenca 1	65.97411	26.03453

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
Subcuenca 1	0.42	0.44	0.54	0.61



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W20
Municipio	Pinos Punte
Provincia	Granada
Coordenada X UTM (m)	428888
Coordenada Y UTM (m)	4124133
Superficie Cuenca (Km2)	0.0753
Longitud Máxima (Km)	0.6240559
Pendiente Cuenca (%)	0.153666
Factor Regional	9
Coficiente Corrector P0 para TMco	1.827
Coficiente Corrector P0 para T10	2.1
Coficiente Corrector P0 para T100	2.898
Coficiente Corrector P0 para T500	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5
Coficiente de Variación MAXPLU	0.3956154
Coficiente de variación para la zona	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	26.03453
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	47.56508
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	54.67251
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	75.44806
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	85.28911
Tiempo de Concentración (min)	17.9553
Tlag (min)	6.284354
Factor Reductor de Lluvia Diaria	1
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	39.10072
Coficiente de Uniformidad	1.015564
Factor de intensidad	16.92328
Coficiente Muskingum K (Hr)	0.179553
Coficiente Muskingum X	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	1.822463
Sub-reaches mayor que	4.874705
Numero de Curva CN para SCS	65.97411
Coficiente de Escorrentía TMco	0.4
Coficiente de Escorrentía T10	0.42
Coficiente de Escorrentía T100	0.53
Coficiente de Escorrentía T500	0.6
Caudal Método Racional TMco	0.3005166
Caudal Método Racional T10	0.3659509
Caudal Método Racional T100	0.7390248
Caudal Método Racional T500	1.090819
Precipitación de los TMco	50.15746
Precipitación de los T10	58.1702
Precipitación de los T100	93.09152
Precipitación de los T500	121.3748
Intensidad de los TMco	2.089894
Intensidad de los T10	2.423758
Intensidad de los T100	3.878814
Intensidad de los T500	5.057281



### Caudales de cálculo

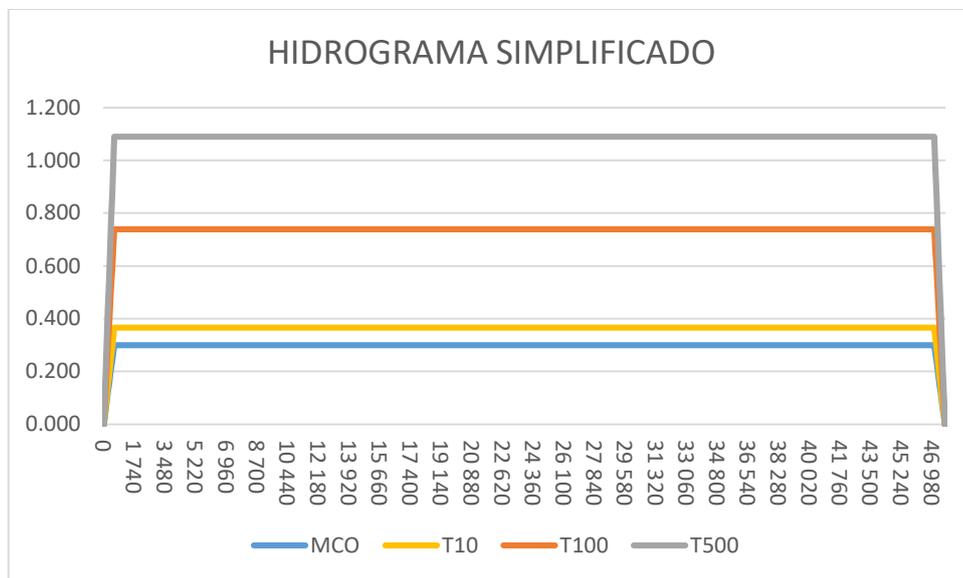
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T,t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W20	0.301	0.366	0.739	1.091
<b>TOTAL</b>	<b>0.301</b>	<b>0.366</b>	<b>0.739</b>	<b>1.091</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ARROYO COSCOJAR II**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1026\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

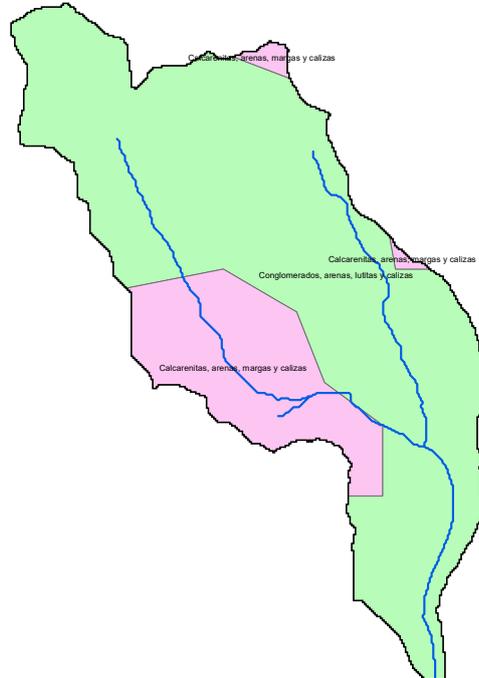
Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,221	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



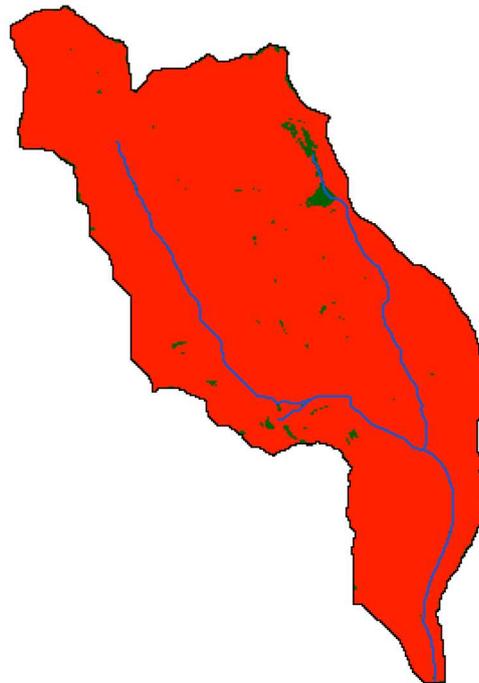
### Estudio preliminar de CN y $P_0$

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

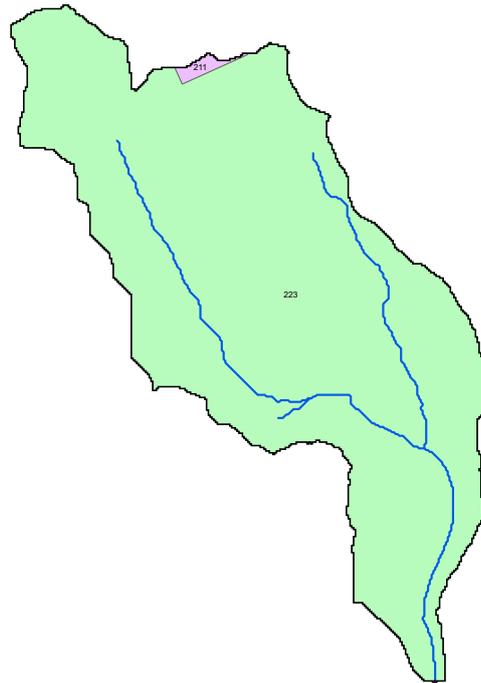


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

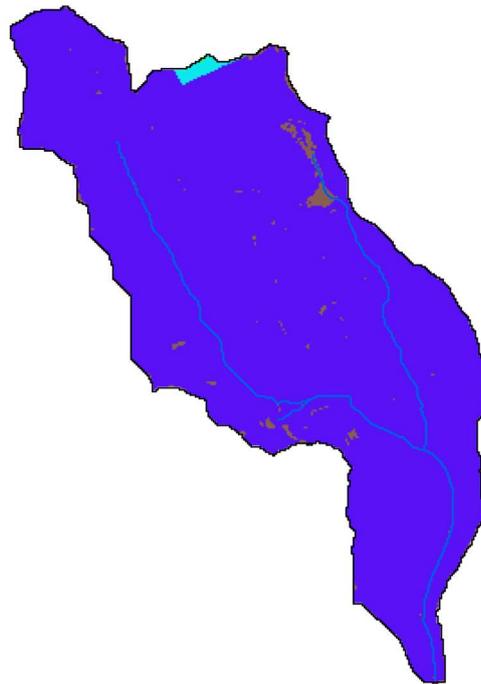




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

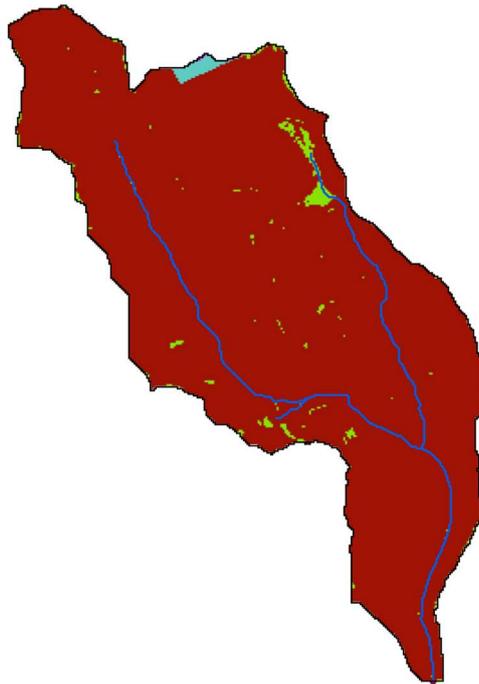


El resultado final de las CN es el siguiente:



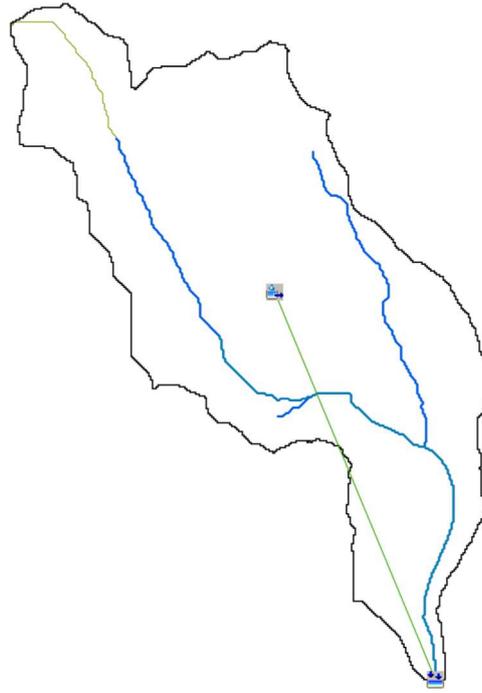


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



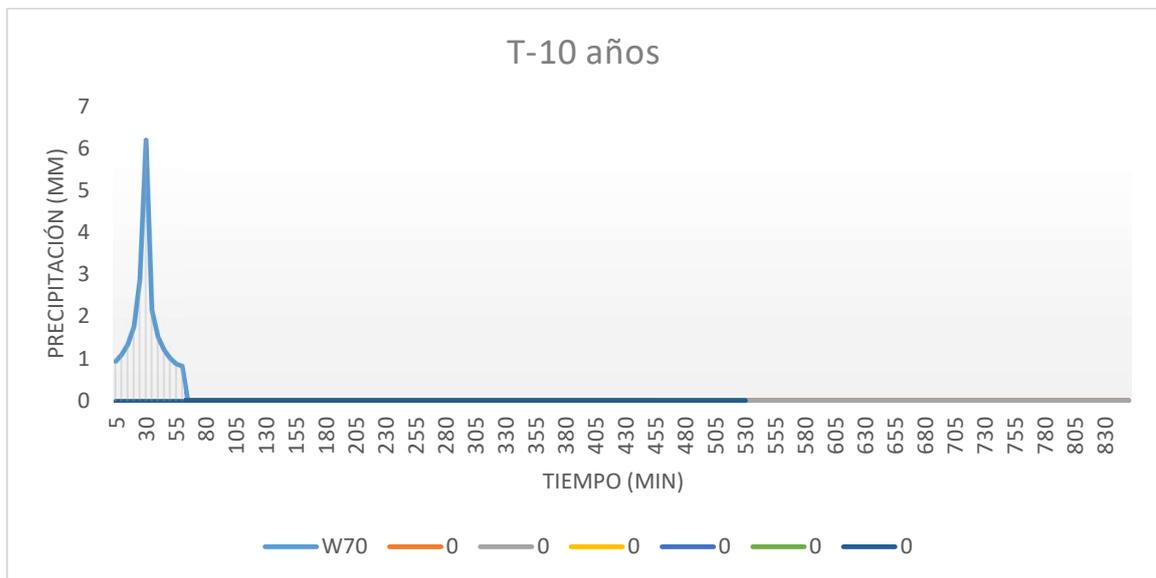
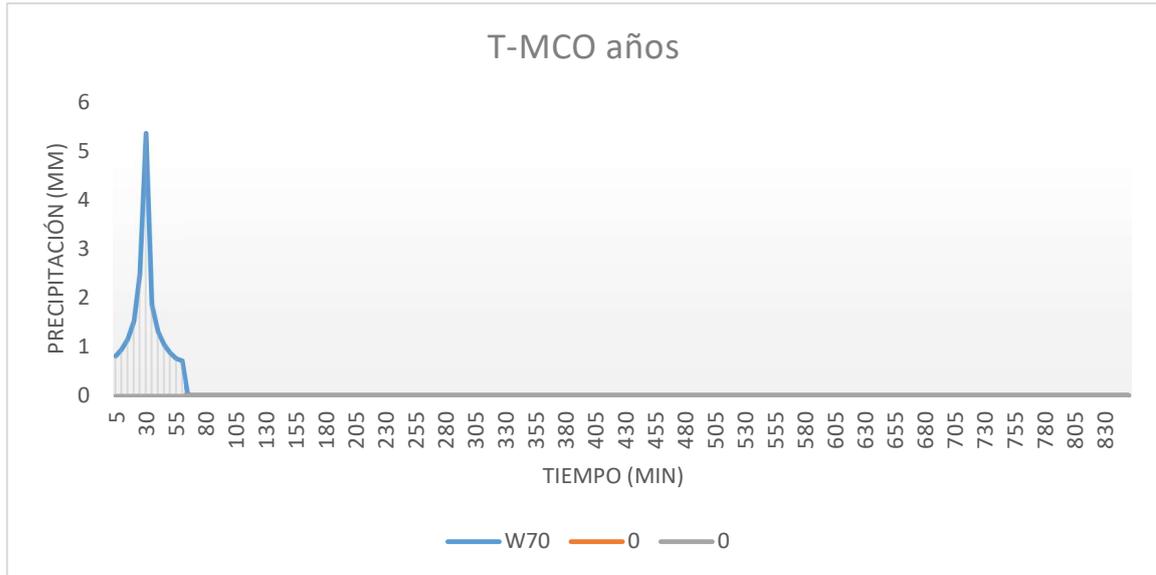
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

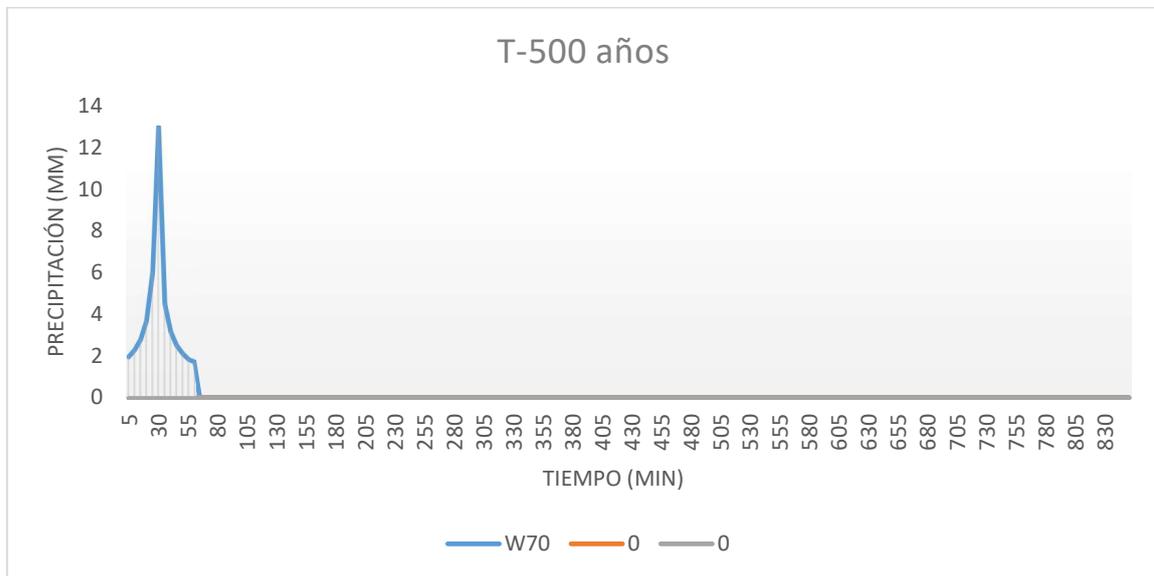
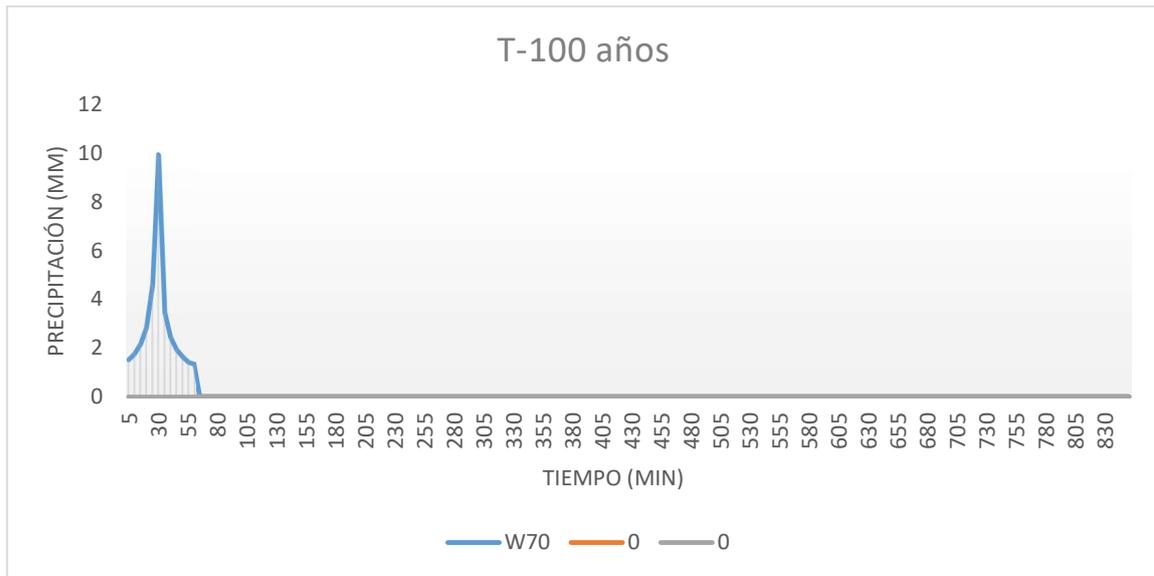
Periodo de Retorno	Subcuenca 1
Precipitación M <sub>co</sub> años (mm)	50.49219
Precipitación 10 años (mm)	58.5681
Precipitación 100 años (mm)	93.76889
Precipitación 500 años (mm)	122.2826





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
Subcuenca 1	65.95898	26.07254

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
Subcuenca 1	0.42	0.44	0.54	0.61



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W70
Municipio	Pinos Punte
Provincia	Granada
Coordenada X UTM (m)	429002
Coordenada Y UTM (m)	4125050
Superficie Cuenca (Km2)	1.102025
Longitud Máxima (Km)	2.693503
Pendiente Cuenca (%)	0.094194
Factor Regional	9
Coficiente Corrector P0 para TMco	1.827
Coficiente Corrector P0 para T10	2.1
Coficiente Corrector P0 para T100	2.898
Coficiente Corrector P0 para T500	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5
Coficiente de Variación MAXPLU	0.3961766
Coficiente de variación para la zona	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	26.07254
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	47.63452
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	54.75232
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	75.5582
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	85.41362
Tiempo de Concentración (min)	59.87553
Tlag (min)	20.95643
Factor Reductor de Lluvia Diaria	0.9971873
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	39.35043
Coficiente de Uniformidad	1.066505
Factor de intensidad	9.010389
Coficiente Muskingum K (Hr)	0.5987553
Coficiente Muskingum X	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	6.077366
Sub-reaches mayor que	5.119226
Numero de Curva CN para SCS	65.95898
Coficiente de Escorrentía TMco	0.4
Coficiente de Escorrentía T10	0.42
Coficiente de Escorrentía T100	0.53
Coficiente de Escorrentía T500	0.6
Caudal Método Racional TMco	2.468569
Caudal Método Racional T10	3.006571
Caudal Método Racional T100	6.074291
Caudal Método Racional T500	8.967613
Precipitación de los TMco	50.49219
Precipitación de los T10	58.5681
Precipitación de los T100	93.76889
Precipitación de los T500	122.2826
Intensidad de los TMco	2.097924
Intensidad de los T10	2.433474
Intensidad de los T100	3.896048
Intensidad de los T500	5.080776



**Caudales de cálculo**

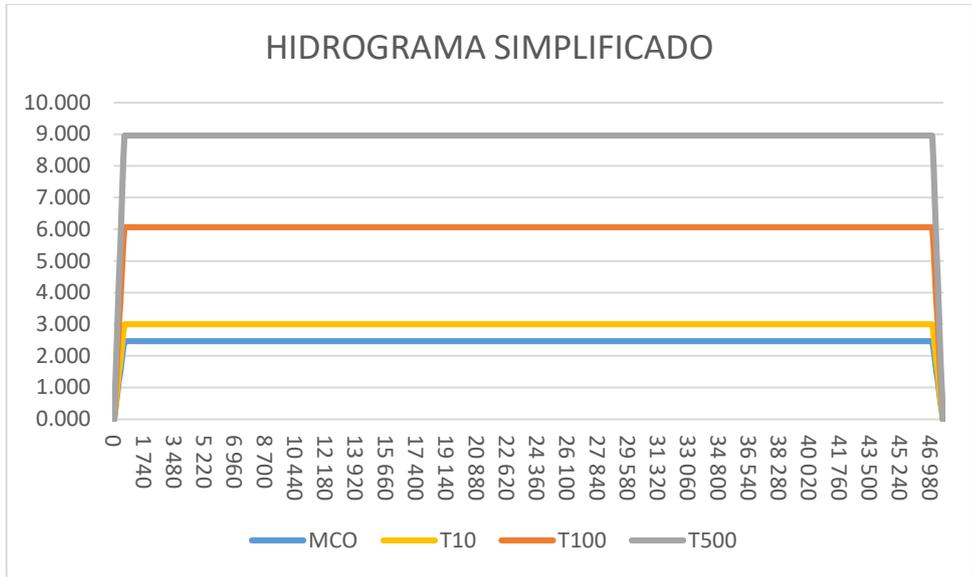
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T,t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3.6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W70	2.469	3.007	6.074	8.968
<b>TOTAL</b>	<b>2.469</b>	<b>3.007</b>	<b>6.074</b>	<b>8.968</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundaría en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ARROYO COSCOJAR**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1026\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

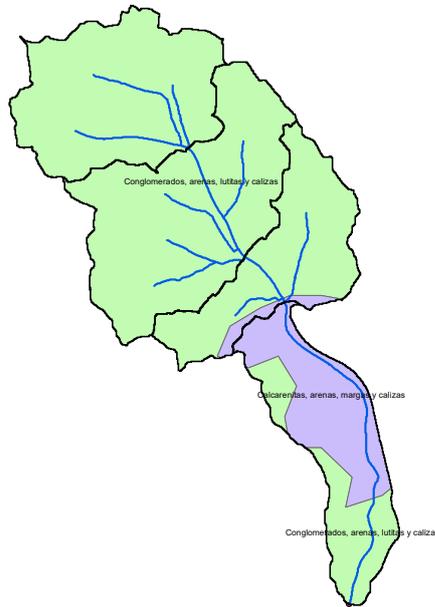
Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



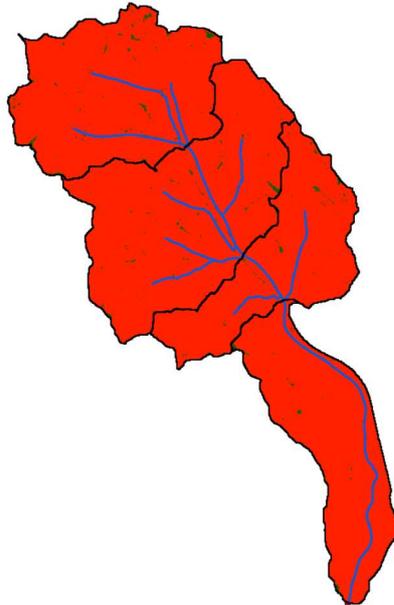
### Estudio preliminar de CN y $P_0$

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

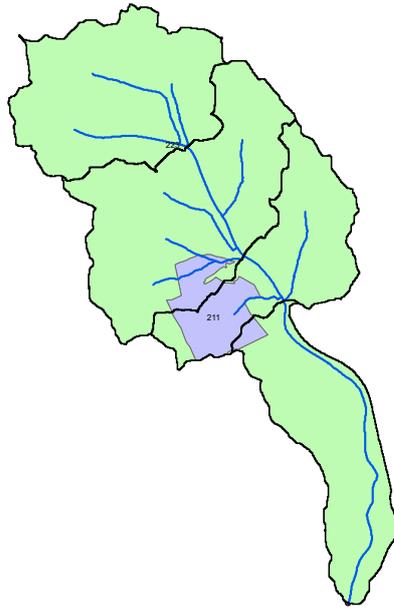


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

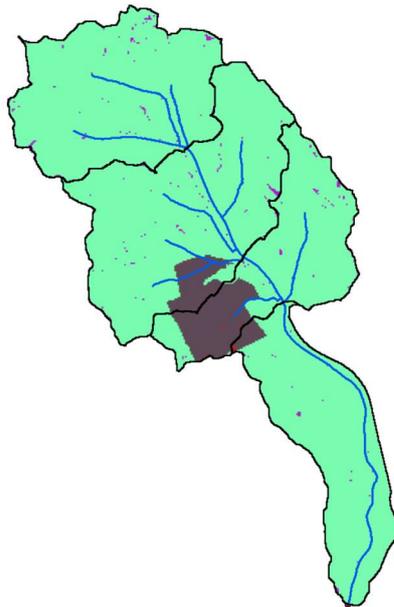




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

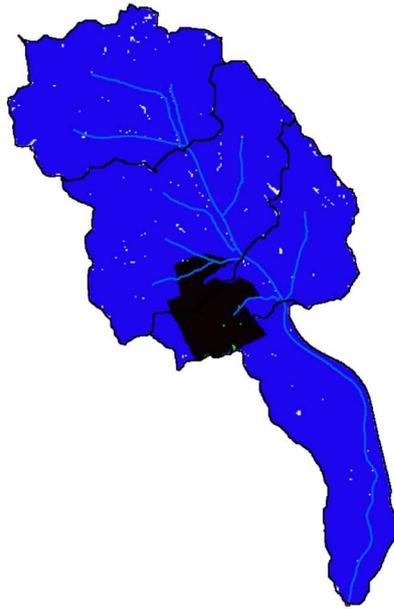


El resultado final de las CN es el siguiente:



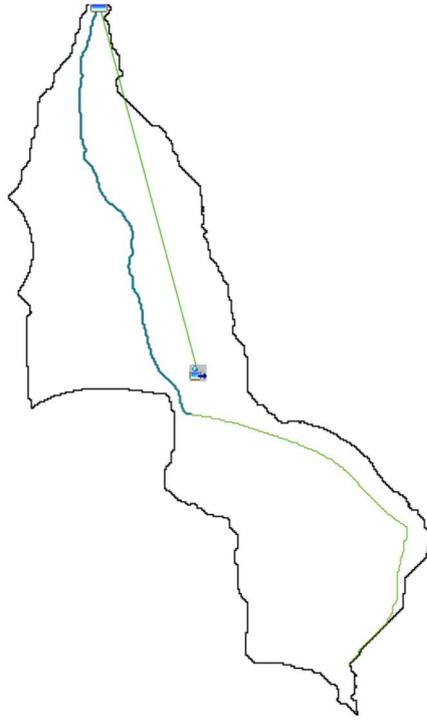


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



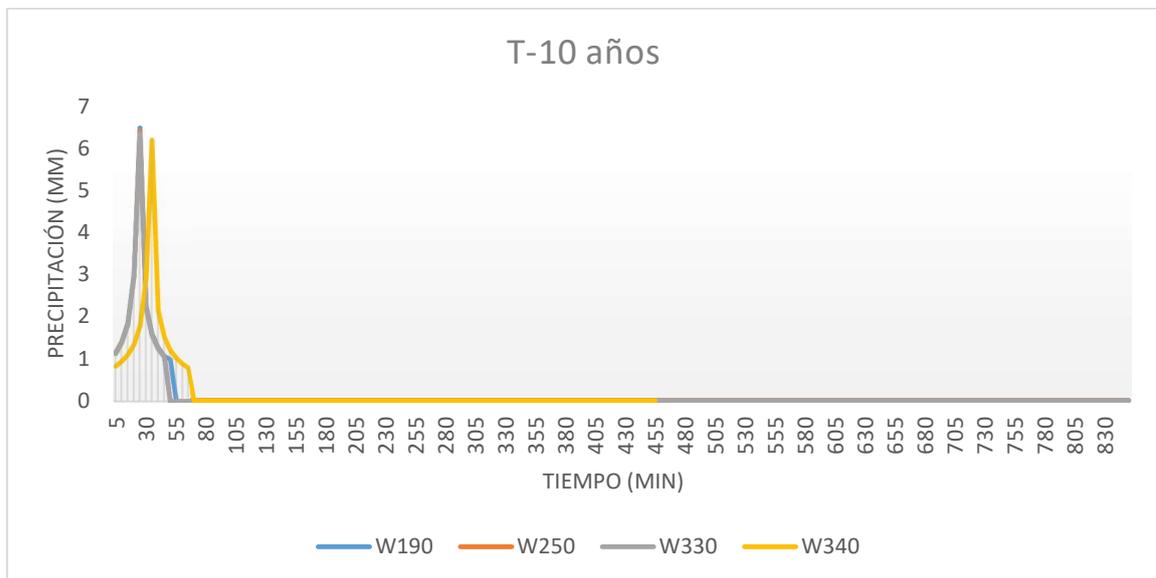
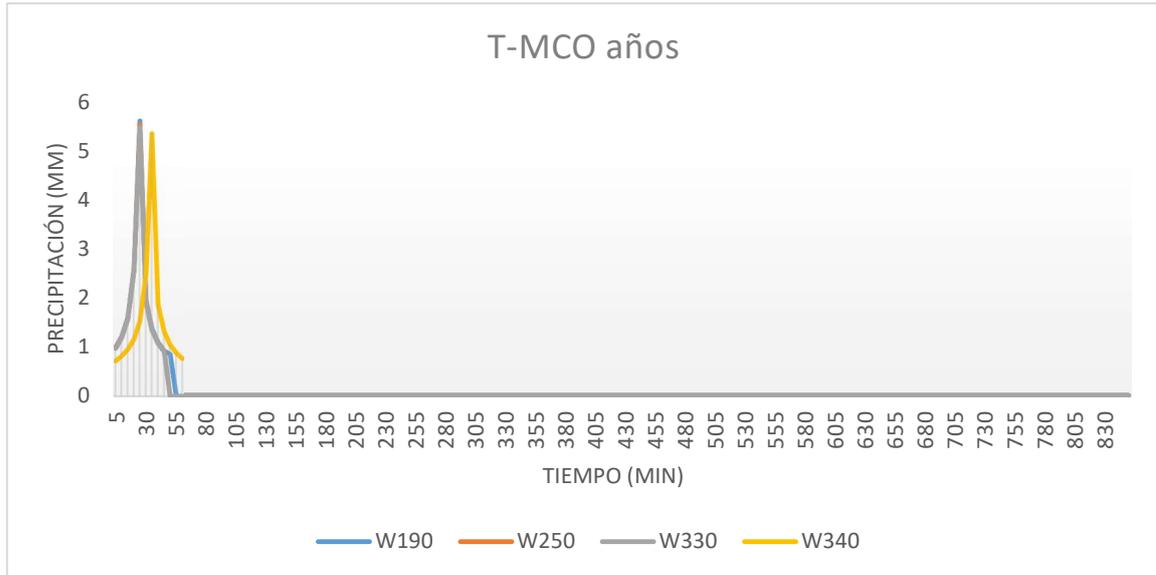
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

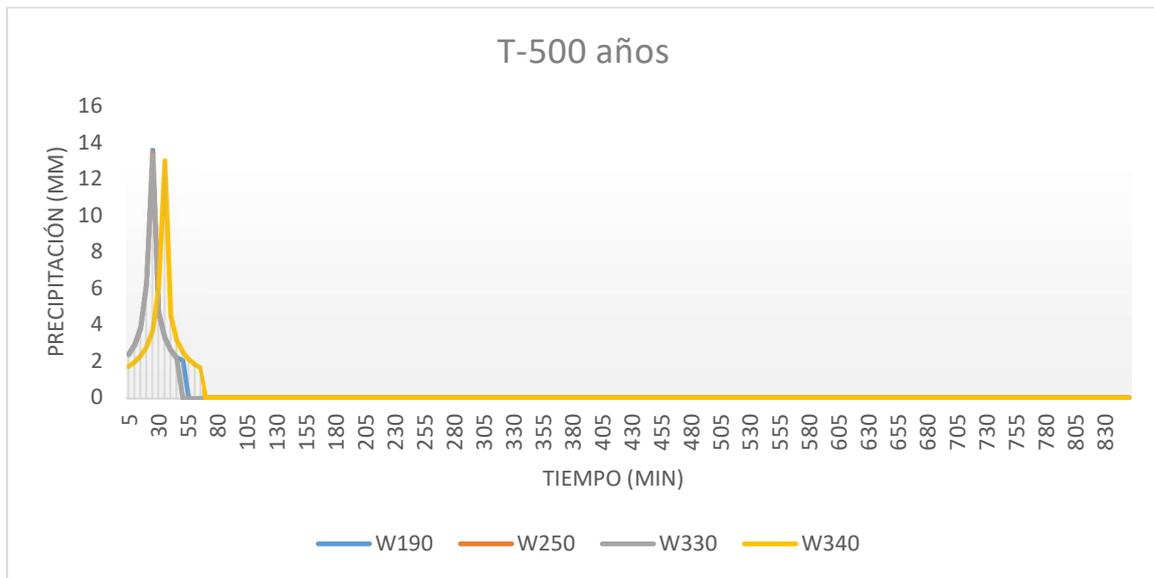
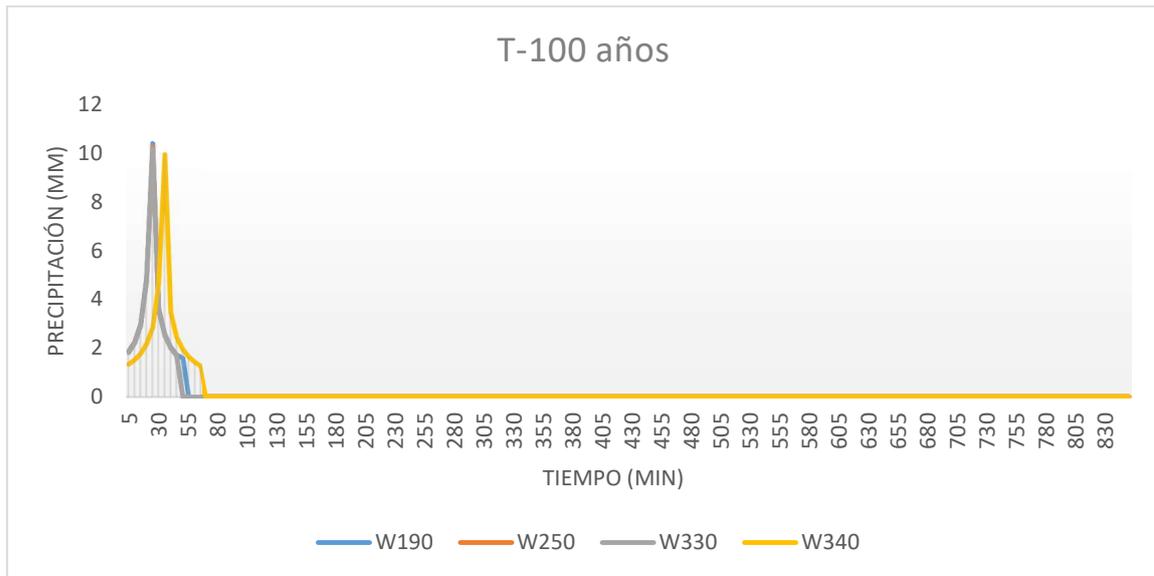
Periodo de Retorno	Subcuenca 1	Subcuenca 2	Subcuenca 3	Subcuenca 4
Precipitación $M_{CO}$ años (mm)	52.88578	52.15767	51.6362	50.47152
Precipitación 10 años (mm)	61.33764	60.49412	59.90562	58.54757
Precipitación 100 años (mm)	98.17017	96.82446	95.95323	93.7504
Precipitación 500 años (mm)	128.0027	126.2508	125.1562	122.2671





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
Subcuenca 1	65.9228	26.10294
Subcuenca 2	66.64848	25.37019
Subcuenca 3	68.249	23.769
Subcuenca 4	66.256	25.752



Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:

### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
Subcuenca 1	0.38	0.41	0.51	0.60
Subcuenca 2	0.38	0.41	0.51	0.60
Subcuenca 3	0.38	0.41	0.51	0.60
Subcuenca 4	0.42	0.44	0.54	0.61



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W190	W250	W330	W340
Municipio	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte
Provincia	Granada	Granada	Granada	Granada
Coordenada X UTM (m)	428212	428667	429254	429593
Coordenada Y UTM (m)	4127451	4126694	4126360	4125144
Superficie Cuenca (Km2)	1.158975	1.44025	0.81515	0.913175
Longitud Máxima (Km)	1.592003	1.579074	1.416972	2.6393
Pendiente Cuenca (%)	0.049431	0.057592	0.059422	0.072249
Factor Regional	9	9	9	9
Coefficiente Corrector P0 para TMco	1.827	1.827	1.827	1.827
Coefficiente Corrector P0 para T10	2.1	2.1	2.1	2.1
Coefficiente Corrector P0 para T100	2.898	2.898	2.898	2.898
Coefficiente Corrector P0 para T500	3.276	3.276	3.276	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5	5	5	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5	5	5	5
Coefficiente de Variación MAXPLU	0.3957498	0.3958121	0.3967489	0.3963709
Coefficiente de variación para la zona	1.12	1.12	1.12	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6	5.6	5.6	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	26.10294	25.37019	23.7686	25.75242
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	47.69006	46.35134	43.42523	47.04966
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	54.81616	53.2774	49.91405	54.08007
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	75.6463	73.52281	68.88139	74.6305
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	85.51321	83.11274	77.86592	84.36491
Tiempo de Concentración (min)	45.38266	43.81164	40.11042	62.00488
Tlag (min)	15.88393	15.33407	14.03865	21.70171
Factor Reductor de Lluvia Diaria	0.9957284	0.9894375	1	1
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	41.22515	40.65614	40.23051	39.33058
Coefficiente de Uniformidad	1.047968	1.045996	1.04139	1.069269
Factor de intensidad	10.48781	10.68901	11.20689	8.836866
Coefficiente Muskingum K (Hr)	0.4538266	0.4381164	0.4011042	0.6200488
Coefficiente Muskingum X	0.2	0.2	0.2	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	4.60634	4.446882	4.071207	6.293496
Sub-reaches mayor que	5.030244	5.020781	4.998672	5.132492
Numero de Curva CN para SCS	65.9228	66.64848	68.24882	66.25558
Coefficiente de Escorrentía TMco	0.38	0.38	0.38	0.42
Coefficiente de Escorrentía T10	0.41	0.41	0.41	0.44
Coefficiente de Escorrentía T100	0.51	0.51	0.51	0.54
Coefficiente de Escorrentía T500	0.6	0.6	0.6	0.61
Caudal Método Racional TMco	2.950234	3.654952	2.16053	2.117002
Caudal Método Racional T10	3.691857	4.573797	2.704418	2.572688
Caudal Método Racional T100	7.349936	9.106156	5.388305	5.05583
Caudal Método Racional T500	11.27468	13.969	8.268487	7.448435
Precipitación de los TMco	52.88578	52.15767	51.6362	50.47152
Precipitación de los T10	61.33764	60.49412	59.90562	58.54757
Precipitación de los T100	98.17017	96.82446	95.95323	93.7504
Precipitación de los T500	128.0027	126.2508	125.1562	122.2671
Intensidad de los TMco	2.194161	2.150281	2.151508	2.10298
Intensidad de los T10	2.544818	2.493964	2.496068	2.439482
Intensidad de los T100	4.072951	3.991739	3.998051	3.906266
Intensidad de los T500	5.310662	5.204885	5.214842	5.094463



### Caudales de cálculo

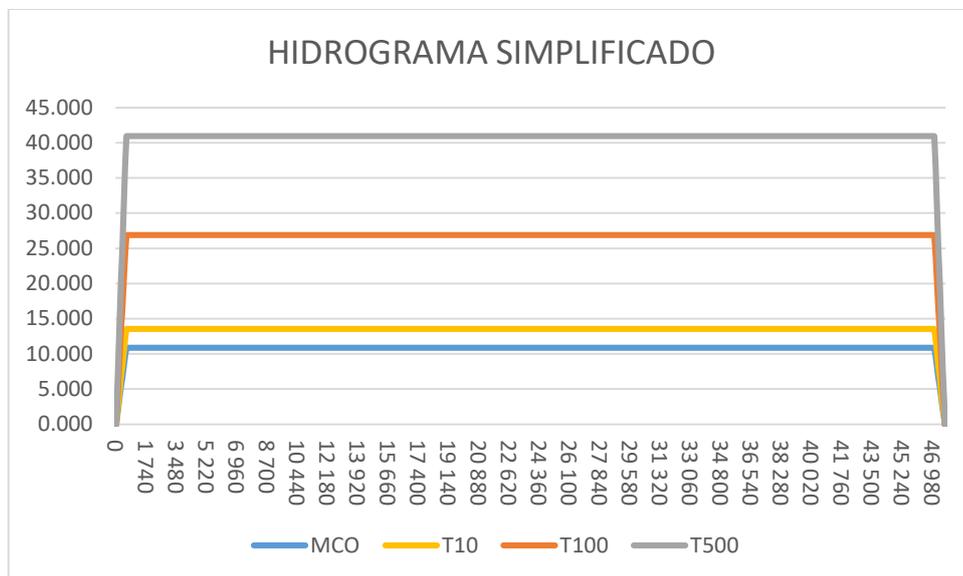
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m<sup>3</sup>/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3.6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W190	2.950	3.692	7.350	11.275
W250	3.655	4.574	9.106	13.969
W330	2.161	2.704	5.388	8.268
W340	2.117	2.573	5.056	7.448
<b>TOTAL</b>	<b>10.883</b>	<b>13.543</b>	<b>26.900</b>	<b>40.961</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE LOS CERRAJONES**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1026\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



### MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS



### FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES

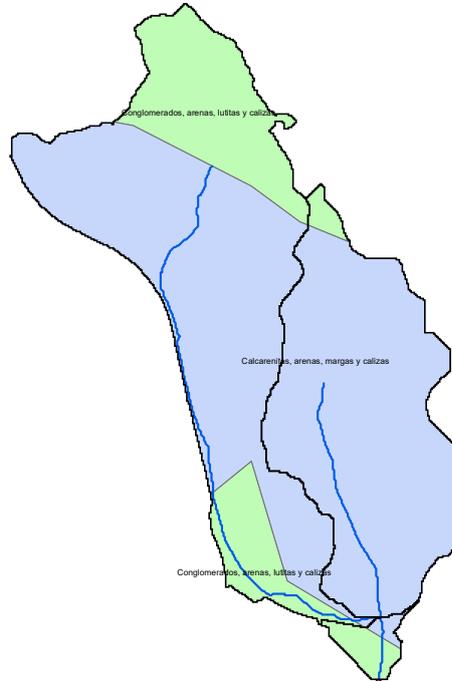
Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



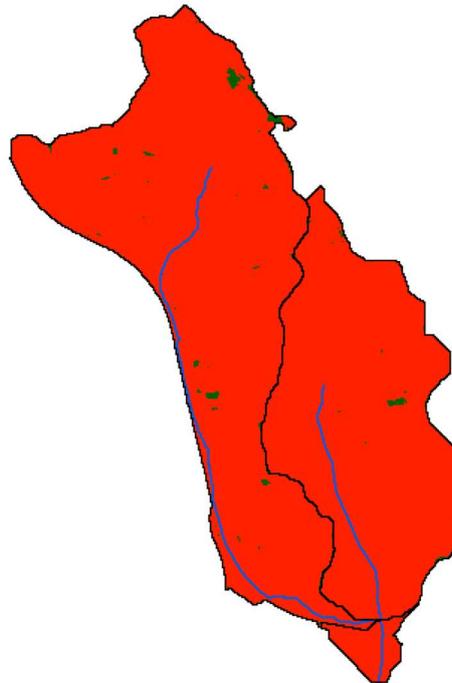
### Estudio preliminar de CN y $P_0$

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

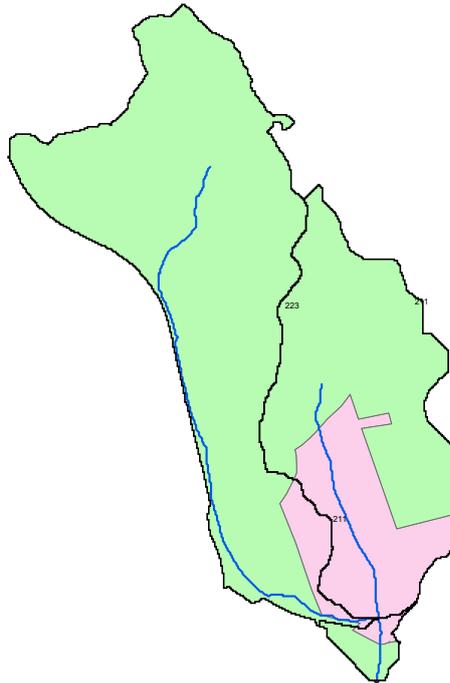


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

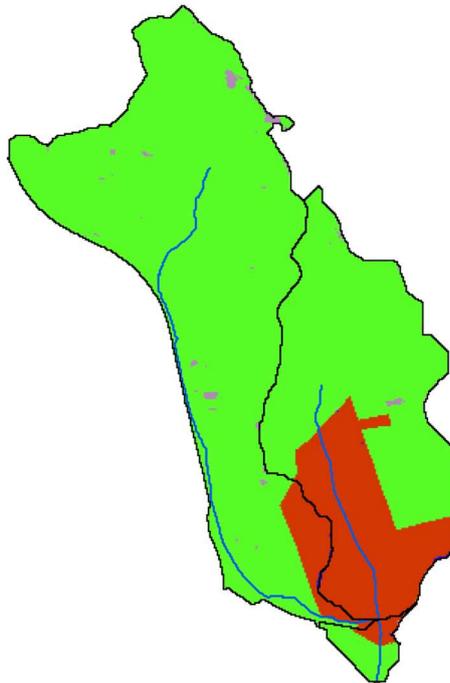




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

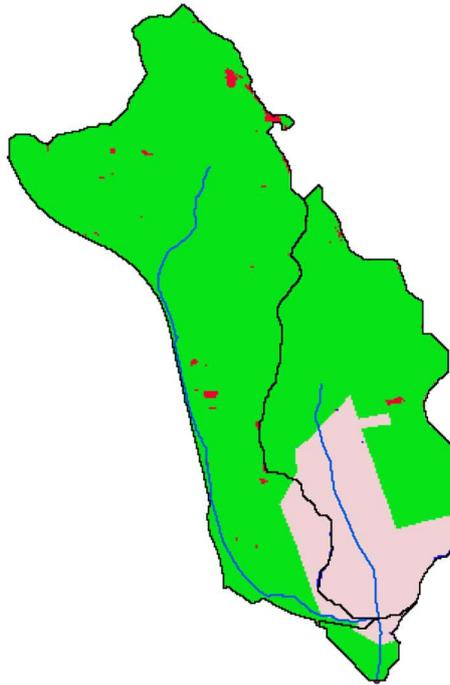


El resultado final de las CN es el siguiente:



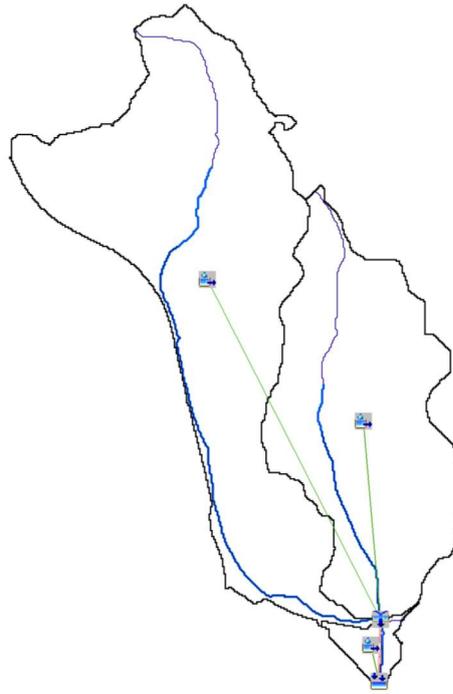


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



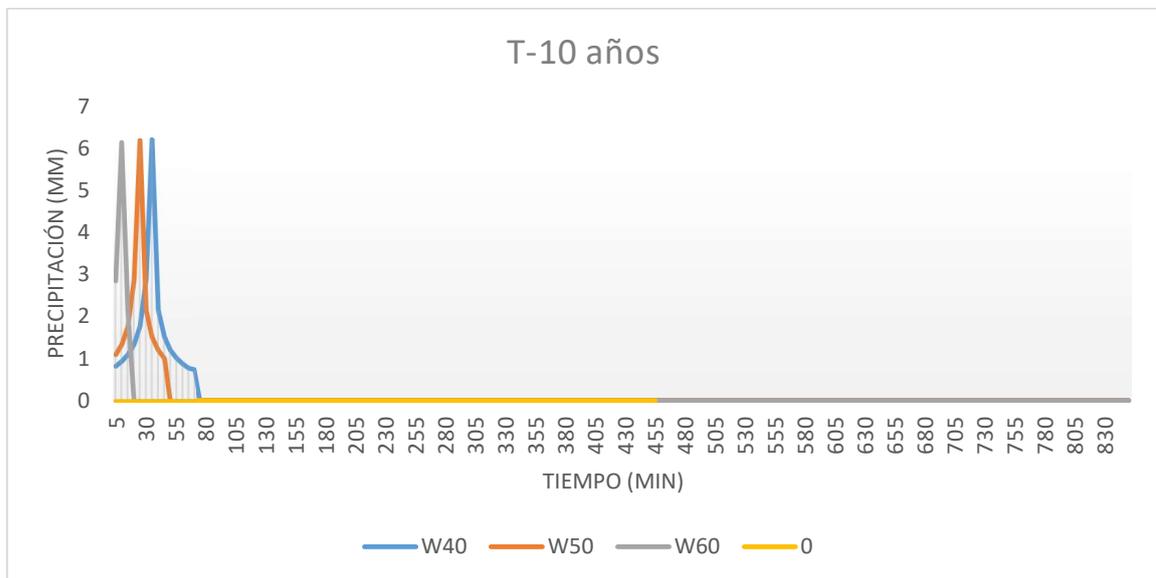
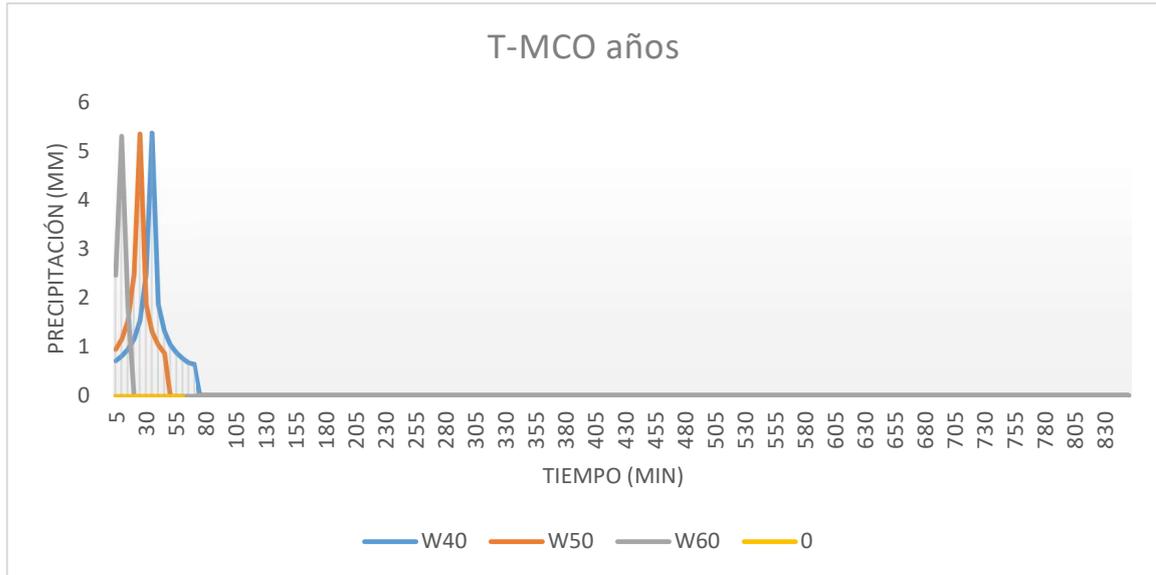
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

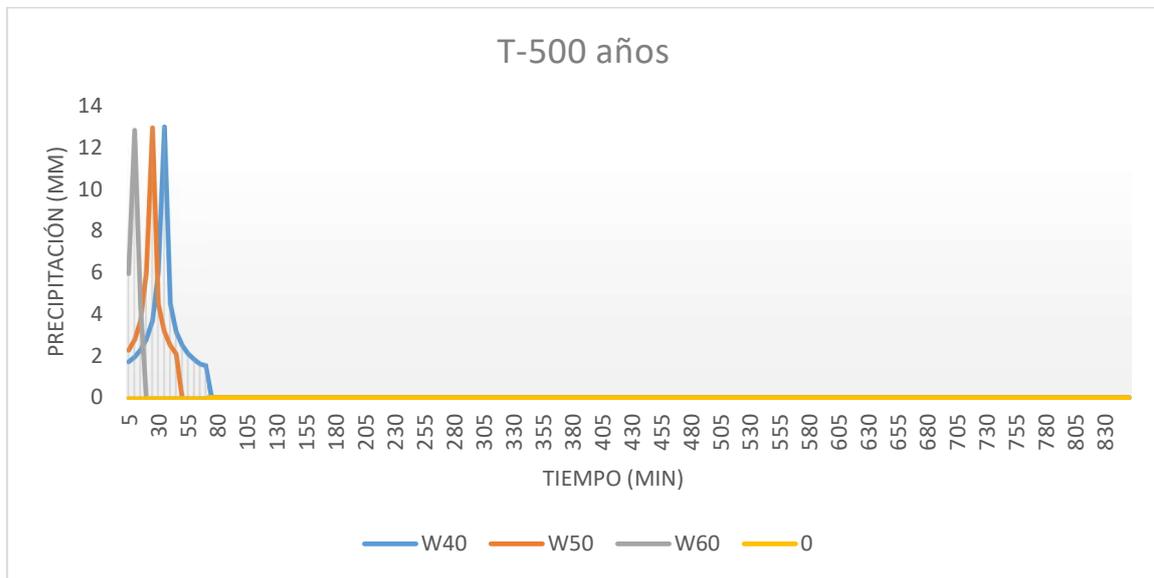
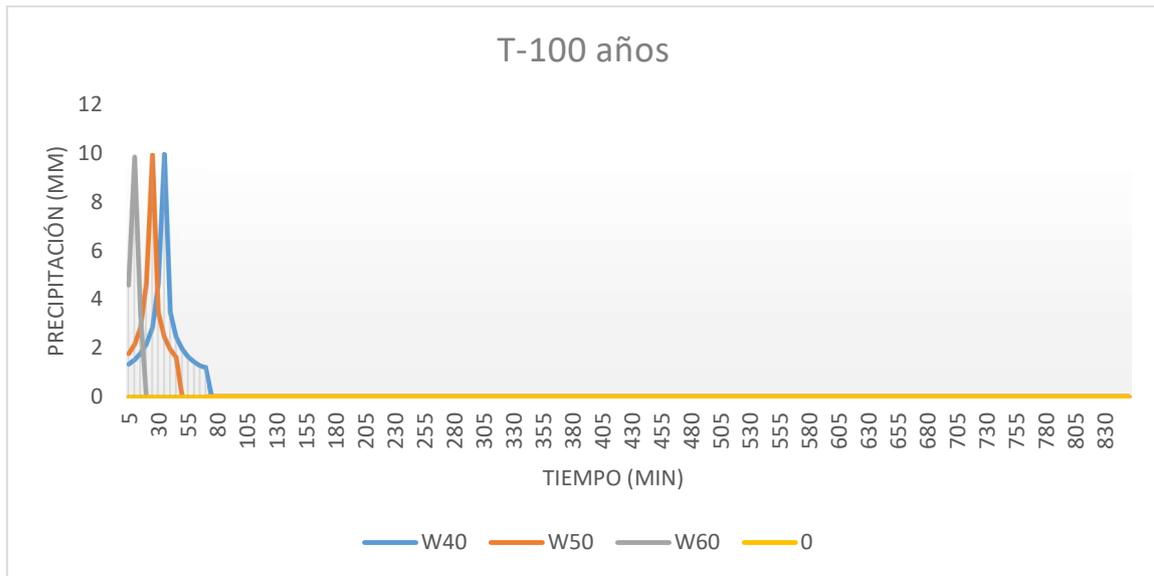
Periodo de Retorno	Subcuenca 1	Subcuenca 2	Subcuenca 3
Precipitación $M_{CO}$ años (mm)	50.58297	50.36684	49.94426
Precipitación 10 años (mm)	58.6813	58.43248	57.94093
Precipitación 100 años (mm)	93.98174	93.59196	92.79621
Precipitación 500 años (mm)	122.5785	122.0756	121.033





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
Subcuenca 1	66.42894	25.59397
Subcuenca 2	69.63366	22.37476
Subcuenca 3	68.934	23.070



Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:

### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
Subcuenca 1	0.38	0.41	0.51	0.60
Subcuenca 2	0.42	0.44	0.54	0.61
Subcuenca 3	0.42	0.44	0.54	0.61



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W40	W50	W60
Municipio	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte
Provincia	Granada	Granada	Granada
Coordenada X UTM (m)	429998	430523	430542
Coordenada Y UTM (m)	4125572	4125103	4124341
Superficie Cuenca (Km2)	0.909325	0.592075	0.034725
Longitud Máxima (Km)	2.7918	1.637683	0.3502082
Pendiente Cuenca (%)	0.068531	0.095446	0.11066
Factor Regional	9	9	9
Coefficiente Corrector P0 para TMco	1.827	1.827	1.827
Coefficiente Corrector P0 para T10	2.1	2.1	2.1
Coefficiente Corrector P0 para T100	2.898	2.898	2.898
Coefficiente Corrector P0 para T500	3.276	3.276	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5	5	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5	5	5
Coefficiente de Variación MAXPLU	0.3966075	0.3967255	0.3966178
Coefficiente de variación para la zona	1.12	1.12	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6	5.6	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	25.59397	22.37476	23.06984
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	46.76019	40.87869	42.1486
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	53.74734	46.987	48.44666
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	74.17133	64.84206	66.8564
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	83.84585	73.29972	75.5768
Tiempo de Concentración (min)	65.3621	40.91977	12.31976
Tlag (min)	22.87674	14.32192	4.311916
Factor Reductor de Lluvia Diaria	1	1	1
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	39.41274	39.242	38.91508
Coefficiente de Uniformidad	1.073641	1.042392	1.009776
Factor de intensidad	8.580234	11.08793	20.30247
Coefficiente Muskingum K (Hr)	0.653621	0.4091977	0.1231976
Coefficiente Muskingum X	0.2	0.2	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	6.634253	4.153357	1.250456
Sub-reaches mayor que	5.153477	5.003483	4.846926
Numero de Curva CN para SCS	66.42894	69.63366	68.93439
Coefficiente de Escorrentía TMco	0.38	0.42	0.42
Coefficiente de Escorrentía T10	0.41	0.44	0.44
Coefficiente de Escorrentía T100	0.51	0.54	0.54
Coefficiente de Escorrentía T500	0.6	0.61	0.61
Caudal Método Racional TMco	1.863595	1.675477	0.1728373
Caudal Método Racional T10	2.332637	2.036345	0.2100587
Caudal Método Racional T100	4.647049	4.002919	0.4128825
Caudal Método Racional T500	7.130649	5.897978	0.6083259
Precipitación de los TMco	50.58297	50.36684	49.94426
Precipitación de los T10	58.6813	58.43248	57.94093
Precipitación de los T100	93.98174	93.59196	92.79621
Precipitación de los T500	122.5785	122.0756	121.033
Intensidad de los TMco	2.107624	2.098618	2.081011
Intensidad de los T10	2.445054	2.434687	2.414205
Intensidad de los T100	3.915906	3.899665	3.866509
Intensidad de los T500	5.107436	5.086483	5.043044



### Caudales de cálculo

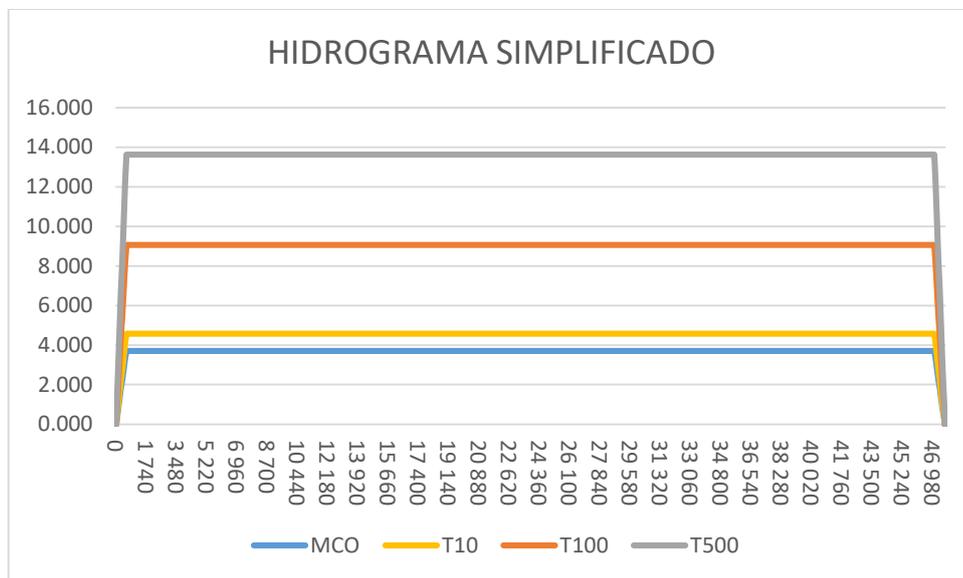
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m<sup>3</sup>/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3.6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W40	1.864	2.333	4.647	7.131
W50	1.675	2.036	4.003	5.898
W60	0.173	0.210	0.413	0.608
<b>TOTAL</b>	<b>3.712</b>	<b>4.579</b>	<b>9.063</b>	<b>13.637</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE ENMEDIO**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1026\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

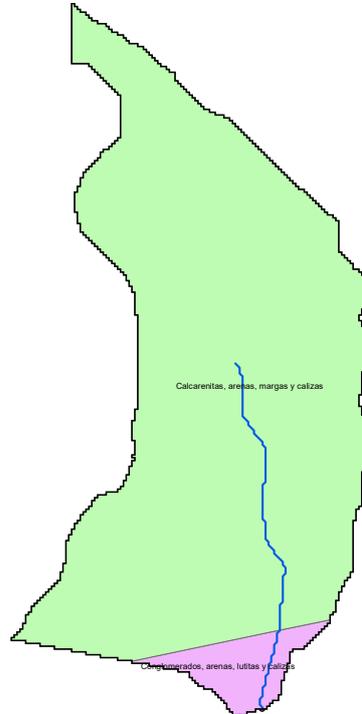
Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



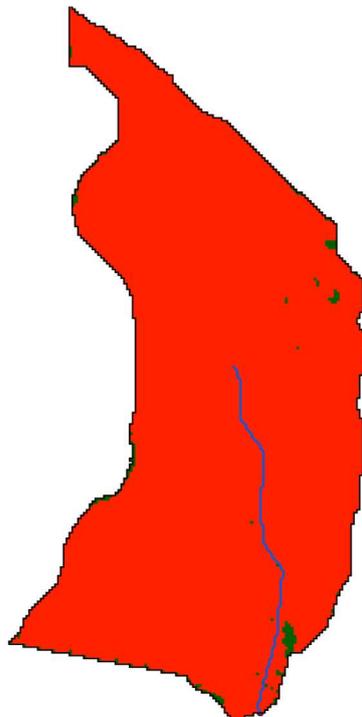
### Estudio preliminar de CN y $P_0$

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

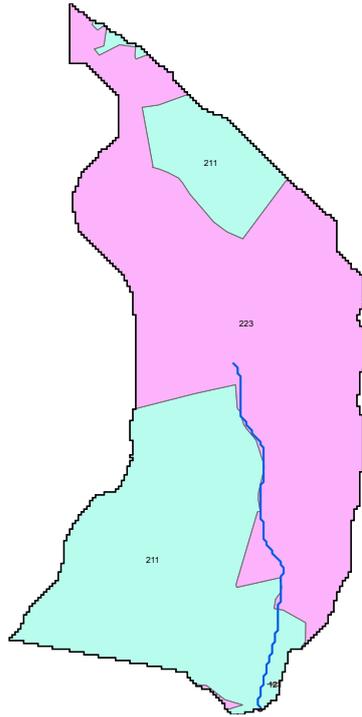


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

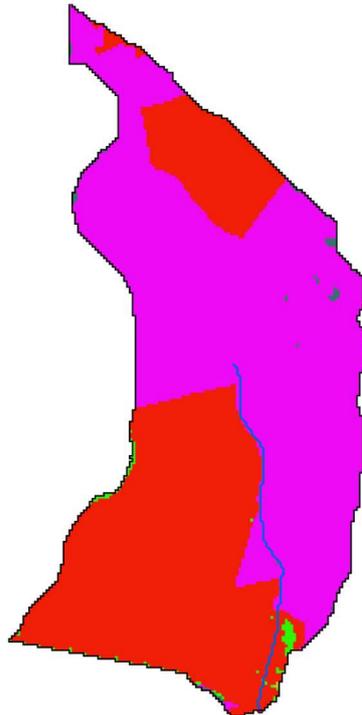




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

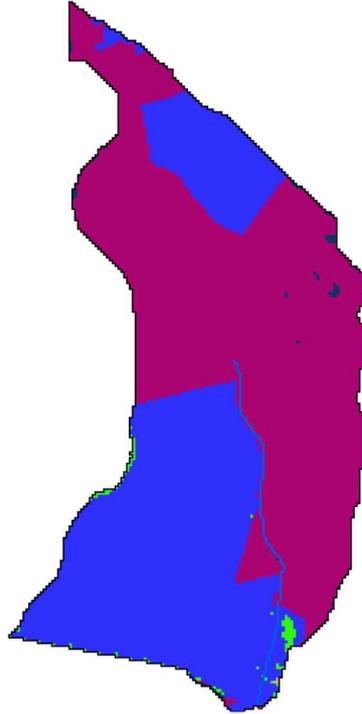


El resultado final de las CN es el siguiente:





Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



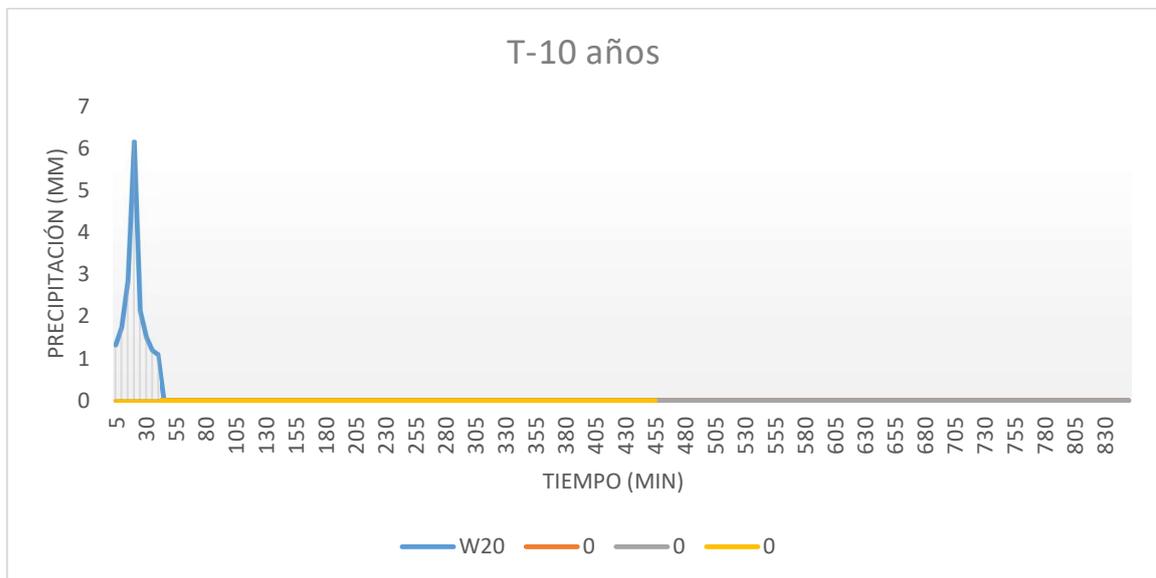
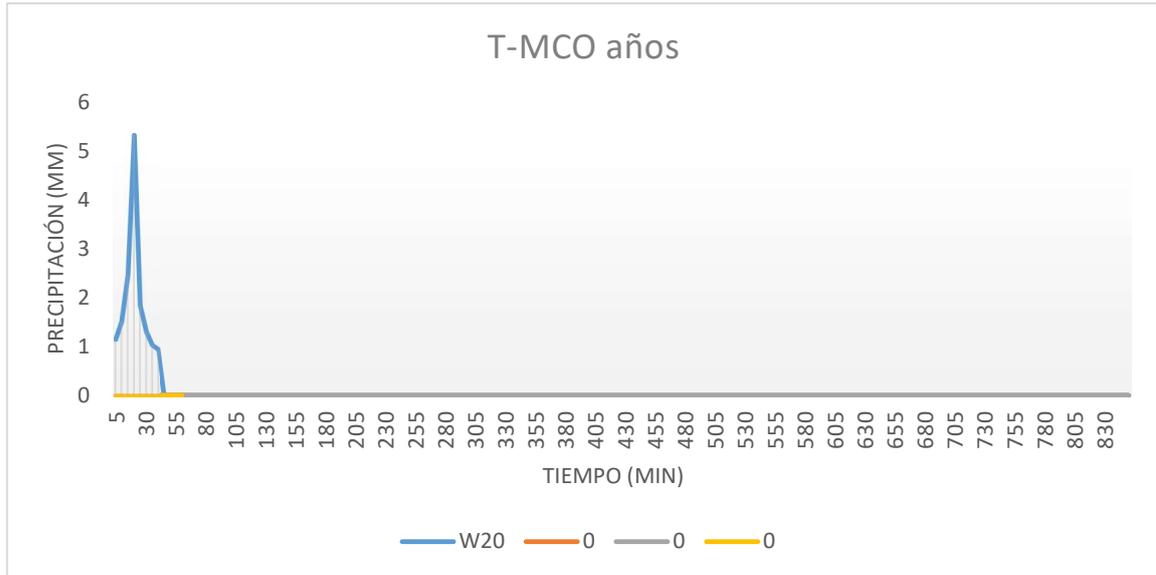
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

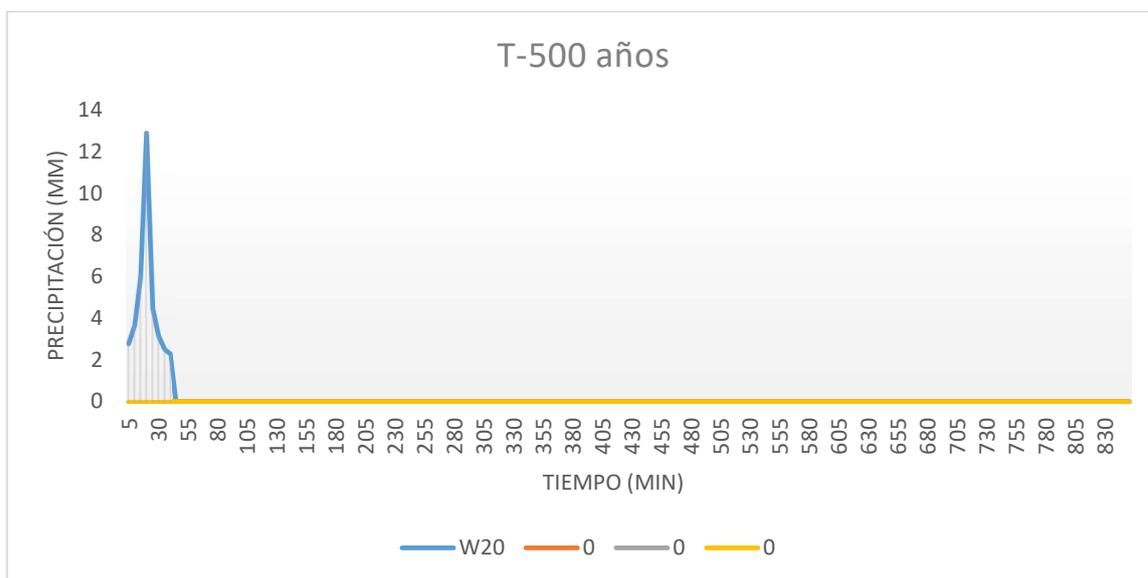
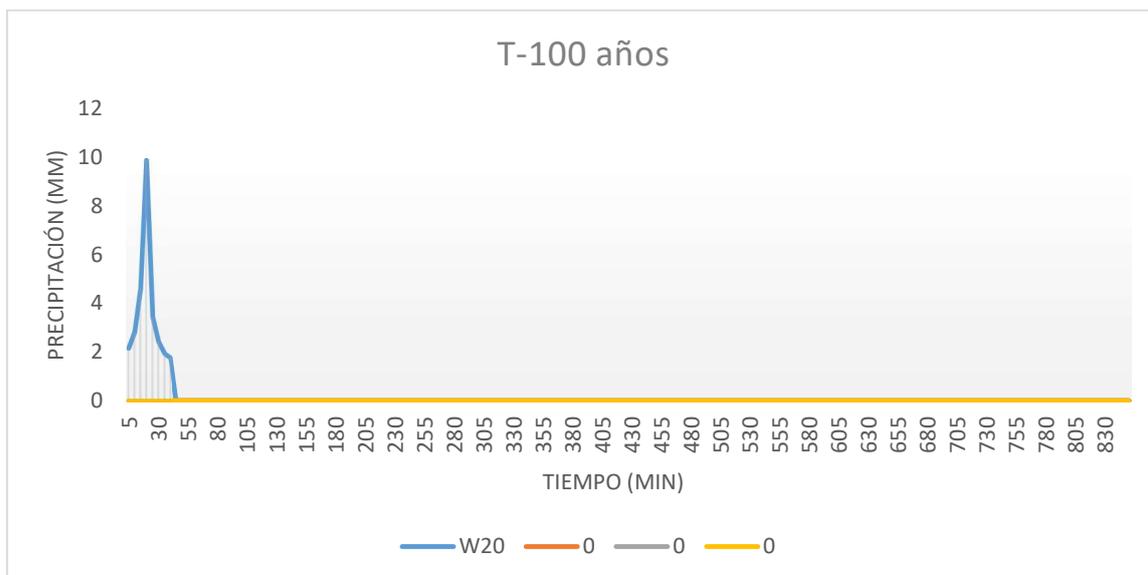
Periodo de Retorno	W20
Precipitación M <sub>co</sub> años (mm)	50.13046
Precipitación 10 años (mm)	58.15915
Precipitación 100 años (mm)	93.15833
Precipitación 500 años (mm)	121.512





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

**Método de cálculo**

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot Tc$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
W20	70.86917	21.13851

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
W20	0.42	0.44	0.54	0.61

**Resultados de cálculo**

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

<i>Nombre del cauce</i>	<i>W20</i>
<i>Municipio</i>	Pinos Punte
<i>Provincia</i>	Granada
<i>Coordenada X UTM (m)</i>	430974
<i>Coordenada Y UTM (m)</i>	4124801
<i>Superficie Cuenca (Km2)</i>	0.42975
<i>Longitud Máxima (Km)</i>	1.418112
<i>Pendiente Cuenca (%)</i>	0.112244
<i>Factor Regional</i>	9
<i>Coefficiente Corrector P0 para TMco</i>	1.827
<i>Coefficiente Corrector P0 para T10</i>	2.1
<i>Coefficiente Corrector P0 para T100</i>	2.898
<i>Coefficiente Corrector P0 para T500</i>	3.276
<i>Incremento de Tiempo (min)</i>	5
<i>Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)</i>	5
<i>Coefficiente de Variación MAXPLU</i>	0.3967851
<i>Coefficiente de variación para la zona</i>	1.12
<i>Periodo para caudal de MCO</i>	5.6
<i>Umbral de Escorrentía Ministerio inicial</i>	21.13851
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO</i>	38.62006
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=10</i>	44.39087
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=100</i>	61.2594
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=500</i>	69.24976
<i>Tiempo de Concentración (min)</i>	35.56653
<i>Tlag (min)</i>	12.44829
<i>Factor Reductor de Lluvia Diaria</i>	1
<i>Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)</i>	39.05644
<i>Coefficiente de Uniformidad</i>	1.035821
<i>Factor de intensidad</i>	11.94497
<i>Coefficiente Muskingum K (Hr)</i>	0.3556653
<i>Coefficiente Muskingum X</i>	0.2
<i>Incremento tiempo en Control menor que</i>	3.610003
<i>Sub-reaches mayor que</i>	4.971942
<i>Numero de Curva CN para SCS</i>	70.86917
<i>Coefficiente de Escorrentía TMco</i>	0.42
<i>Coefficiente de Escorrentía T10</i>	0.44
<i>Coefficiente de Escorrentía T100</i>	0.54
<i>Coefficiente de Escorrentía T500</i>	0.61
<i>Caudal Método Racional TMco</i>	1.295755
<i>Caudal Método Racional T10</i>	1.574862
<i>Caudal Método Racional T100</i>	3.095903
<i>Caudal Método Racional T500</i>	4.56164
<i>Precipitación de los TMco</i>	50.13046
<i>Precipitación de los T10</i>	58.15915
<i>Precipitación de los T100</i>	93.15833
<i>Precipitación de los T500</i>	121.512
<i>Intensidad de los TMco</i>	2.088769
<i>Intensidad de los T10</i>	2.423298
<i>Intensidad de los T100</i>	3.881597
<i>Intensidad de los T500</i>	5.063001



### Caudales de cálculo

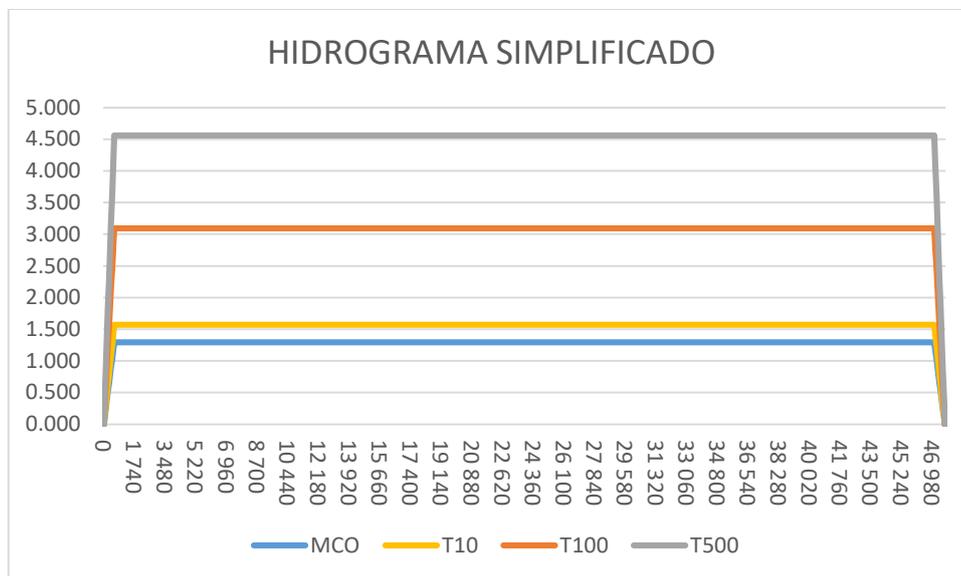
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m<sup>3</sup>/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3.6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W20	1.296	1.575	3.096	4.562
<b>TOTAL</b>	<b>1.296</b>	<b>1.575</b>	<b>3.096</b>	<b>4.562</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DEL LOBO**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



### MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS



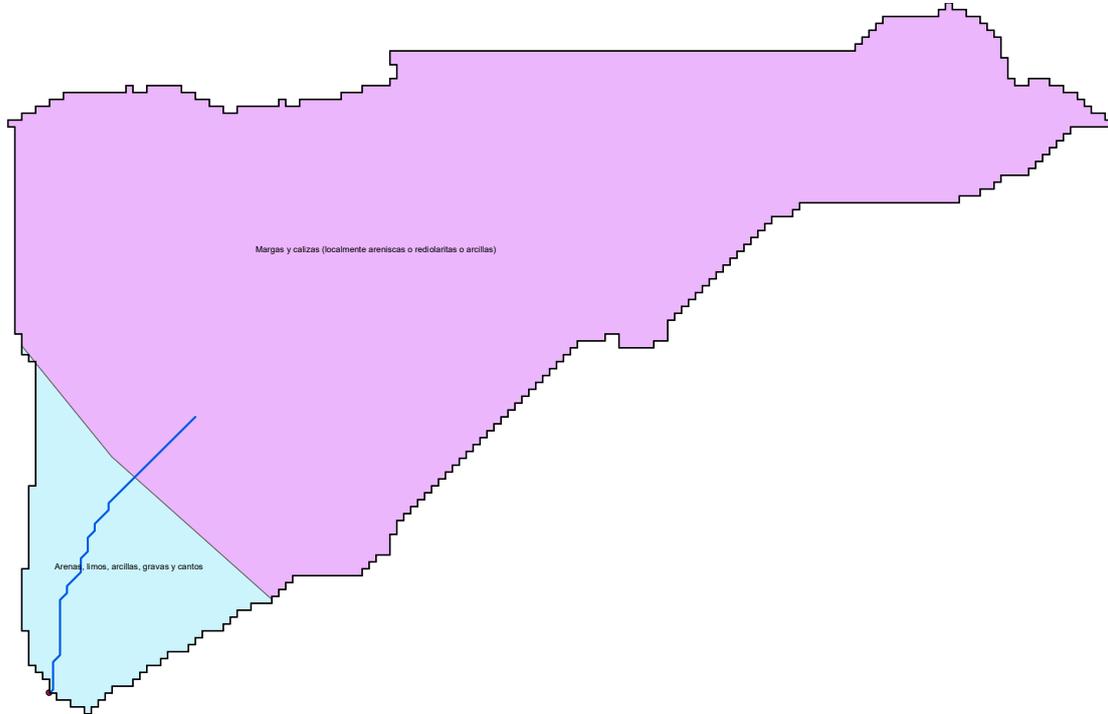
### FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES

Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860

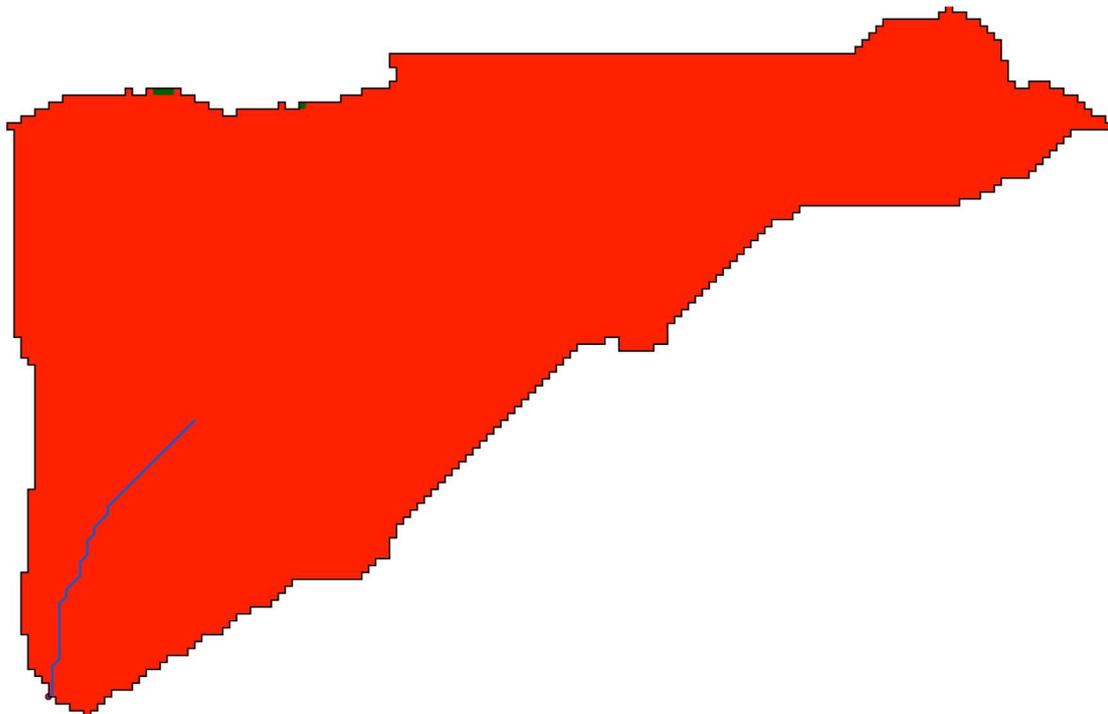
### Estudio preliminar de CN y P<sub>0</sub>

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

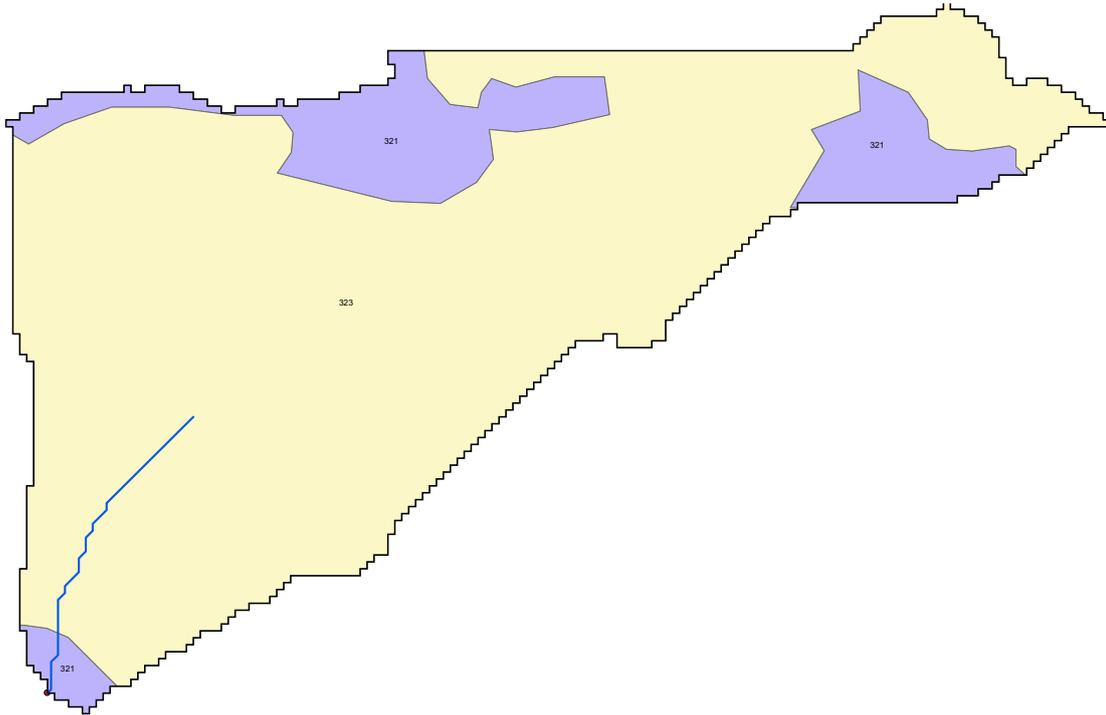


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

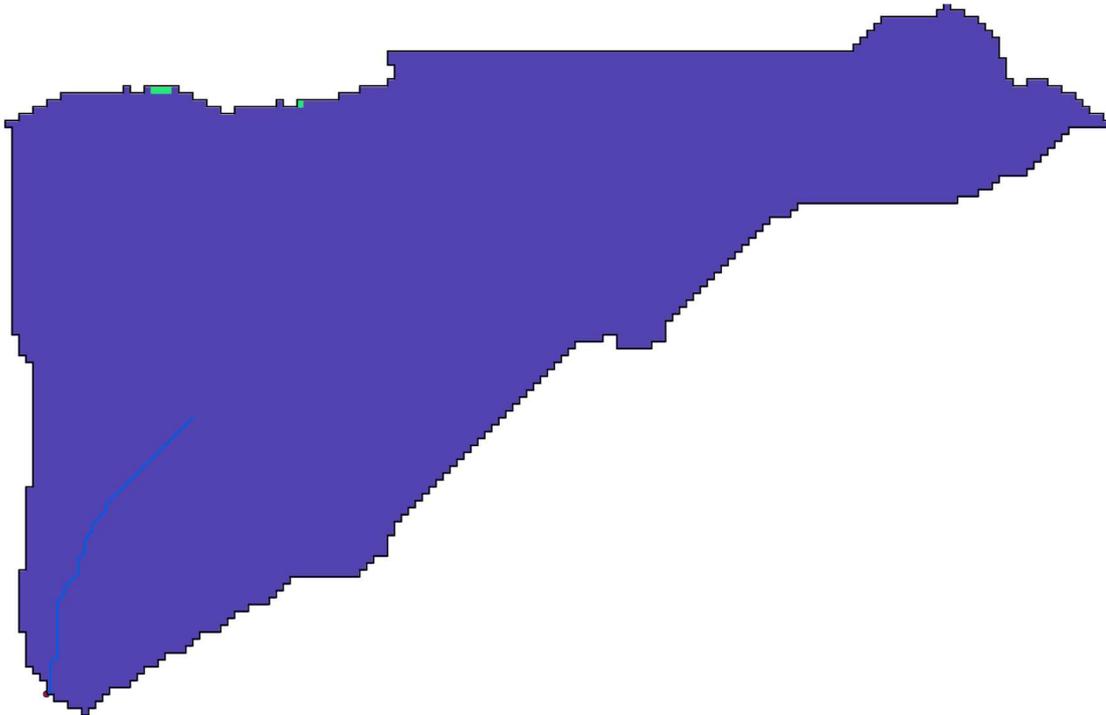




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

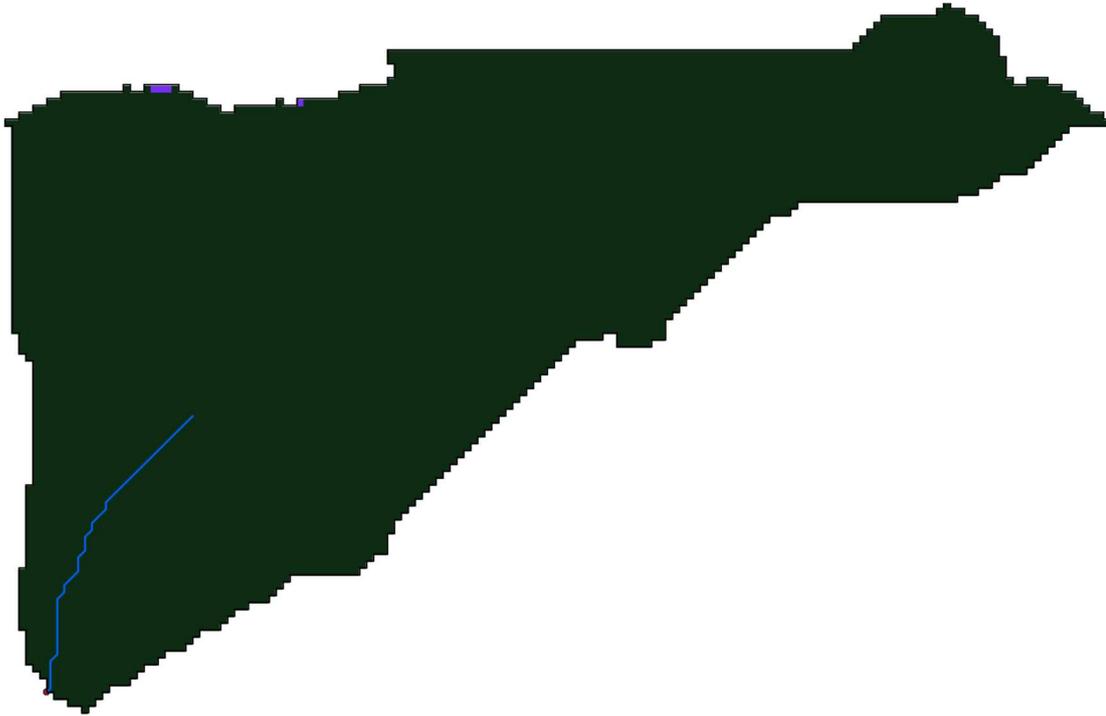


El resultado final de las CN es el siguiente:



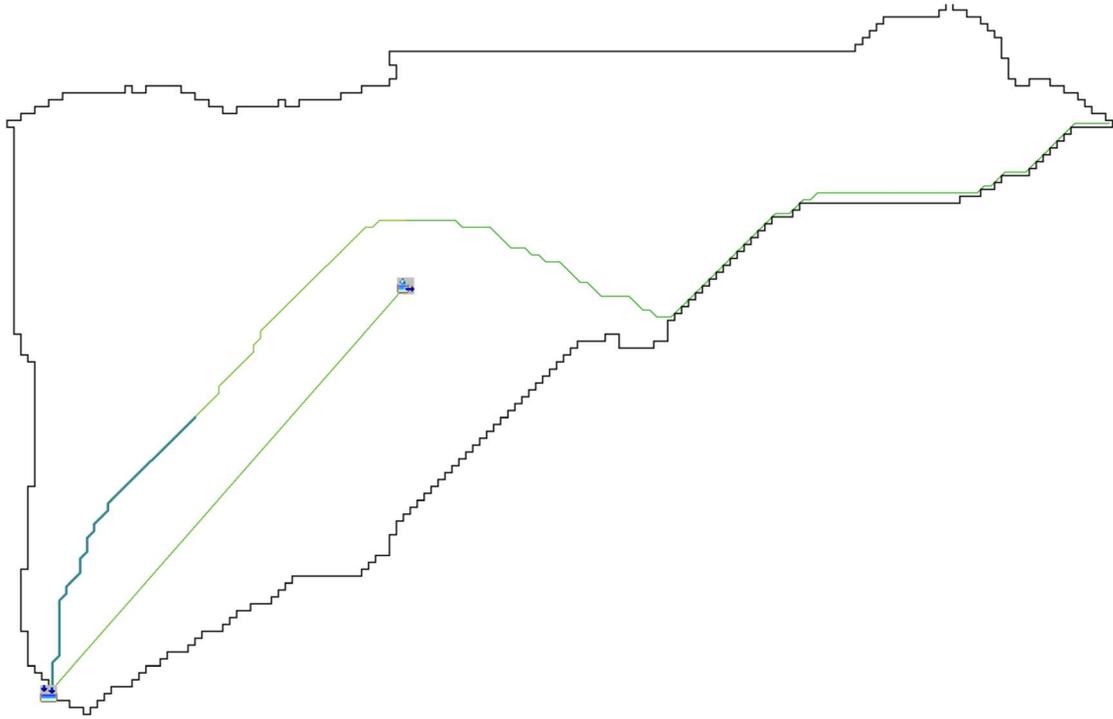


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



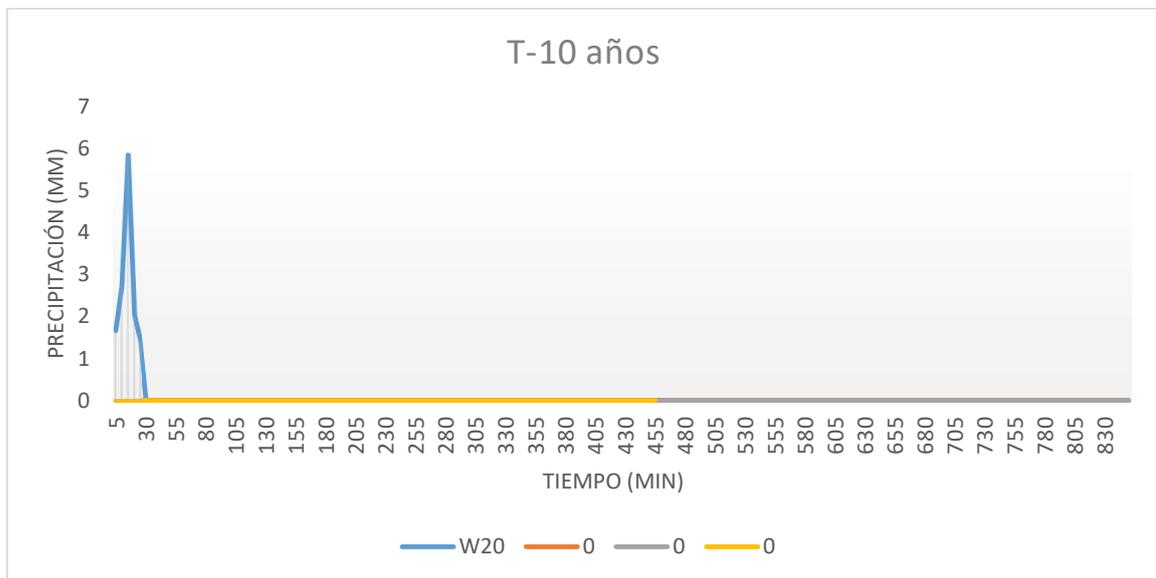
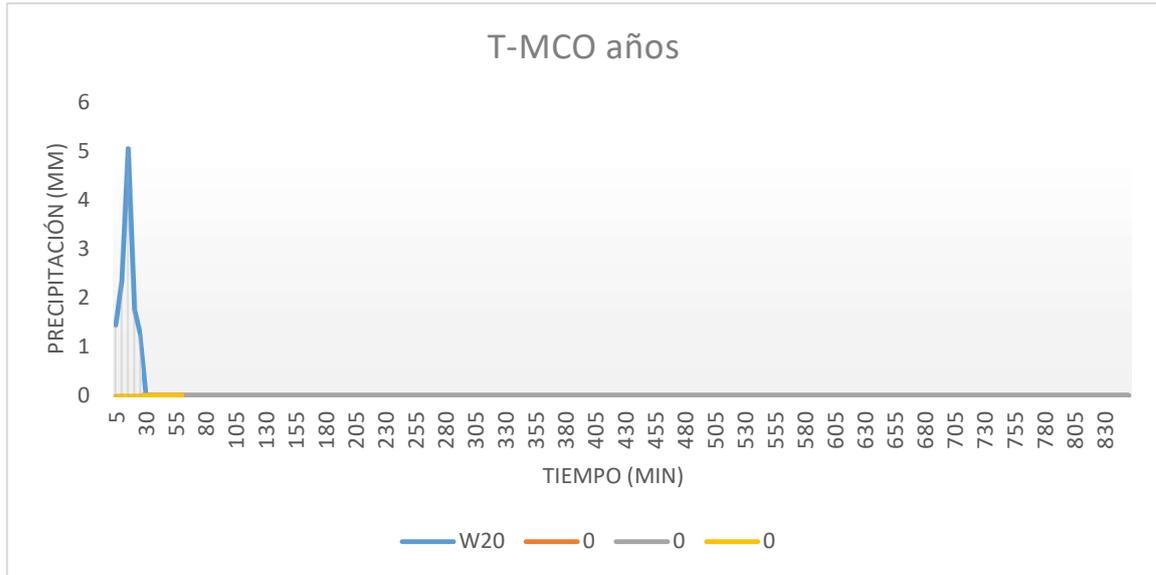
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

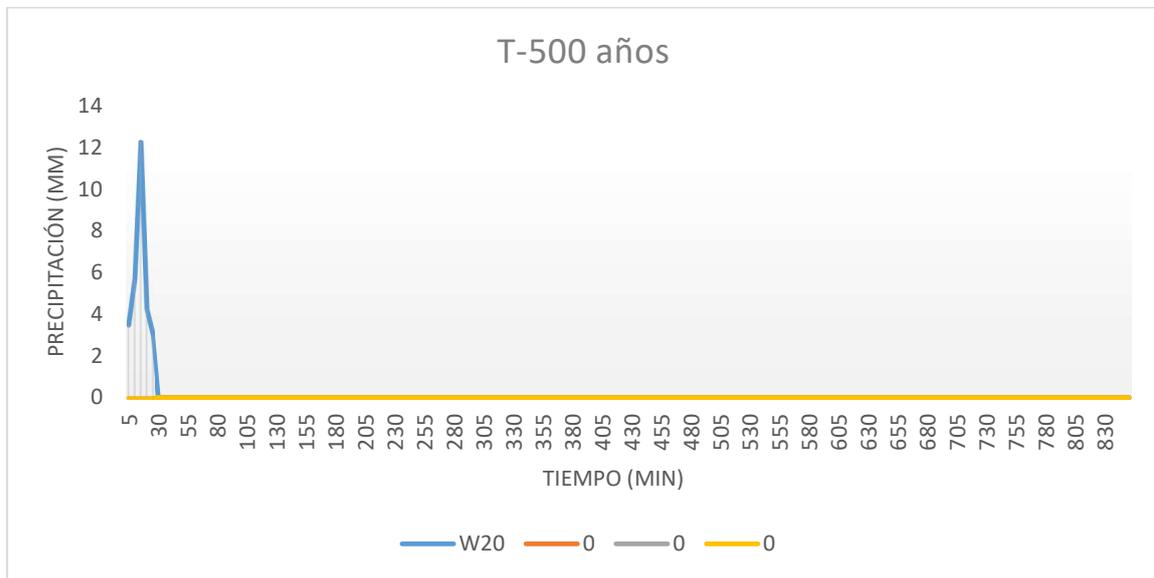
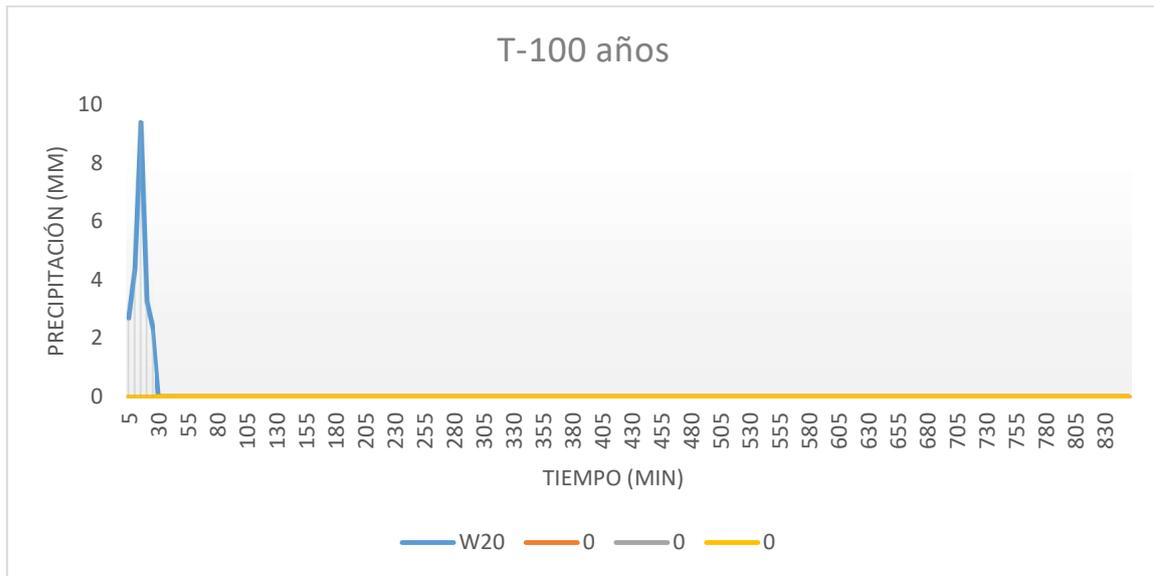
Periodo de Retorno	W20
Precipitación M <sub>co</sub> años (mm)	47.57027
Precipitación 10 años (mm)	55.22448
Precipitación 100 años (mm)	88.61044
Precipitación 500 años (mm)	115.6708





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

**Método de cálculo**

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
W20	77.99842	14.00158

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
W20	0.42	0.44	0.54	0.61



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W20
Municipio	Pinos Punte
Provincia	Granada
Coordenada X UTM (m)	434942
Coordenada Y UTM (m)	4122551
Superficie Cuenca (Km2)	0.1896
Longitud Máxima (Km)	1.052254
Pendiente Cuenca (%)	0.368639
Factor Regional	9
Coefficiente Corrector P0 para TMco	1.827
Coefficiente Corrector P0 para T10	2.1
Coefficiente Corrector P0 para T100	2.898
Coefficiente Corrector P0 para T500	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5
Coefficiente de Variación MAXPLU	0.3989972
Coefficiente de variación para la zona	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	14.00158
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	25.58089
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	29.40332
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	40.57658
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	45.86918
Tiempo de Concentración (min)	22.61674
Tlag (min)	7.915857
Factor Reductor de Lluvia Diaria	1
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	37.02044
Coefficiente de Uniformidad	1.020661
Factor de intensidad	15.08506
Coefficiente Muskingum K (Hr)	0.2261674
Coefficiente Muskingum X	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	2.295599
Sub-reaches mayor que	4.899173
Numero de Curva CN para SCS	77.99842
Coefficiente de Escorrentía TMco	0.42
Coefficiente de Escorrentía T10	0.44
Coefficiente de Escorrentía T100	0.54
Coefficiente de Escorrentía T500	0.61
Caudal Método Racional TMco	0.6750535
Caudal Método Racional T10	0.8209896
Caudal Método Racional T100	1.616709
Caudal Método Racional T500	2.384003
Precipitación de los TMco	47.57027
Precipitación de los T10	55.22448
Precipitación de los T100	88.61044
Precipitación de los T500	115.6708
Intensidad de los TMco	1.982094
Intensidad de los T10	2.30102
Intensidad de los T100	3.692101
Intensidad de los T500	4.819616



### Caudales de cálculo

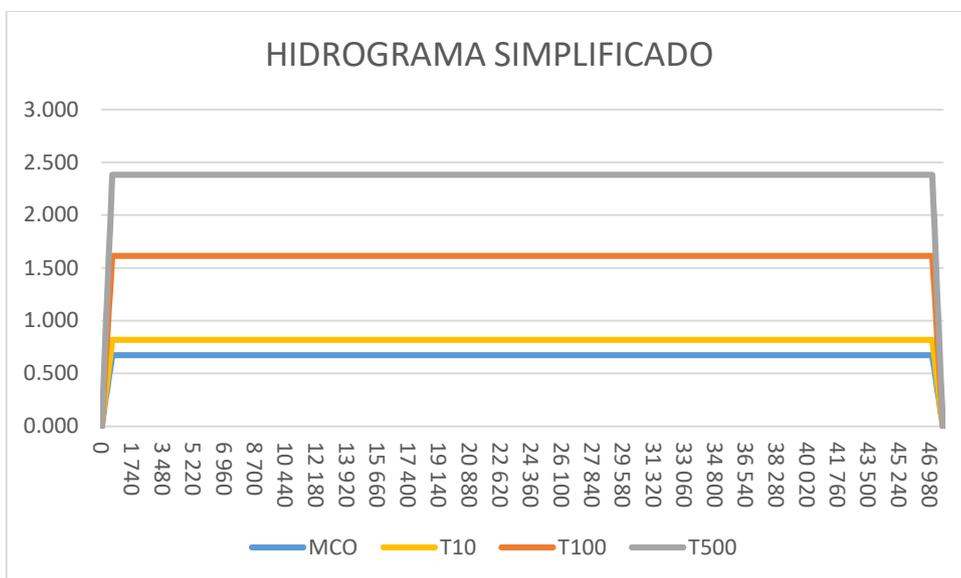
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T,t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W20	0.675	0.821	1.617	2.384
<b>TOTAL</b>	<b>0.675</b>	<b>0.821</b>	<b>1.617</b>	<b>2.384</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL OLIVAR DEL SANTO**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

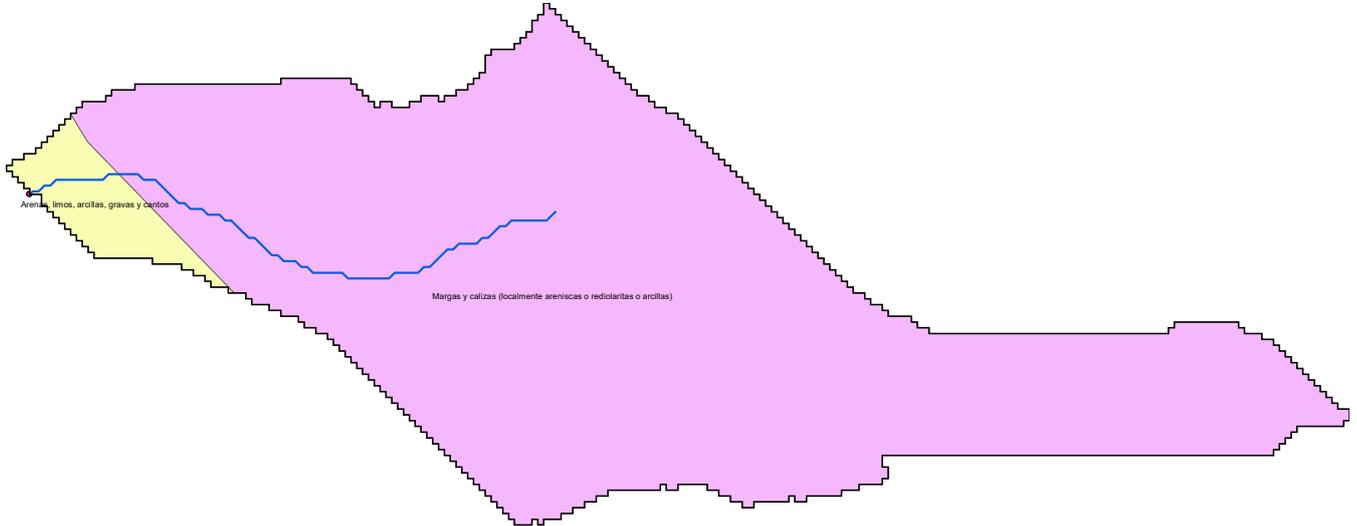
Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



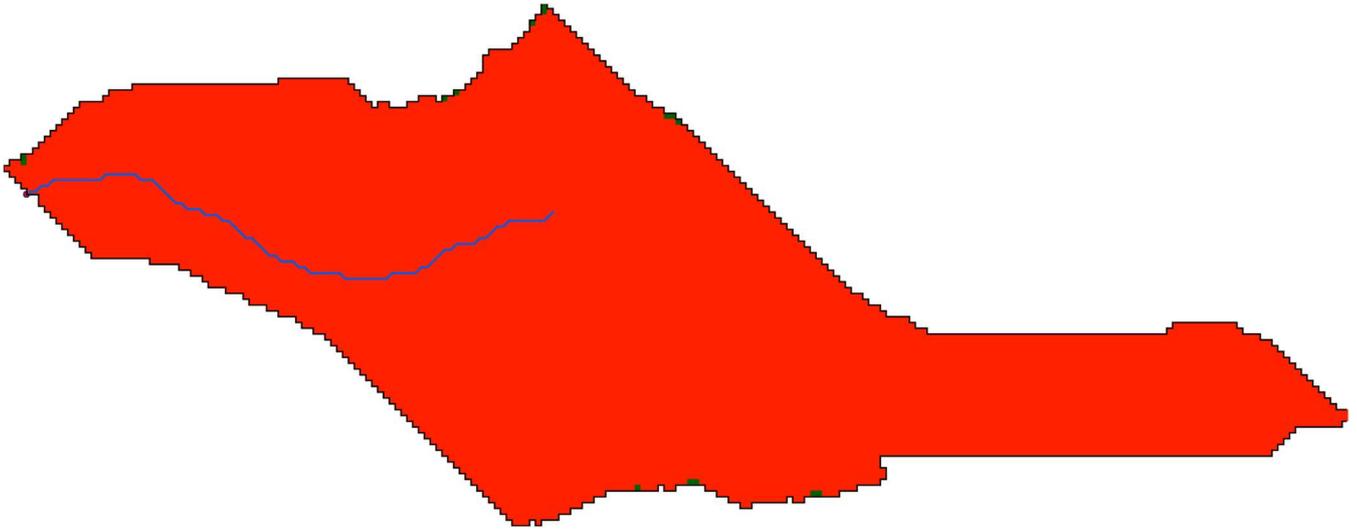
### Estudio preliminar de CN y P<sub>0</sub>

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX “Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica”. El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

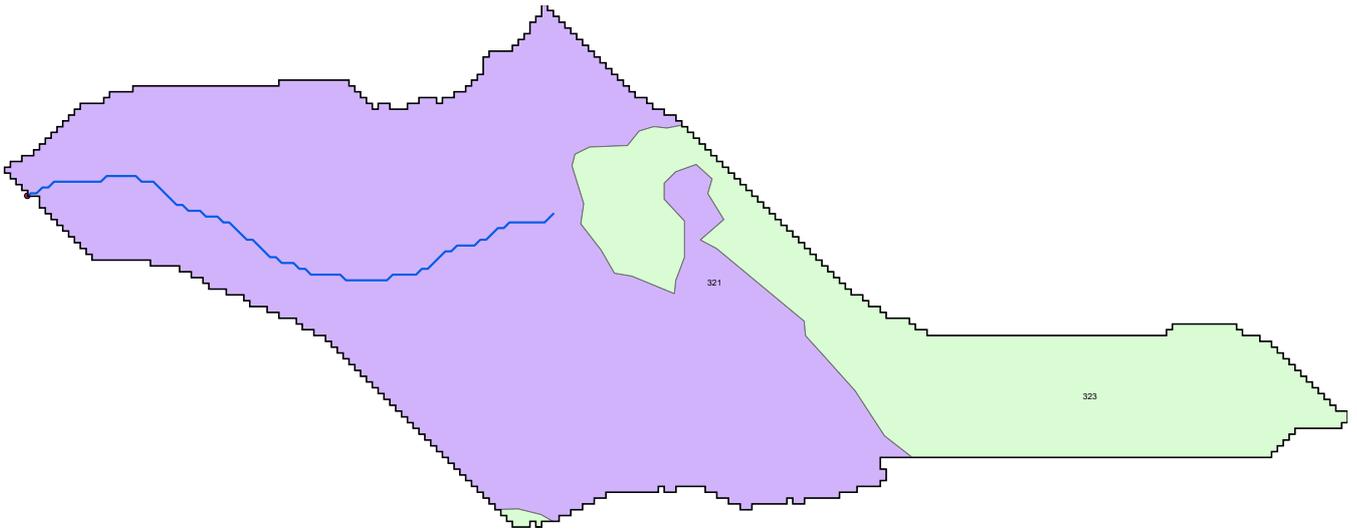


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

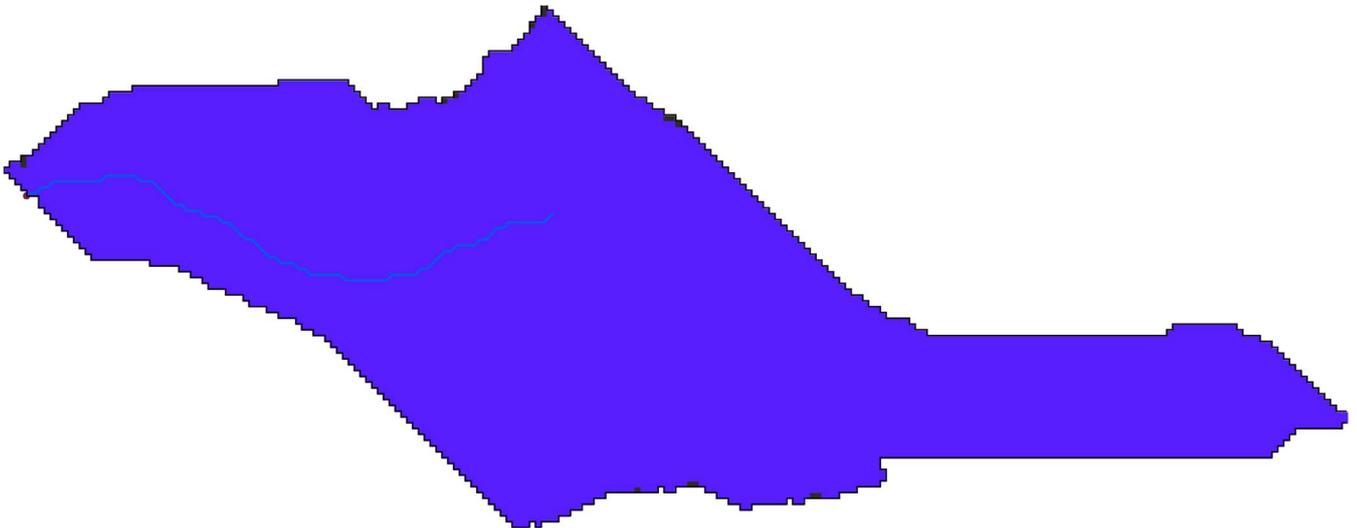




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

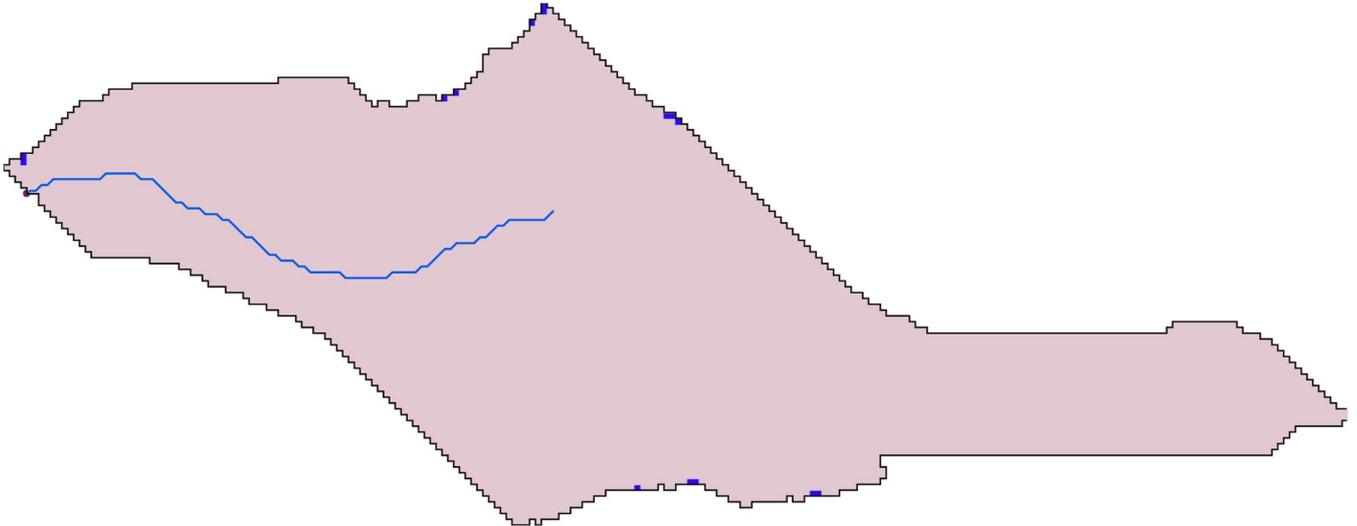


El resultado final de las CN es el siguiente:



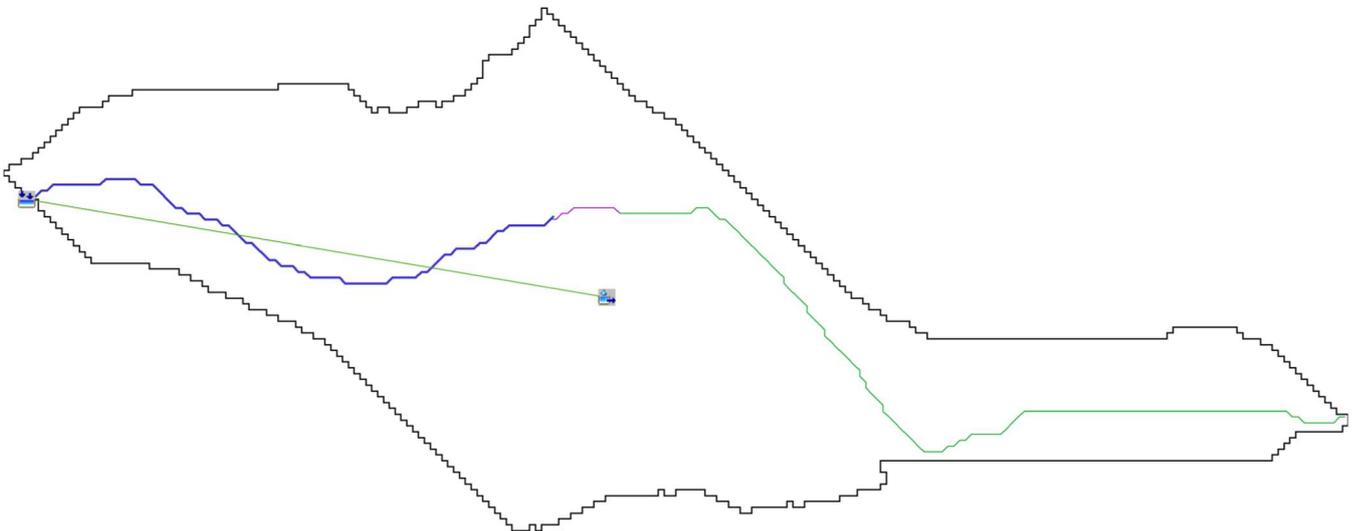


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



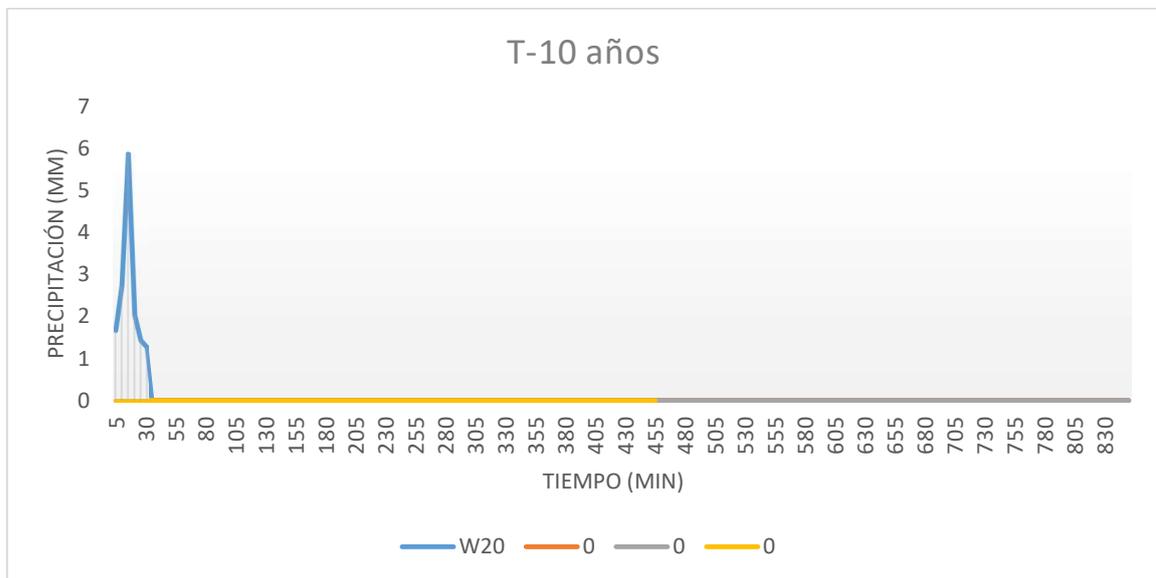
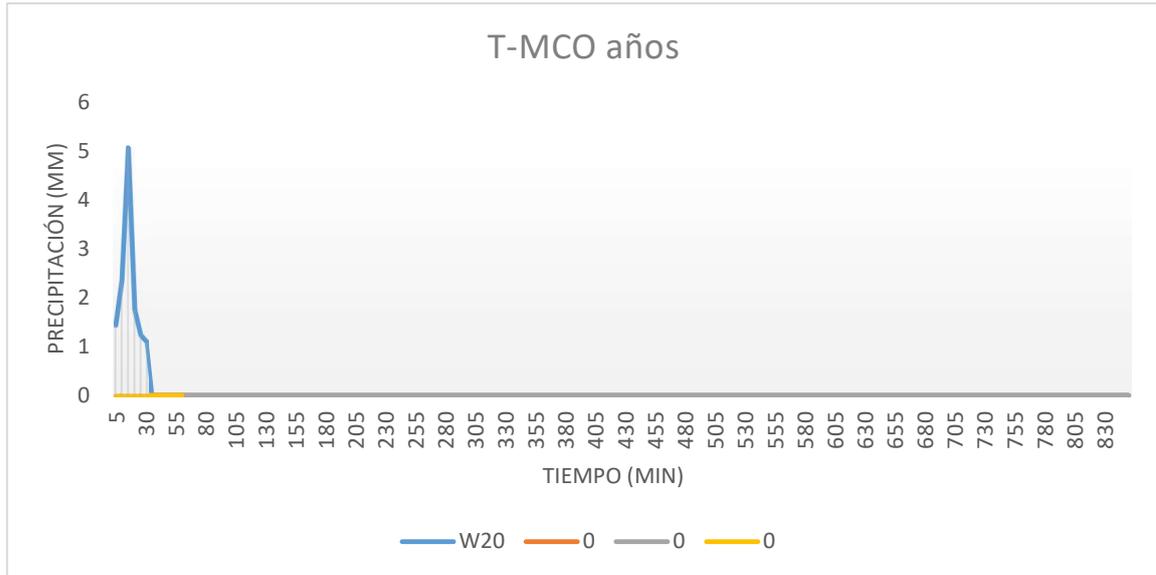
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

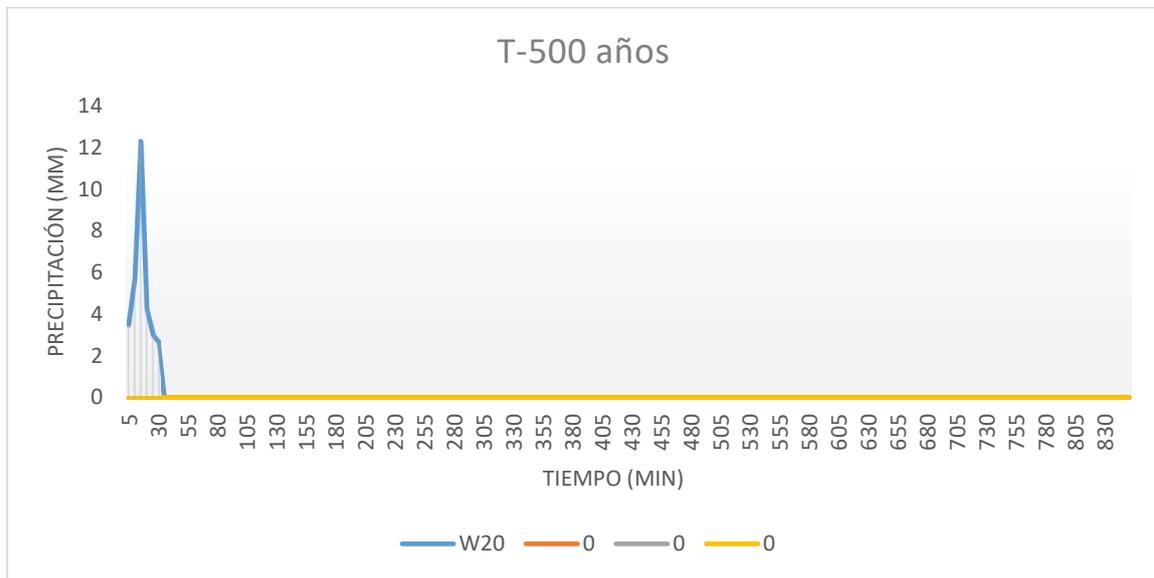
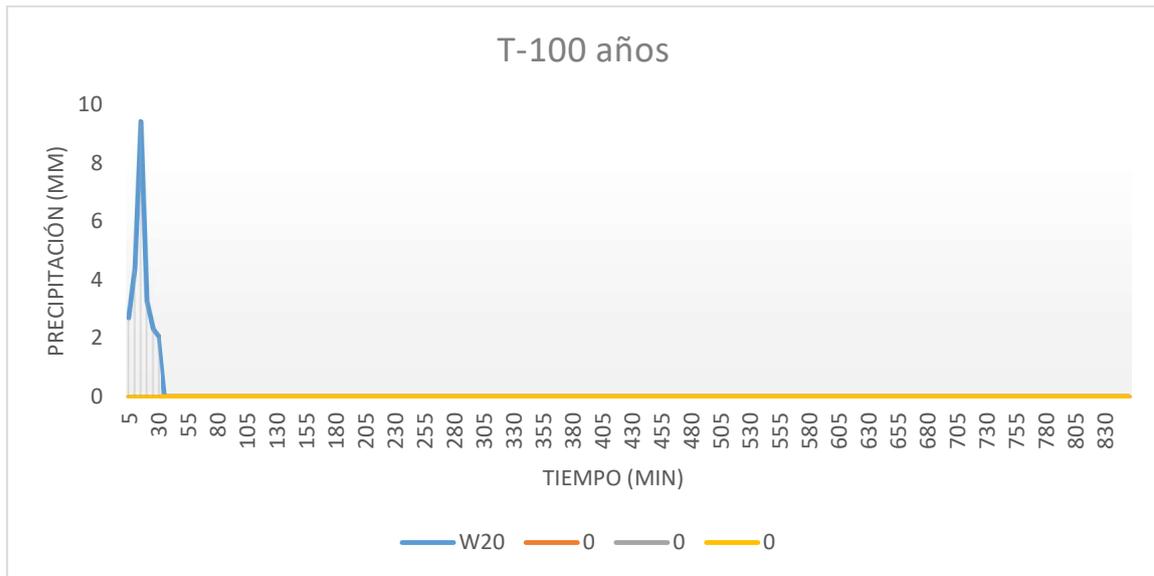
Período de Retorno	W20
Precipitación M <sub>co</sub> años (mm)	47.73692
Precipitación 10 años (mm)	55.41843
Precipitación 100 años (mm)	88.92323
Precipitación 500 años (mm)	116.0798





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

**Método de cálculo**

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
W20	77.99493	14.00507

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
W20	0.42	0.44	0.54	0.61



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W20
Municipio	Pinos Punte
Provincia	Granada
Coordenada X UTM (m)	434696
Coordenada Y UTM (m)	4122860
Superficie Cuenca (Km2)	0.2217
Longitud Máxima (Km)	1.324828
Pendiente Cuenca (%)	0.240657
Factor Regional	9
Coficiente Corrector P0 para TMco	1.827
Coficiente Corrector P0 para T10	2.1
Coficiente Corrector P0 para T100	2.898
Coficiente Corrector P0 para T500	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5
Coficiente de Variación MAXPLU	0.3990198
Coficiente de variación para la zona	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	14.00507
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	25.58727
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	29.41065
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	40.5867
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	45.88062
Tiempo de Concentración (min)	29.21783
Tlag (min)	10.22624
Factor Reductor de Lluvia Diaria	1
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	37.14969
Coficiente de Uniformidad	1.028236
Factor de intensidad	13.23651
Coficiente Muskingum K (Hr)	0.2921783
Coficiente Muskingum X	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	2.965609
Sub-reaches mayor que	4.935533
Numero de Curva CN para SCS	77.99493
Coficiente de Escorrentía TMco	0.42
Coficiente de Escorrentía T10	0.44
Coficiente de Escorrentía T100	0.54
Coficiente de Escorrentía T500	0.61
Caudal Método Racional TMco	0.7001997
Caudal Método Racional T10	0.8515793
Caudal Método Racional T100	1.676977
Caudal Método Racional T500	2.472888
Precipitación de los TMco	47.73692
Precipitación de los T10	55.41843
Precipitación de los T100	88.92323
Precipitación de los T500	116.0798
Intensidad de los TMco	1.989038
Intensidad de los T10	2.309101
Intensidad de los T100	3.705134
Intensidad de los T500	4.836656



### Caudales de cálculo

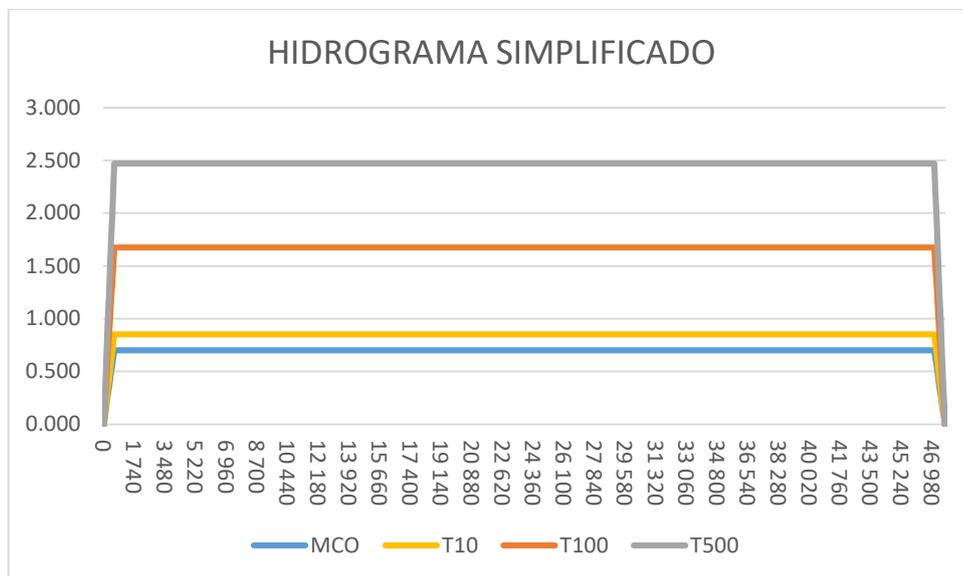
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T,t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W20	0.700	0.852	1.677	2.473
<b>TOTAL</b>	<b>0.700</b>	<b>0.852</b>	<b>1.677</b>	<b>2.473</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL BARRANCO DE LA PAZ**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1009\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

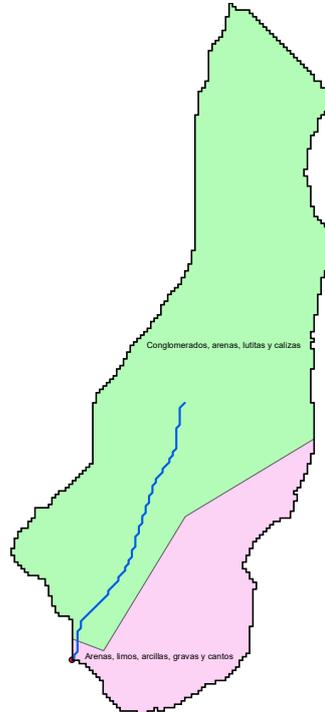
Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



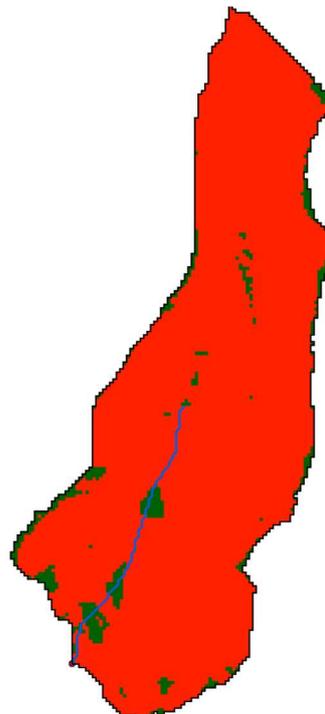
### Estudio preliminar de CN y P<sub>0</sub>

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

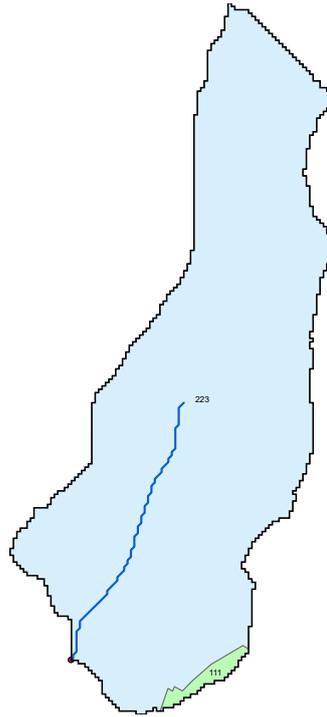


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

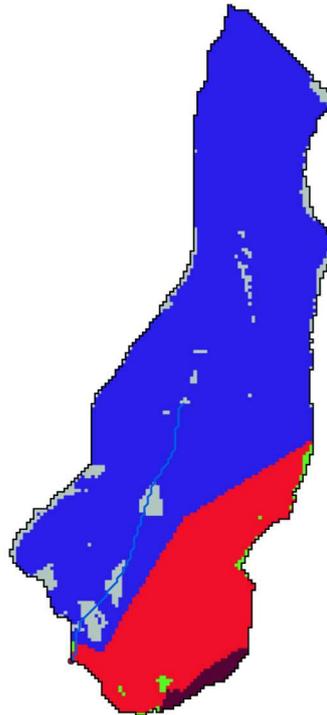




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

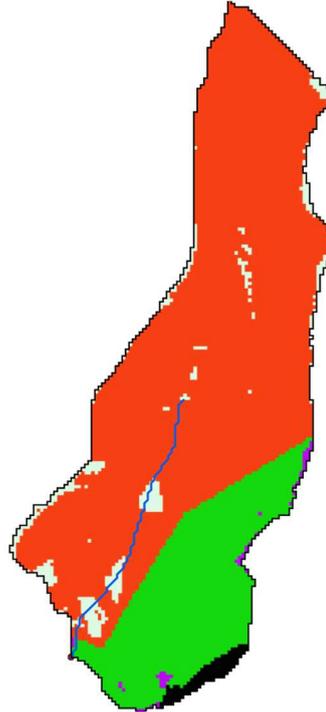


El resultado final de las CN es el siguiente:



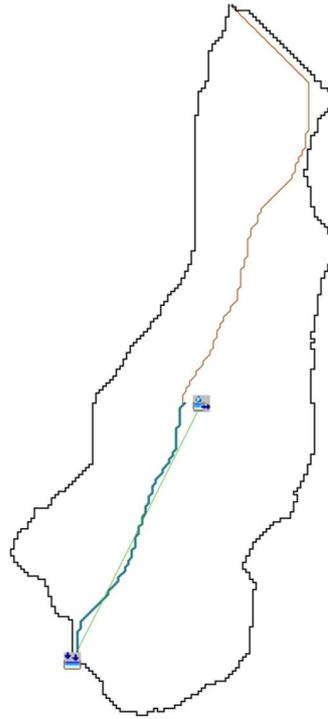


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



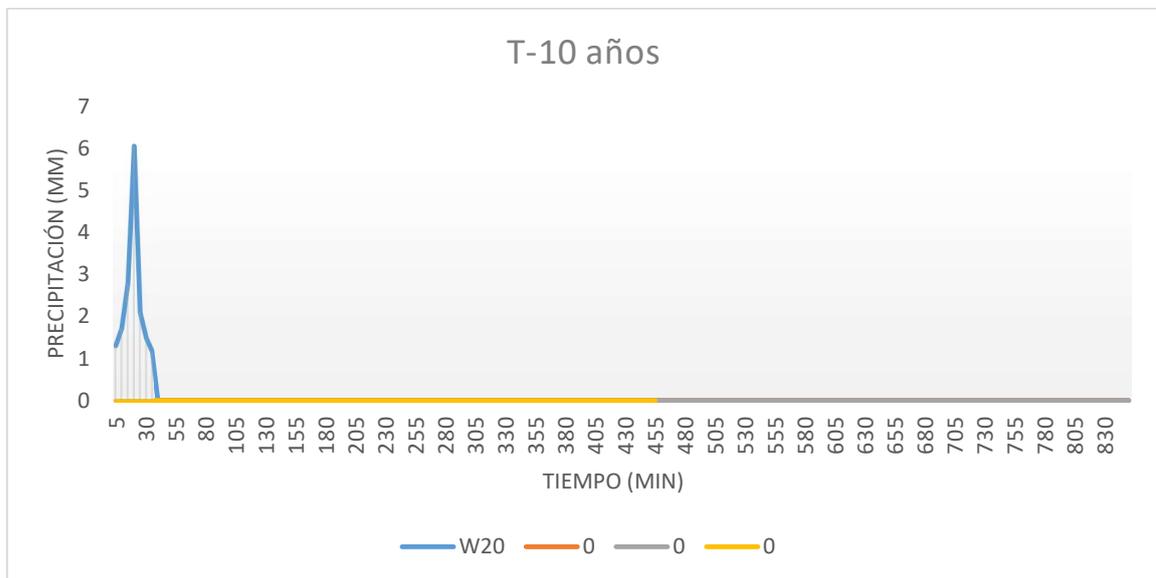
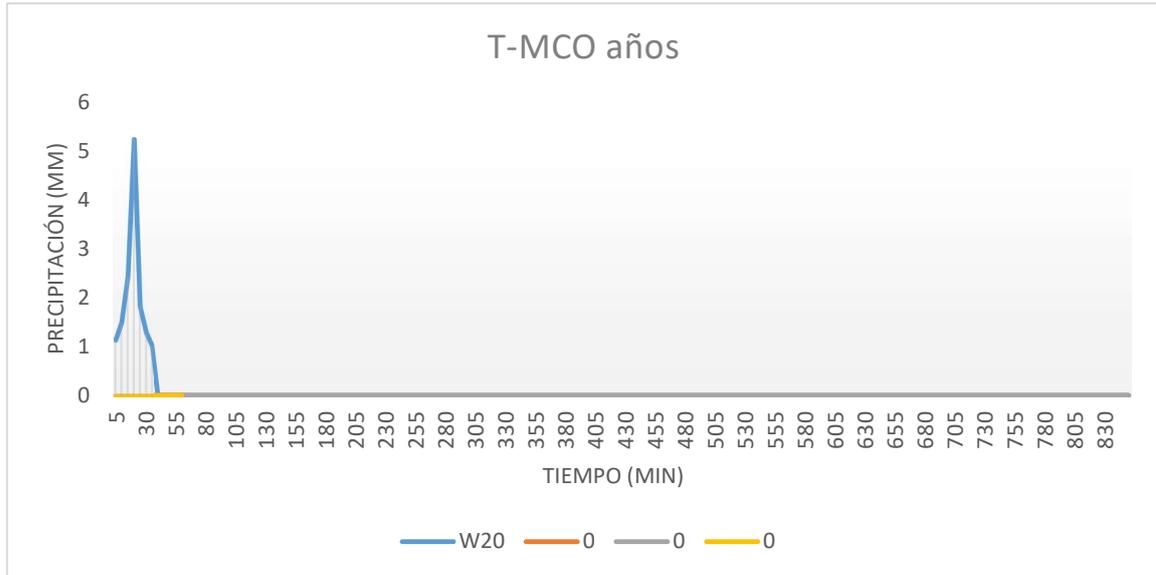
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

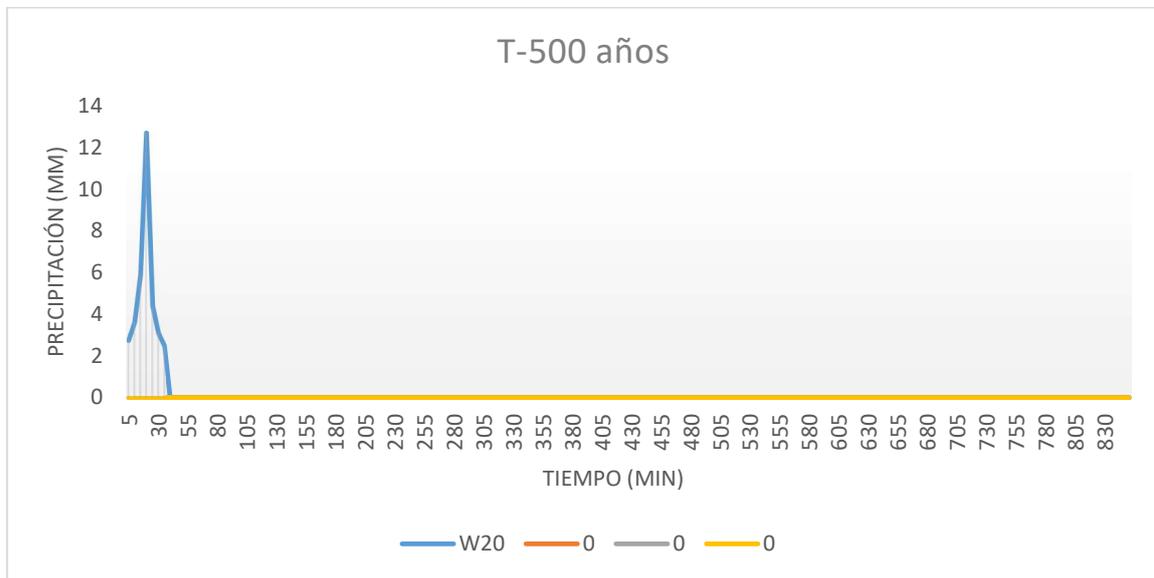
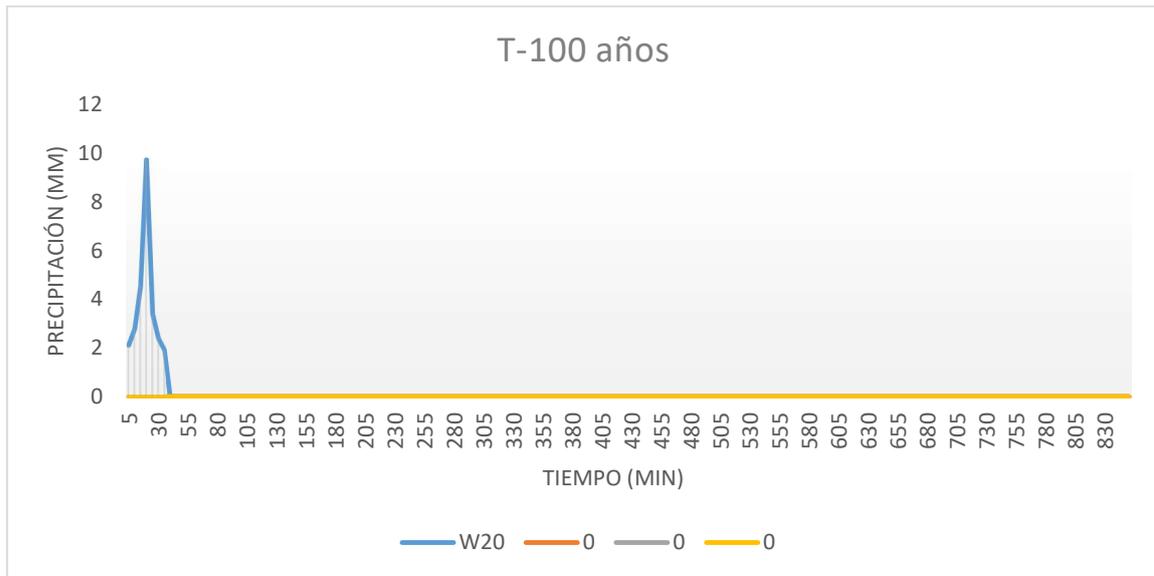
Periodo de Retorno	W20
Precipitación M <sub>co</sub> años (mm)	49.30949
Precipitación 10 años (mm)	57.23932
Precipitación 100 años (mm)	91.82407
Precipitación 500 años (mm)	119.8552





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
W20	68.52483	23.65227

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
W20	0.38	0.41	0.51	0.60

**Resultados de cálculo**

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

<i>Nombre del cauce</i>	<i>W20</i>
<i>Municipio</i>	Pinos Punte
<i>Provincia</i>	Granada
<i>Coordenada X UTM (m)</i>	433349
<i>Coordenada Y UTM (m)</i>	4124159
<i>Superficie Cuenca (Km2)</i>	0.244225
<i>Longitud Máxima (Km)</i>	1.155538
<i>Pendiente Cuenca (%)</i>	0.060916
<i>Factor Regional</i>	9
<i>Coefficiente Corrector P0 para TMco</i>	1.827
<i>Coefficiente Corrector P0 para T10</i>	2.1
<i>Coefficiente Corrector P0 para T100</i>	2.898
<i>Coefficiente Corrector P0 para T500</i>	3.276
<i>Incremento de Tiempo (min)</i>	5
<i>Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)</i>	5
<i>Coefficiente de Variación MAXPLU</i>	0.3987341
<i>Coefficiente de variación para la zona</i>	1.12
<i>Periodo para caudal de MCO</i>	5.6
<i>Umbral de Escorrentía Ministerio inicial</i>	23.65227
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO</i>	43.21269
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=10</i>	49.66976
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=100</i>	68.54427
<i>Umbral de Escorrentía Corregido T=500</i>	77.48483
<i>Tiempo de Concentración (min)</i>	34.18925
<i>Tlag (min)</i>	11.96624
<i>Factor Reductor de Lluvia Diaria</i>	1
<i>Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)</i>	38.37896
<i>Coefficiente de Uniformidad</i>	1.034155
<i>Factor de intensidad</i>	12.19583
<i>Coefficiente Muskingum K (Hr)</i>	0.3418925
<i>Coefficiente Muskingum X</i>	0.2
<i>Incremento tiempo en Control menor que</i>	3.470209
<i>Sub-reaches mayor que</i>	4.963943
<i>Numero de Curva CN para SCS</i>	68.52483
<i>Coefficiente de Escorrentía TMco</i>	0.38
<i>Coefficiente de Escorrentía T10</i>	0.41
<i>Coefficiente de Escorrentía T100</i>	0.51
<i>Coefficiente de Escorrentía T500</i>	0.6
<i>Caudal Método Racional TMco</i>	0.6680167
<i>Caudal Método Racional T10</i>	0.836665
<i>Caudal Método Racional T100</i>	1.669552
<i>Caudal Método Racional T500</i>	2.563784
<i>Precipitación de los TMco</i>	49.30949
<i>Precipitación de los T10</i>	57.23932
<i>Precipitación de los T100</i>	91.82407
<i>Precipitación de los T500</i>	119.8552
<i>Intensidad de los TMco</i>	2.054562
<i>Intensidad de los T10</i>	2.384972
<i>Intensidad de los T100</i>	3.826003
<i>Intensidad de los T500</i>	4.993967



### Caudales de cálculo

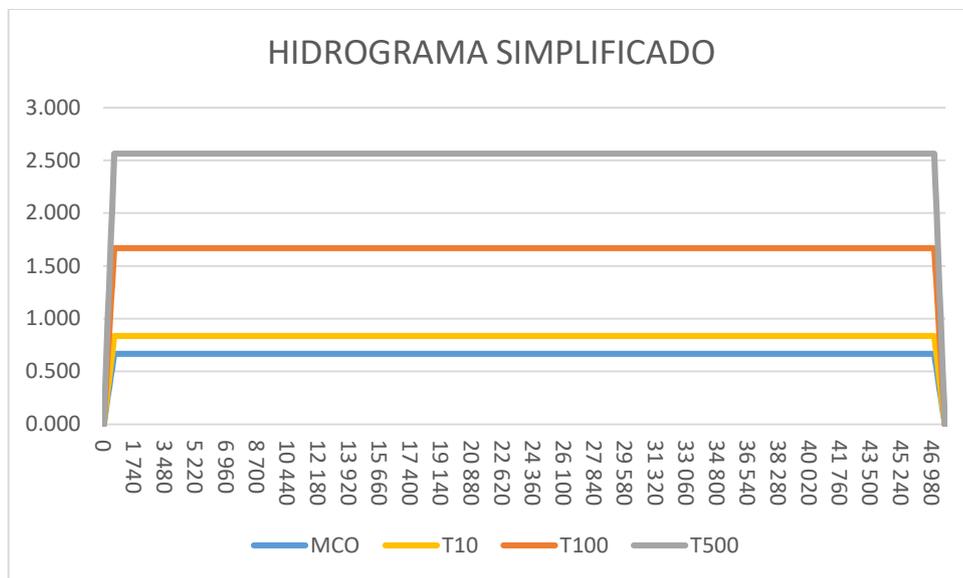
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T,t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W20	0.668	0.837	1.670	2.564
<b>TOTAL</b>	<b>0.668</b>	<b>0.837</b>	<b>1.670</b>	<b>2.564</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ARROYO DE LAS CHOZAS**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

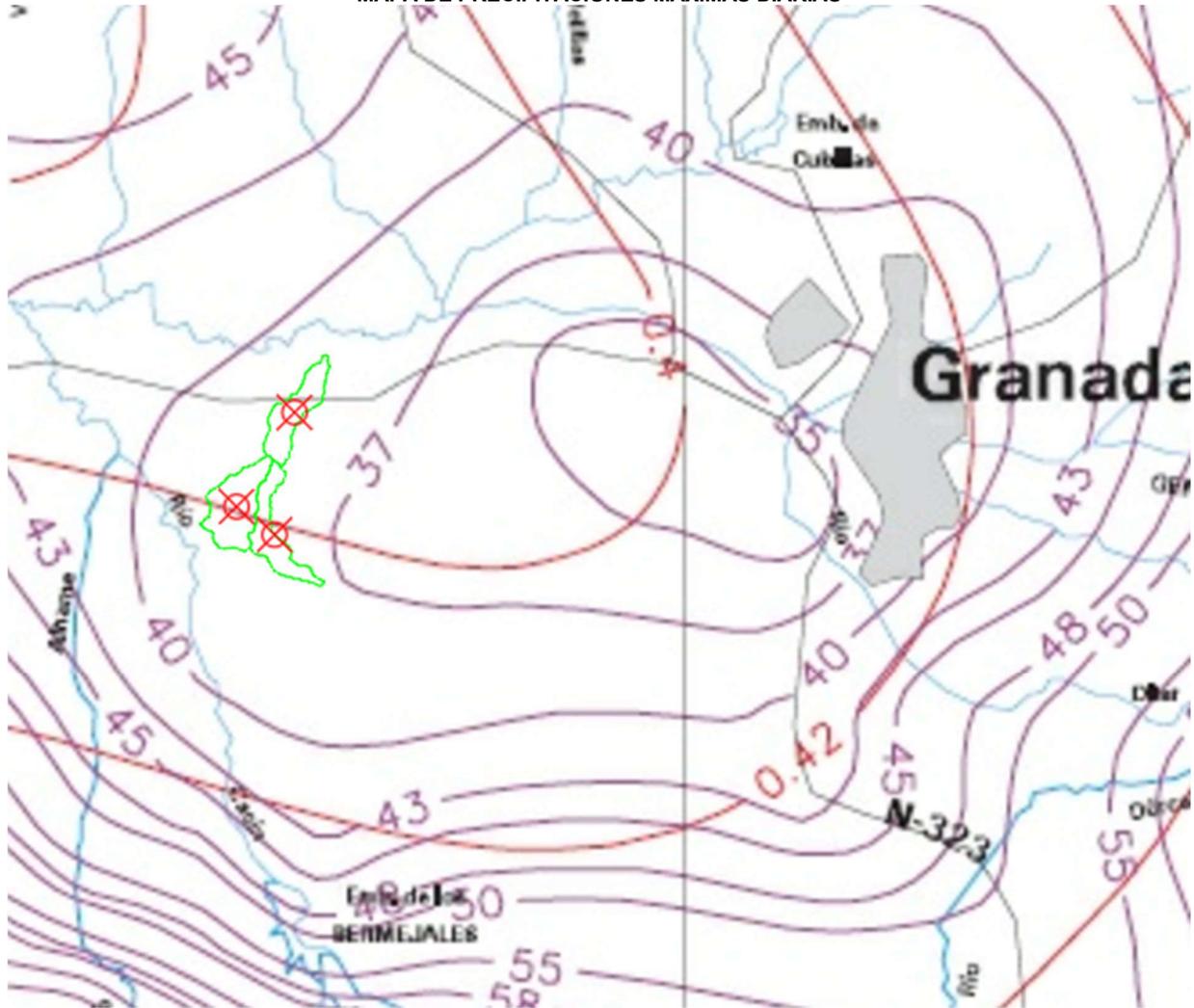
### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

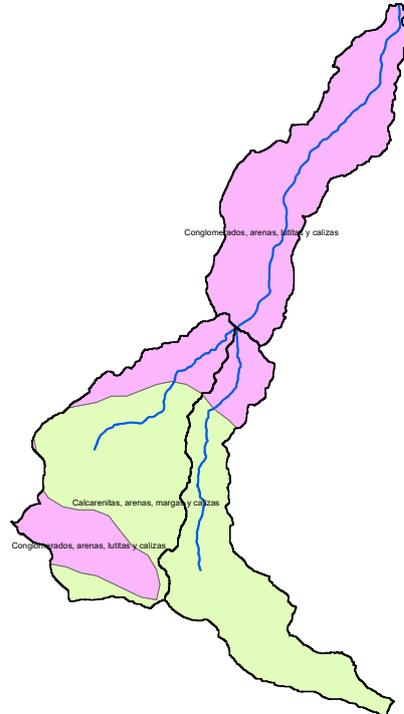
Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,221	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



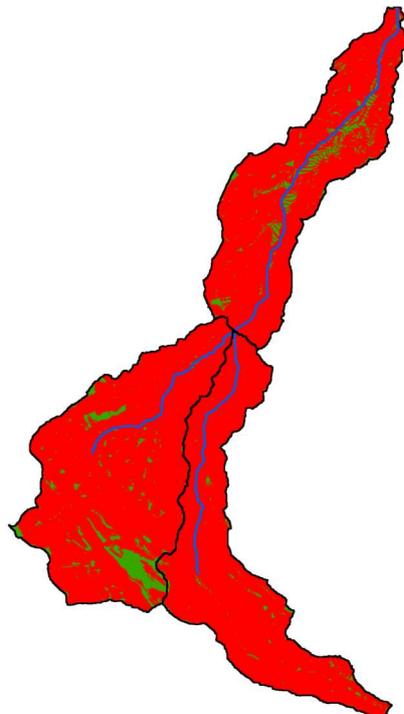
### Estudio preliminar de CN y $P_0$

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

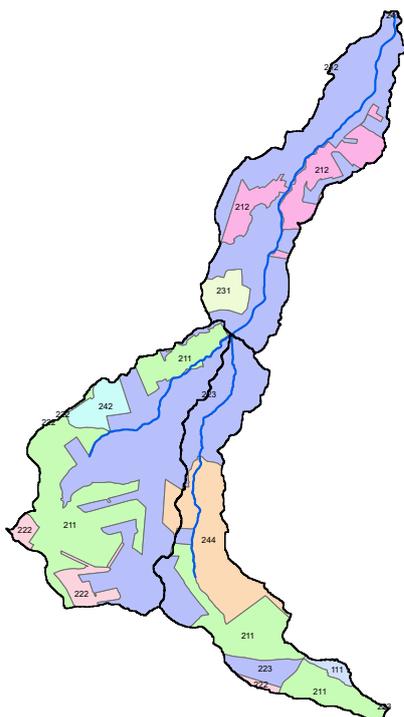


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

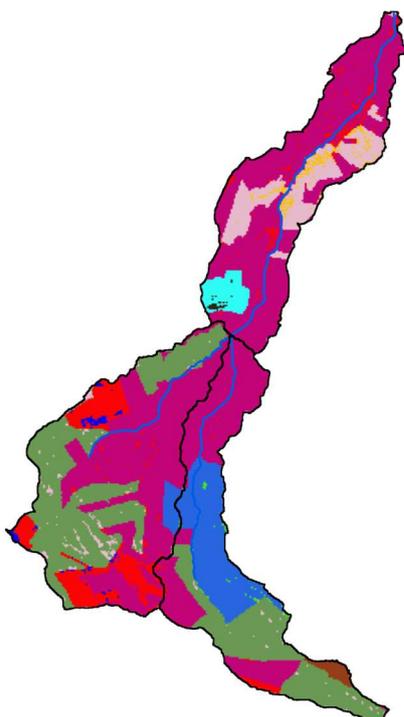




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

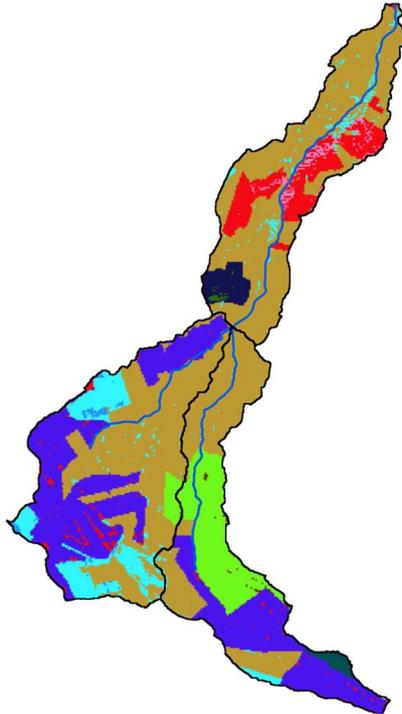


El resultado final de las CN es el siguiente:



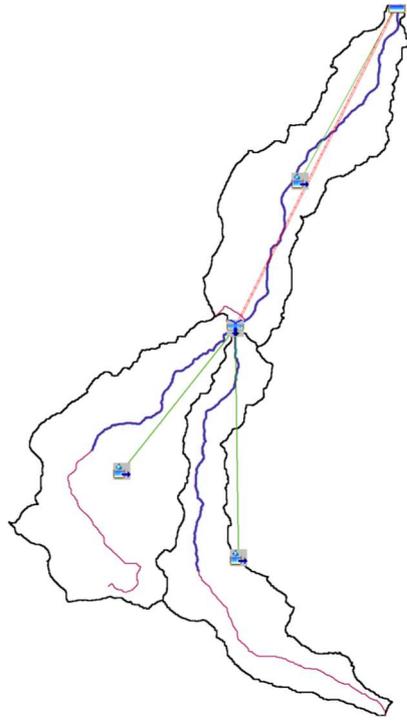


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



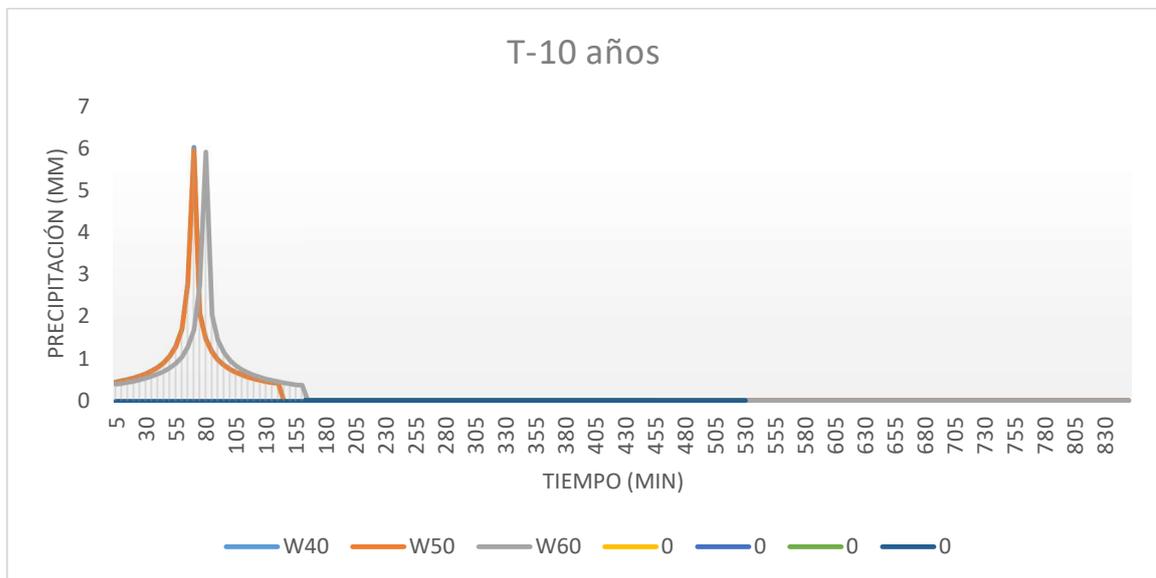
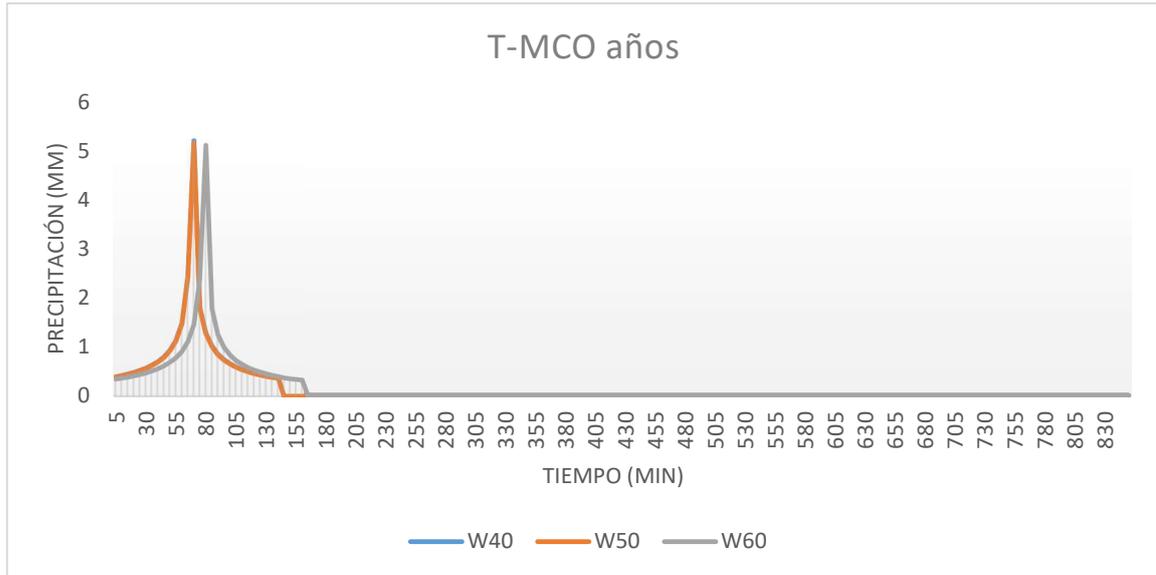
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

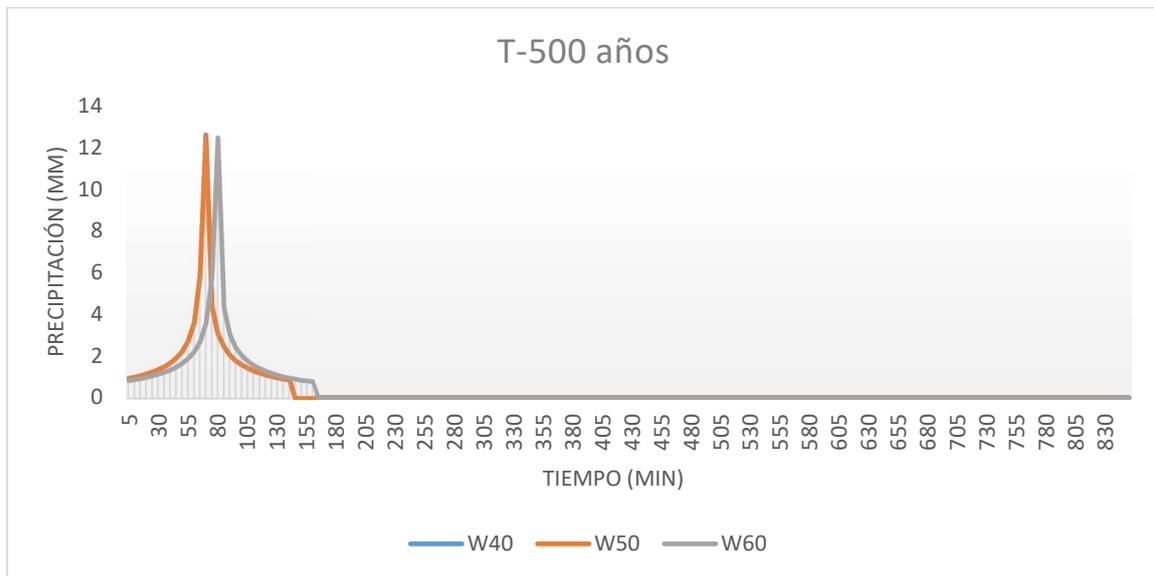
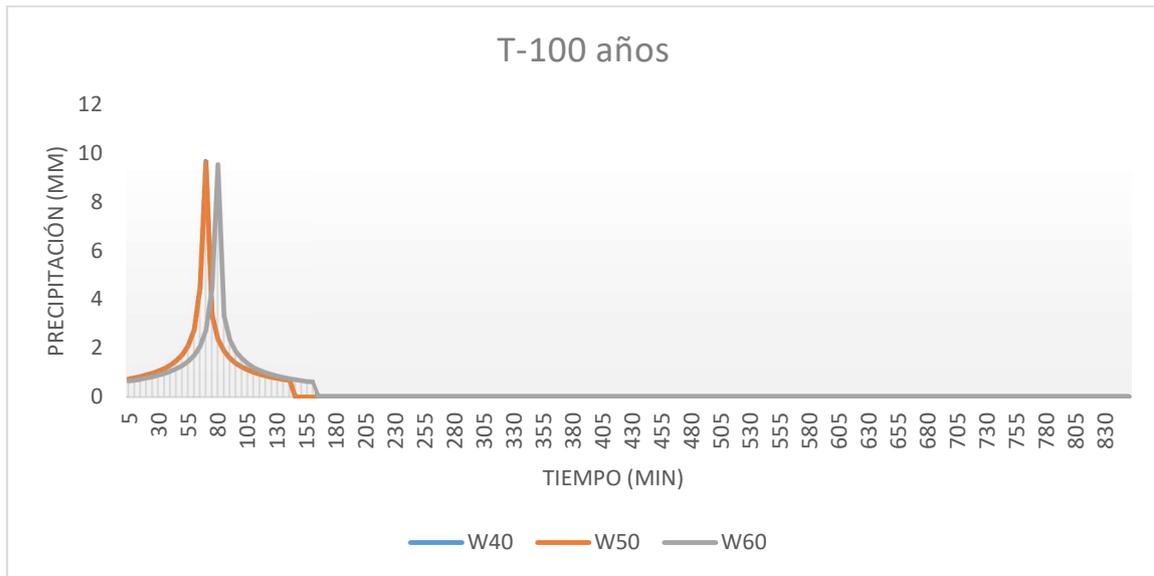
Periodo de Retorno	W40	W50	W60
Precipitación $M_{CO}$ años (mm)	49.08668	48.53091	48.0694
Precipitación 10 años (mm)	56.95066	56.38613	55.86024
Precipitación 100 años (mm)	91.23251	90.67117	89.866
Precipitación 500 años (mm)	119.0059	118.4781	117.4502





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
W40	66.5328	25.65559
W50	69.08353	23.27254
W60	70.771	21.451



Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:

### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
W40	0.38	0.41	0.51	0.60
W50	0.38	0.41	0.51	0.60
W60	0.38	0.41	0.51	0.60



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W40	W50	W60
Municipio	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte
Provincia	Granada	Granada	Granada
Coordenada X UTM (m)	421511	419120	420728
Coordenada Y UTM (m)	4114607	4110694	4109537
Superficie Cuenca (Km2)	4.562375	6.161825	4.412175
Longitud Máxima (Km)	5.888696	6.058181	7.463745
Pendiente Cuenca (%)	0.026233	0.030152	0.032229
Factor Regional	9	9	9
Coefficiente Corrector P0 para TMco	1.827	1.827	1.827
Coefficiente Corrector P0 para T10	2.1	2.1	2.1
Coefficiente Corrector P0 para T100	2.898	2.898	2.898
Coefficiente Corrector P0 para T500	3.276	3.276	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5	5	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5	5	5
Coefficiente de Variación MAXPLU	0.3969178	0.4018063	0.4023925
Coefficiente de variación para la zona	1.12	1.12	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6	5.6	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	25.65559	23.27254	21.45087
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	46.87276	42.51894	39.19073
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	53.87673	48.87234	45.04682
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	74.34989	67.44383	62.16462
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	84.0477	76.24085	70.27304
Tiempo de Concentración (min)	138.3267	137.652	159.2769
Tlag (min)	48.41434	48.1782	55.74691
Factor Reductor de Lluvia Diaria	0.9560539	0.9473527	0.9570231
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	38.24097	37.71429	37.34501
Coefficiente de Uniformidad	1.168687	1.167831	1.194868
Factor de intensidad	5.5467	5.563101	5.090714
Coefficiente Muskingum K (Hr)	1.383267	1.37652	1.592769
Coefficiente Muskingum X	0.2	0.2	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	14.04016	13.97168	16.1666
Sub-reaches mayor que	5.609695	5.60559	5.735367
Numero de Curva CN para SCS	66.5328	69.08353	70.77142
Coefficiente de Escorrentía TMco	0.38	0.38	0.38
Coefficiente de Escorrentía T10	0.41	0.41	0.41
Coefficiente de Escorrentía T100	0.51	0.51	0.51
Coefficiente de Escorrentía T500	0.6	0.6	0.6
Caudal Método Racional TMco	6.104352	8.094805	5.430157
Caudal Método Racional T10	7.641436	10.14753	6.808427
Caudal Método Racional T100	15.22692	20.29756	13.62466
Caudal Método Racional T500	23.36749	31.20281	20.94909
Precipitación de los TMco	49.08668	48.53091	48.0694
Precipitación de los T10	56.95066	56.38613	55.86024
Precipitación de los T100	91.23251	90.67117	89.866
Precipitación de los T500	119.0059	118.4781	117.4502
Intensidad de los TMco	1.955396	1.915662	1.916814
Intensidad de los T10	2.268662	2.225731	2.227481
Intensidad de los T100	3.6343	3.579066	3.583493
Intensidad de los T500	4.740668	4.676689	4.683441



### Caudales de cálculo

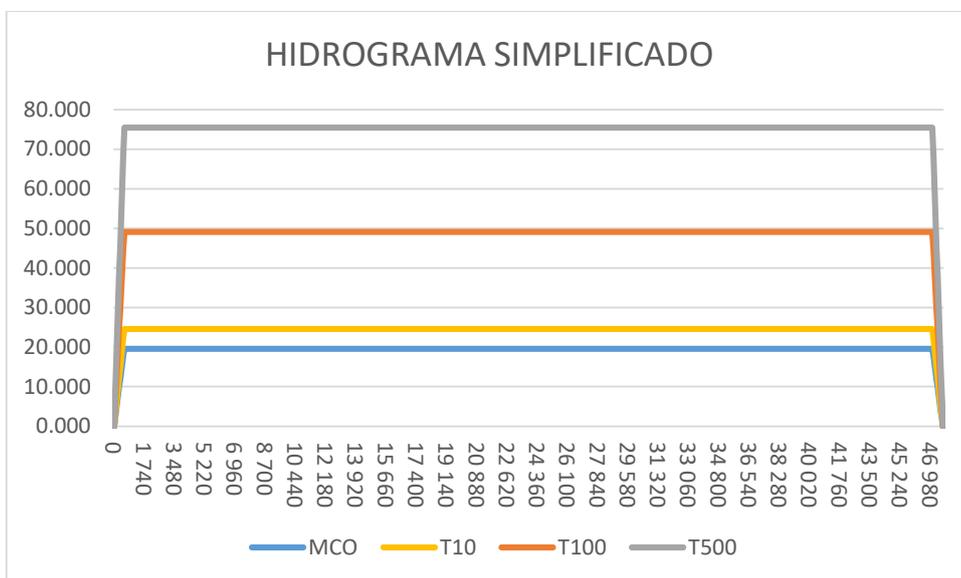
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T,t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W40	6.104	7.641	15.227	23.367
W50	8.095	10.148	20.298	31.203
W60	5.430	6.808	13.625	20.949
<b>TOTAL</b>	<b>19.629</b>	<b>24.597</b>	<b>49.149</b>	<b>75.519</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA RAMBLA ANEILLA**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

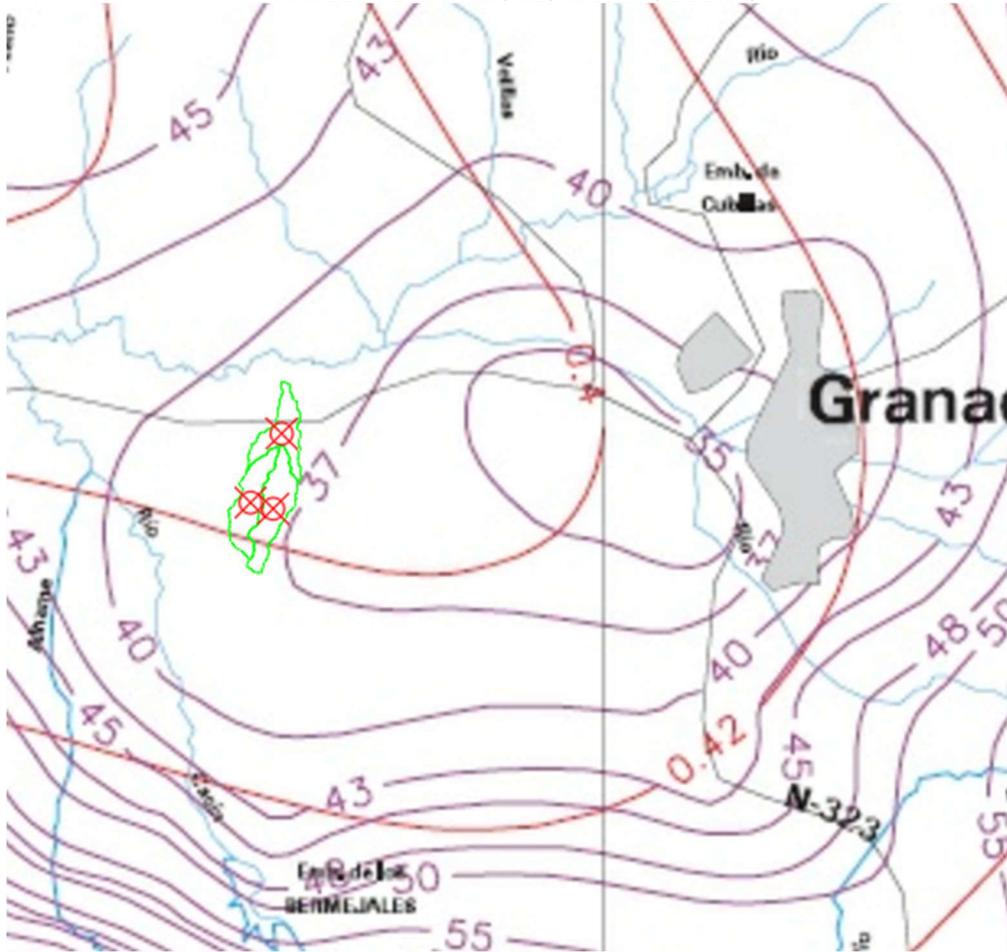
### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

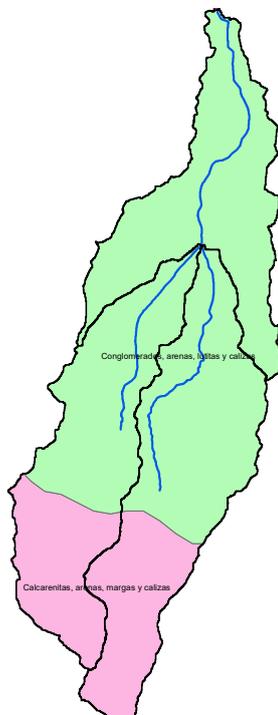
Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



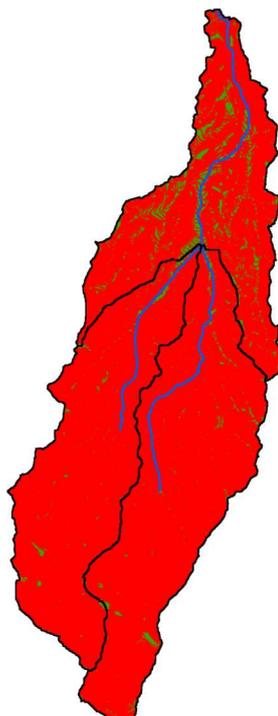
### Estudio preliminar de CN y $P_0$

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

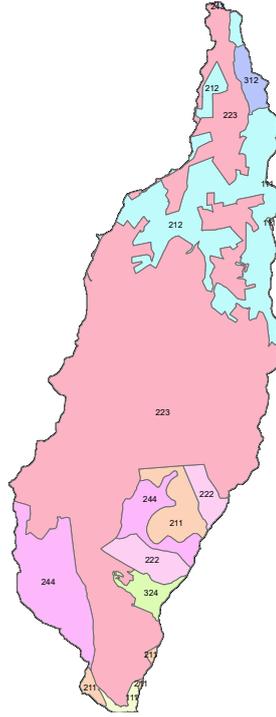


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

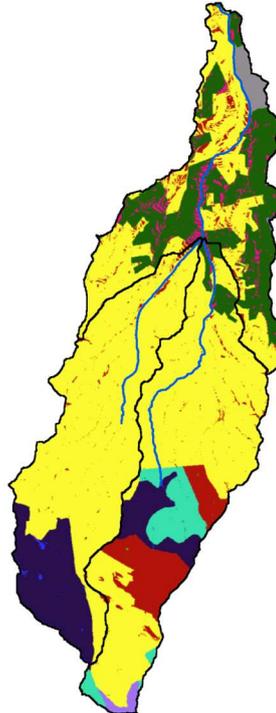




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

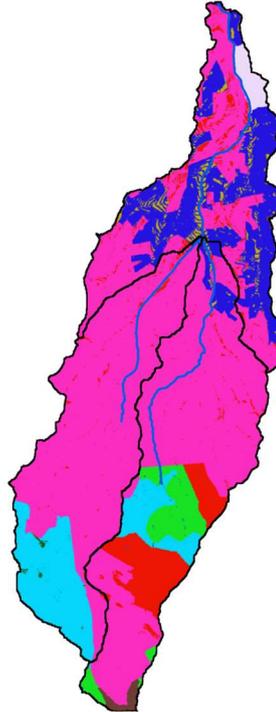


El resultado final de las CN es el siguiente:



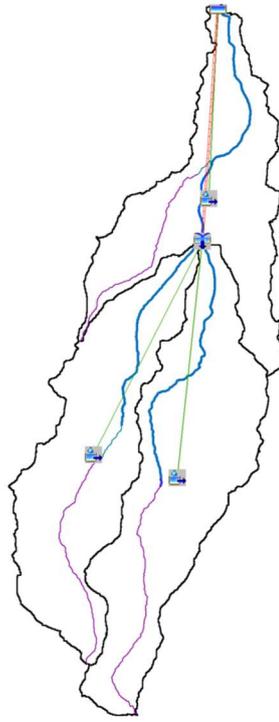


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



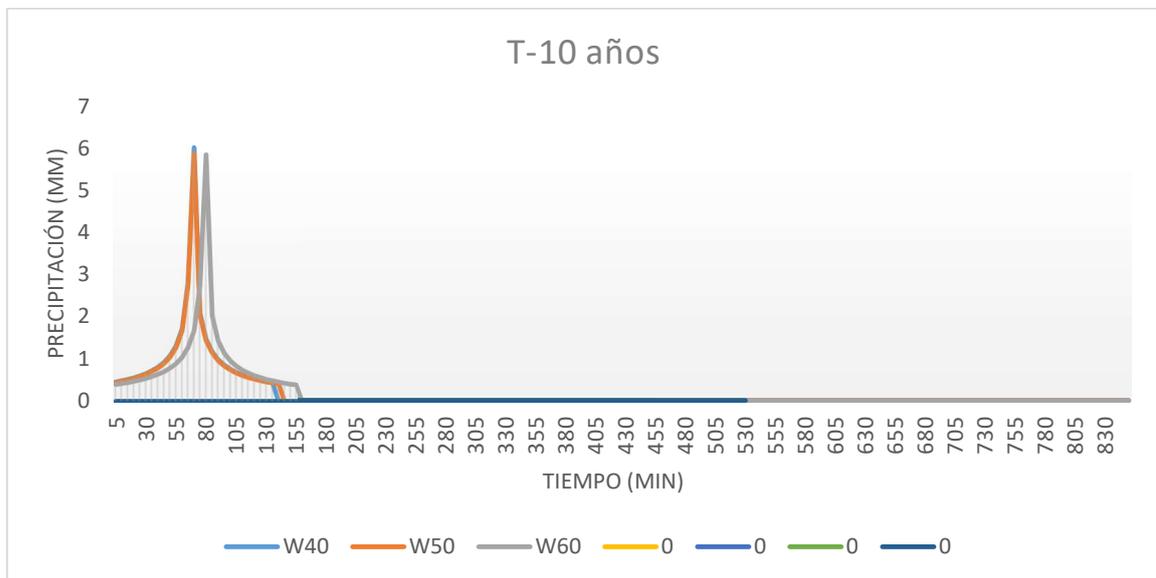
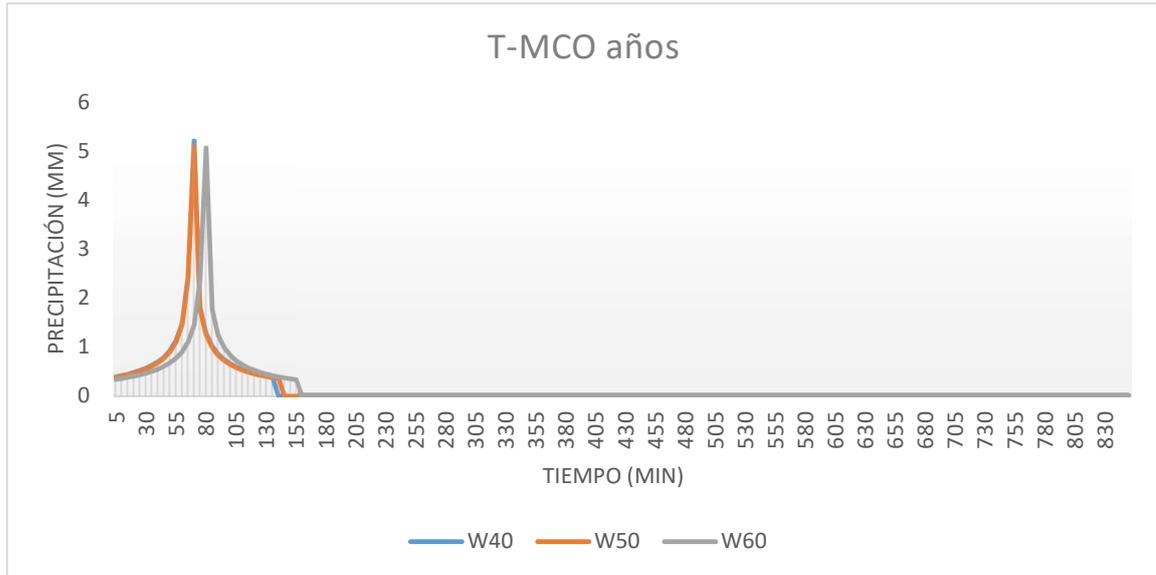
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

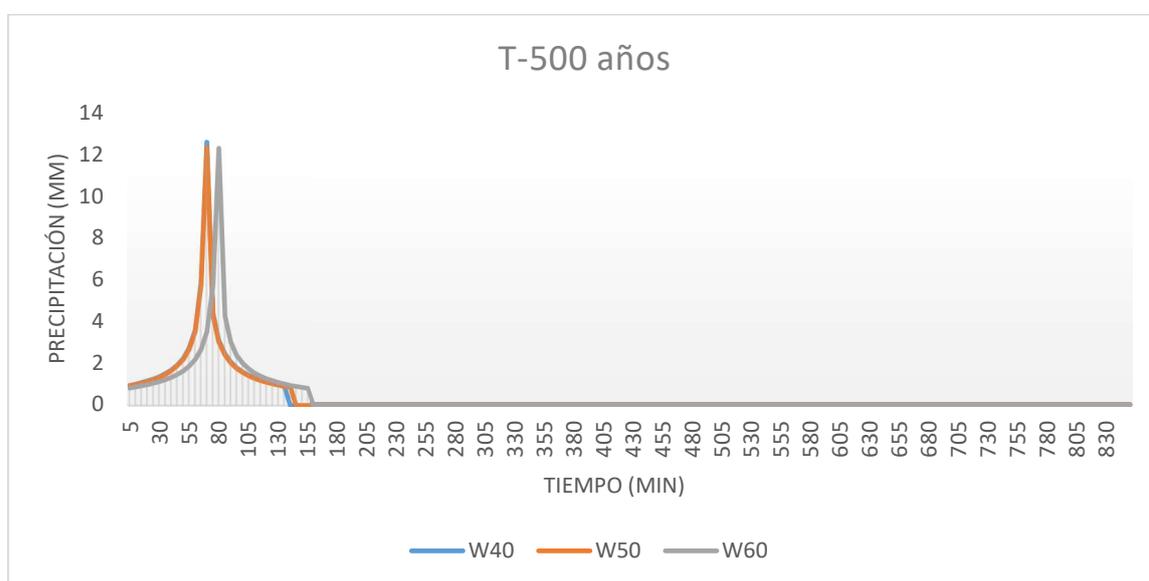
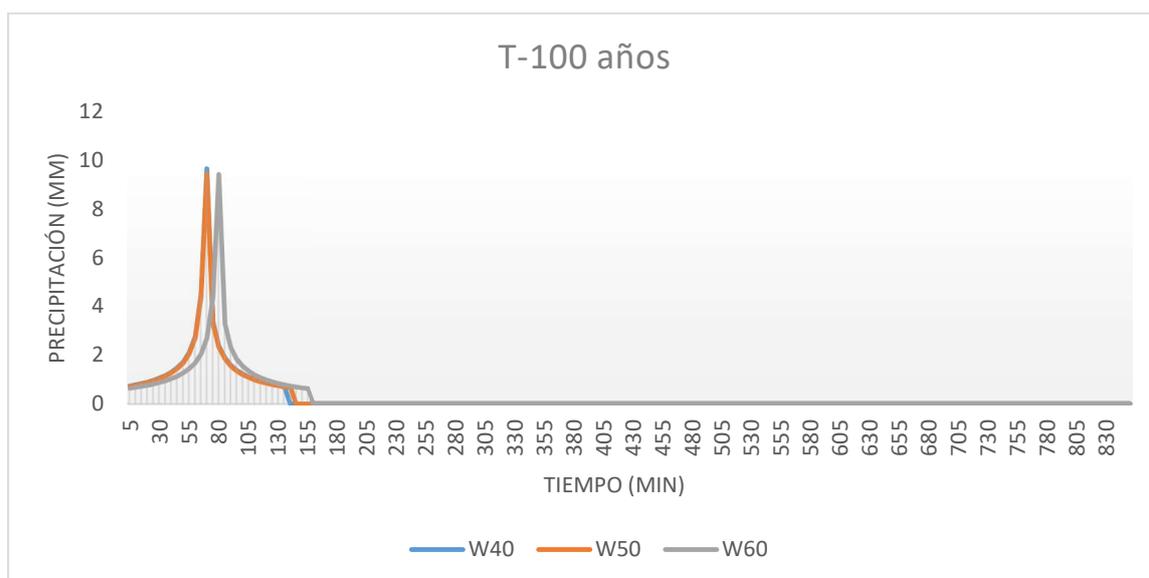
Periodo de Retorno	W40	W50	W60
Precipitación $M_{Co}$ años (mm)	49.00526	47.77475	47.57845
Precipitación 10 años (mm)	56.85051	55.47017	55.2578
Precipitación 100 años (mm)	91.04797	89.03778	88.76308
Precipitación 500 años (mm)	118.7513	116.2491	115.9293





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
W40	67.68711	24.72699
W50	66.49889	25.54113
W60	66.949	25.440



Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:

### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<i>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</i>							
<i>Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50 % del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<i>Área de cultivos</i>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<i>Pastizales</i>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Bosques</i>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
W40	0.38	0.41	0.51	0.60
W50	0.38	0.41	0.51	0.60
W60	0.38	0.41	0.51	0.60



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W40	W50	W60
Municipio	Pinos Punte	Pinos Punte	Pinos Punte
Provincia	Granada	Granada	Granada
Coordenada X UTM (m)	422898	421495	422506
Coordenada Y UTM (m)	4114606	4111448	4111183
Superficie Cuenca (Km2)	4.3014	4.96865	5.7277
Longitud Máxima (Km)	5.605854	6.348151	7.148978
Pendiente Cuenca (%)	0.02668	0.037302	0.036545
Factor Regional	9	9	9
Coefficiente Corrector P0 para TMco	1.827	1.827	1.827
Coefficiente Corrector P0 para T10	2.1	2.1	2.1
Coefficiente Corrector P0 para T100	2.898	2.898	2.898
Coefficiente Corrector P0 para T500	3.276	3.276	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5	5	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5	5	5
Coefficiente de Variación MAXPLU	0.3965842	0.3994868	0.4004401
Coefficiente de variación para la zona	1.12	1.12	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6	5.6	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	24.72699	25.54113	25.44023
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	45.17621	46.66364	46.4793
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	51.92668	53.63637	53.42448
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	71.65881	74.01819	73.72578
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	81.00562	83.67273	83.34219
Tiempo de Concentración (min)	132.8204	136.9794	150.5083
Tlag (min)	46.48716	47.94279	52.67792
Factor Reductor de Lluvia Diaria	0.9577593	0.9535841	0.949468
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	38.18389	37.1703	37
Coefficiente de Uniformidad	1.161685	1.166978	1.184002
Factor de intensidad	5.684189	5.579573	5.269885
Coefficiente Muskingum K (Hr)	1.328204	1.369794	1.505083
Coefficiente Muskingum X	0.2	0.2	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	13.48127	13.90341	15.2766
Sub-reaches mayor que	5.57609	5.601493	5.68321
Numero de Curva CN para SCS	67.68711	66.49889	66.94895
Coefficiente de Escorrentía TMco	0.38	0.38	0.38
Coefficiente de Escorrentía T10	0.41	0.41	0.41
Coefficiente de Escorrentía T100	0.51	0.51	0.51
Coefficiente de Escorrentía T500	0.6	0.6	0.6
Caudal Método Racional TMco	5.863215	6.482301	7.100587
Caudal Método Racional T10	7.338846	8.120645	8.897702
Caudal Método Racional T100	14.62009	16.21406	17.77882
Caudal Método Racional T500	22.43362	24.90508	27.31775
Precipitación de los TMco	49.00526	47.77475	47.57845
Precipitación de los T10	56.85051	55.47017	55.2578
Precipitación de los T100	91.04797	89.03778	88.76308
Precipitación de los T500	118.7513	116.2491	115.9293
Intensidad de los TMco	1.955635	1.898219	1.882259
Intensidad de los T10	2.268713	2.203978	2.186063
Intensidad de los T100	3.633418	3.537709	3.511571
Intensidad de los T500	4.738966	4.618886	4.586299



### Caudales de cálculo

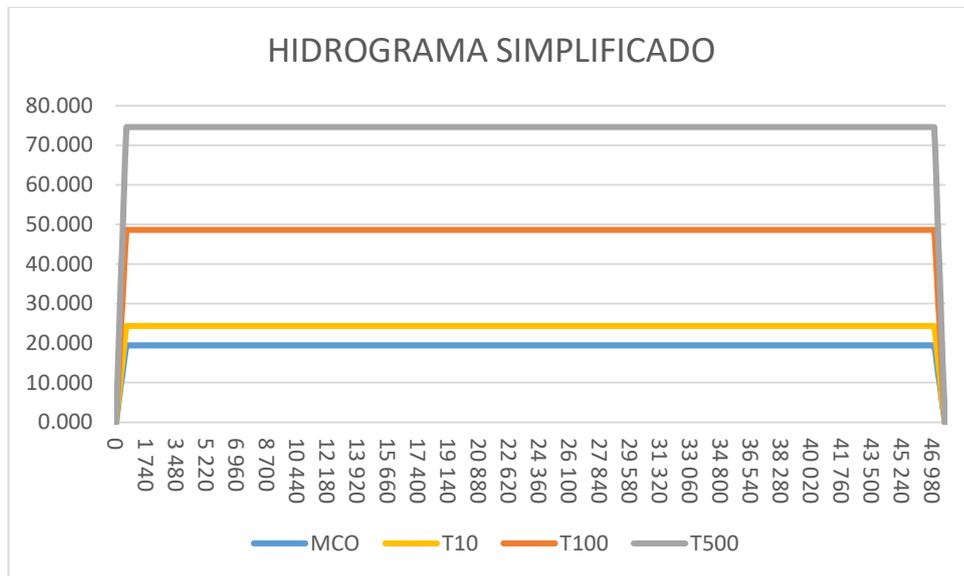
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T,t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W40	5.863	7.339	14.620	22.434
W50	6.482	8.121	16.214	24.905
W60	7.101	8.898	17.779	27.318
<b>TOTAL</b>	<b>19.446</b>	<b>24.357</b>	<b>48.613</b>	<b>74.656</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundaría en el coeficiente de seguridad.



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ARROYO DE FUENSANTA**

Con el fin de no reiterar la misma información, se aporta únicamente los datos de cálculo y los resultados, obviando la información justificativa. En este caso, debido a la poca envergadura de la cuenca de aportación hidrológica, se ha estimado conveniente obviar el método hidrometeorológico, utilizando únicamente el método racional modificado para dichos cálculos, lo que reduce los costes de cálculo y tiempo.

### **Base topográfica**

Los archivos topográficos utilizados, descargados directamente desde la página del Instituto Geográfico Nacional son:

- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1008\_LID
- PNOA\_MDT05\_ETRS89\_HU30\_1025\_LID

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30 Norte.

### **Cuenca vertiente**

A partir del modelo digital del terreno se ha obtenido la cuenca vertiente, así como las líneas del cauce más probable. Todos los datos se han obtenido mediante el software HEC-GeoHMS, así como a partir de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, de la Resolución de 26 de marzo de 2018, de la Dirección General de Carreteras, por la que se actualizan determinadas tablas de la norma 5.2 IC sobre Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras y de los trabajos llevados a cabo por el CEDEX para el tratamiento de los caudales máximos.

Se muestran los cálculos previos para estimar el valor del parámetro CN y  $P_0$  para cada subcuenca y finalmente se muestra una tabla con los cálculos de cada una de las mismas.



**MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS**



**FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES**

Cv/T	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,64	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,22	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860



### Estudio preliminar de CN y P<sub>0</sub>

Para calcular el parámetro Número de Curva SCS se va a utilizar la metodología determinada en la publicación del CEDEX "Generación automática del Número de Curva con Sistema de Información Geográfica". El esquema será el siguiente:

- Se realiza una clasificación geológica del suelo en función del grupo hidrológico al que pertenece. Para ello se utilizará el mapa de unidades litológicas del medio terrestre de España a escala 1:400000 editado a través del IGME y de fecha 1994 con última modificación el 01/12/2008, de donde se obtiene el siguiente esquema:

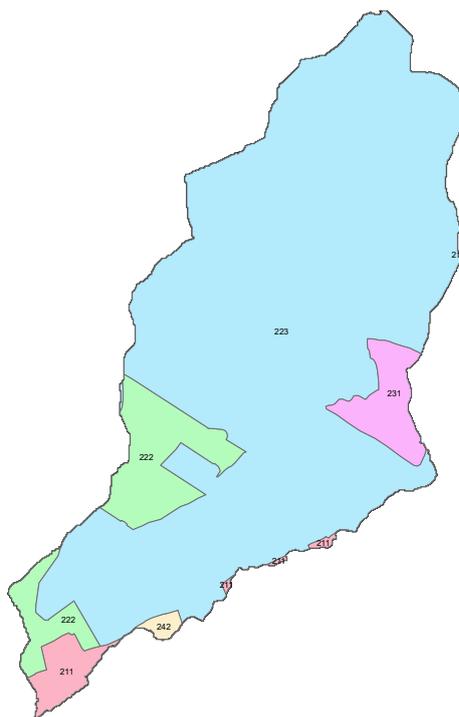


- Se genera un mapa de pendientes, clasificándolo según dicha pendiente sea mayor o menor al 3% (en color rojo si es mayor del 3% y en verde si es menor):

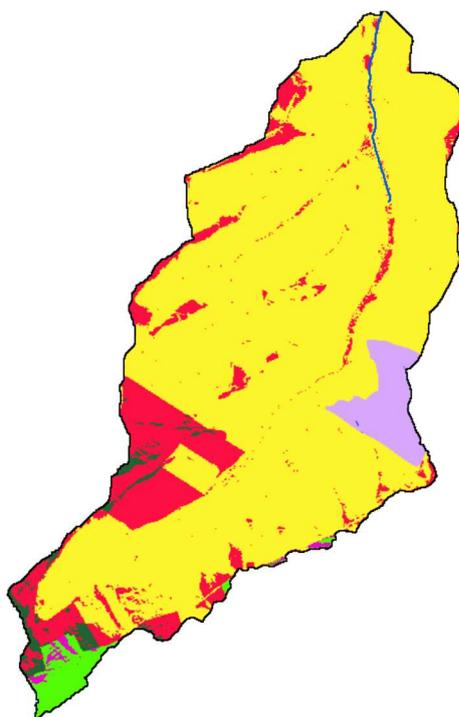




- A partir del mapa del Corine Land Cover editado en el SIOSE en el año 2018, se pueden definir los usos del suelo para las subcuencas definidas, de donde se obtiene el siguiente resultado:

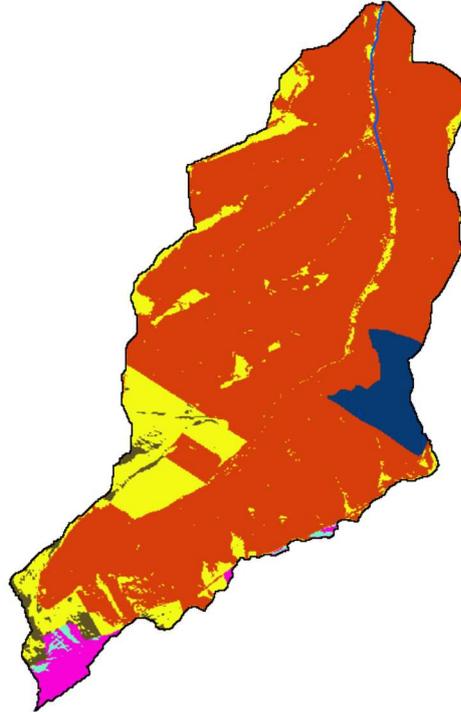


El resultado final de las CN es el siguiente:



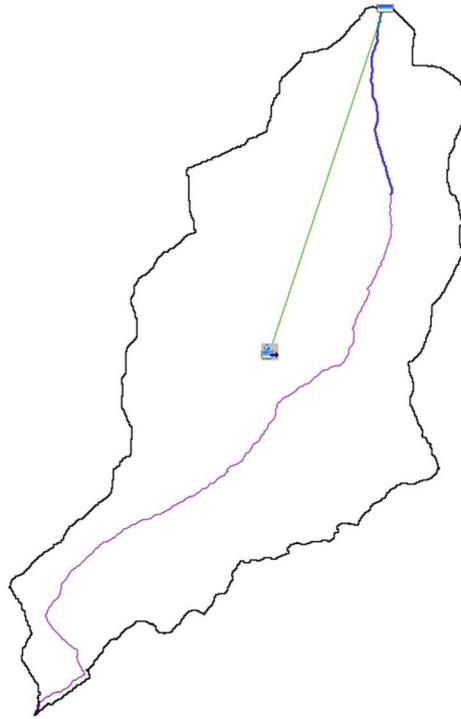


Y su equivalente en el umbral de escorrentía:



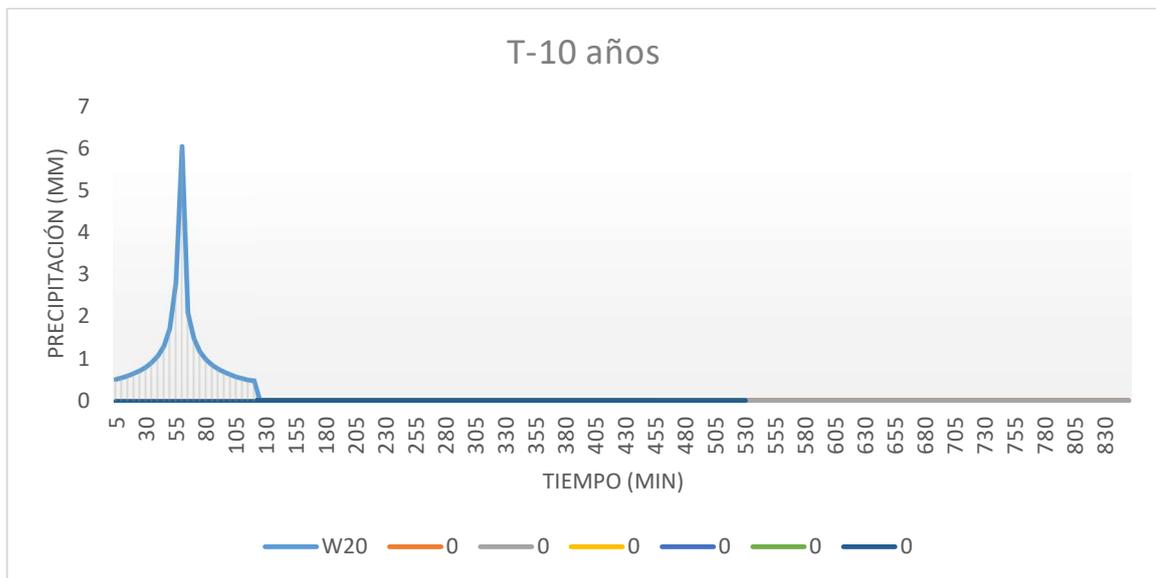
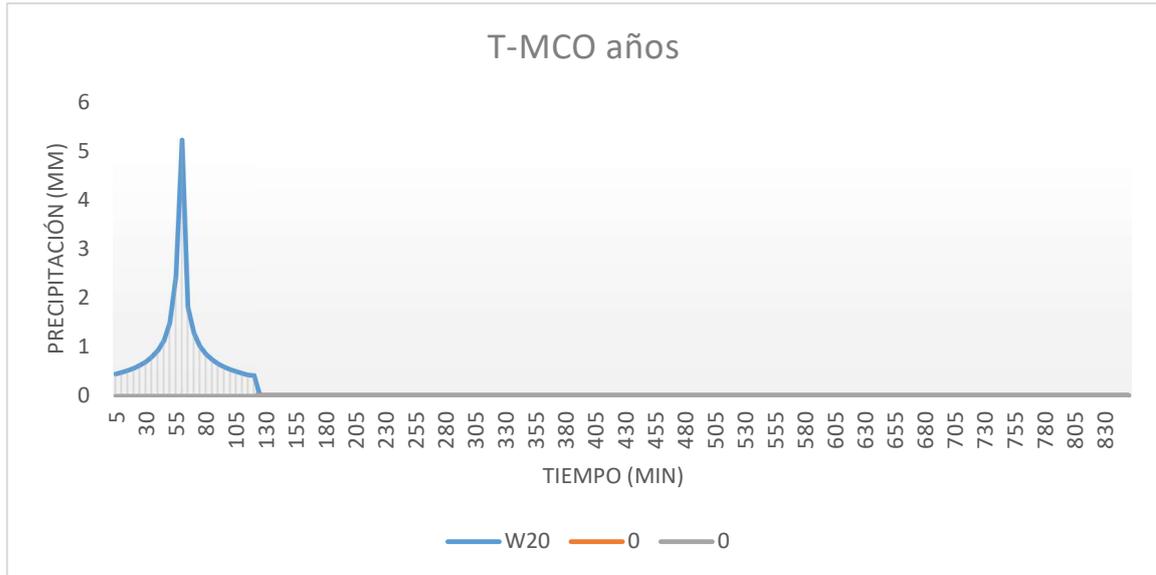
Para el cálculo del coeficiente de escorrentía conforme la Norma IT-5.2 de Drenaje, se aporta el siguiente punto, donde se obtiene este valor en función de los umbrales de escorrentía del terreno, aunque se adelanta el dato por agregar los resultados. Una vez que disponemos de la precipitación corregida en la cuenca de estudio, podemos obtener la distribución de lluvia mediante el método de los bloques alternados. Lo primero es distribuir la lluvia en precipitación máxima diaria conforme la distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno. En este caso la tabla, conforme los coeficientes de variación definidos en la Norma IT-5.2, es la siguiente:

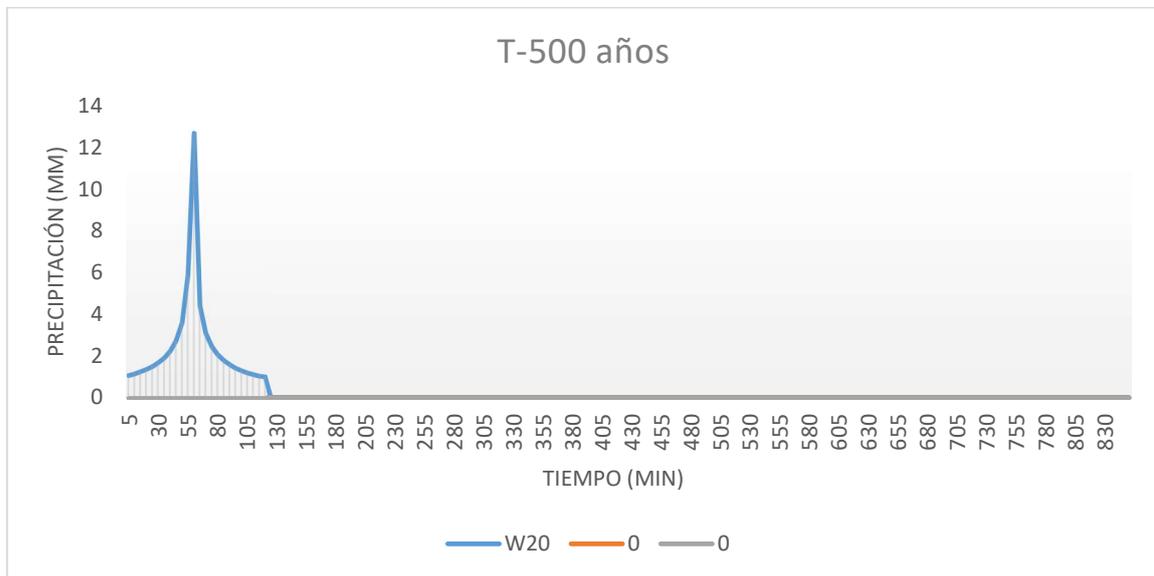
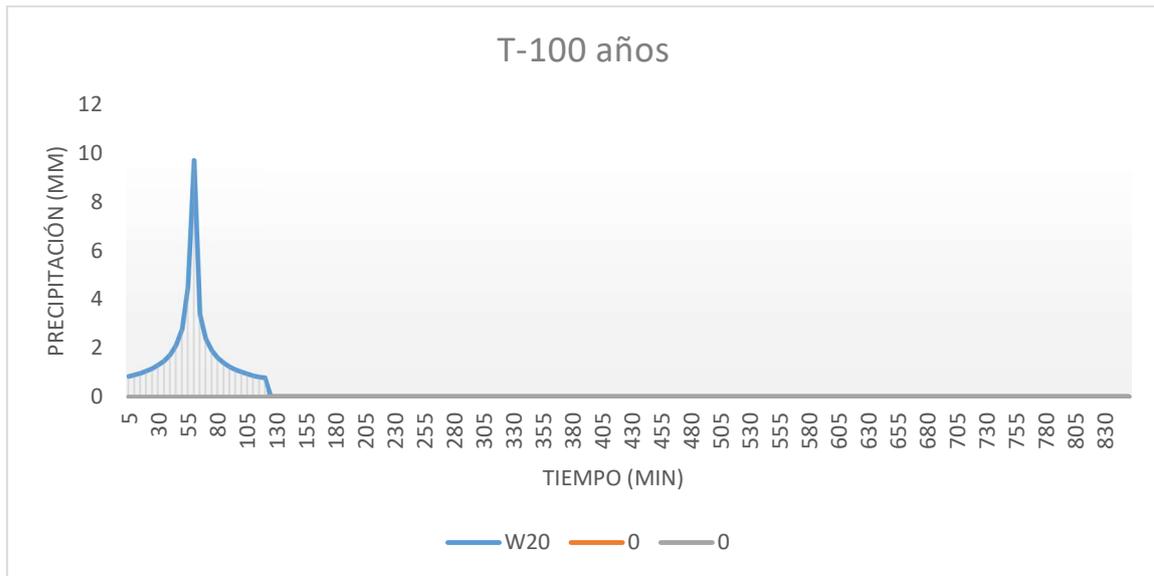
Periodo de Retorno	W20
Precipitación M <sub>co</sub> años (mm)	49.20553
Precipitación 10 años (mm)	57.12002
Precipitación 100 años (mm)	91.64014
Precipitación 500 años (mm)	119.6184





Sabiendo que se estima el periodo de retorno en  $T_{Mco}=5 \cdot C_v$ .





Los resultados se pueden insertar directamente en el software HEC-HMS para el histograma unitario.

### Método de cálculo

- Método de pérdidas: Se ha considerado el método SCS, obteniendo los umbrales de escorrentía a partir de los valores del siguiente punto y dando como resultado la correspondiente curva CN.
- Método de transformación: Se añade el hidrograma unitario SCS con un tiempo de retardo tal y como se ha definido por  $T_{Lag} = 0,35 \cdot T_c$
- Propagación de caudales: Se toma el método Muskingum-Cunge con canales trapezoidales, considerando un coeficiente de Manning de 0'035. No se dispone de otra información de contraste (pluviómetros) fiable para la utilización de otros métodos.
- Especificaciones de control: Se realiza el estudio cada 1 minuto, ya que la cuenca es media y necesita reducir los tiempos de estudio en tramos.
- Para el umbral de escorrentía en el modelo HMS se considera el menor de los valores obtenidos por el método definido para CN y su equivalente  $P_0$  y calculado por el método de la norma, así como un "impervious" o impermeabilidad del 0% para considerar las pérdidas de la cuenca por infiltración, lo que queda del lado de la seguridad:

	CN	$P_0$
W20	64.98789	27.40256

Para el coeficiente de escorrentía, puesto que el método racional utiliza la formulación prevista en la Instrucción de Carreteras, puede dar lugar a valores excesivamente bajos, lo que supone una minoración del caudal resultante y quedar por debajo en el coeficiente de seguridad global, por lo que se prevé que los valores mínimos utilizados siempre queden por encima o iguales a los publicados en la siguiente tabla:



### Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De donde podemos obtener la siguiente tabla de coeficientes de escorrentía mínimos:

C Escorrentía	TMco	T10	T100	T500
W20	0.38	0.41	0.51	0.60



## Resultados de cálculo

Se presenta a continuación una tabla con el resumen de los cálculos efectuados y previos a realizar la simulación.

Nombre del cauce	W20
Municipio	Pinos Punte
Provincia	Granada
Coordenada X UTM (m)	419557
Coordenada Y UTM (m)	4113352
Superficie Cuenca (Km2)	3.65775
Longitud Máxima (Km)	4.858722
Pendiente Cuenca (%)	0.028988
Factor Regional	9
Coficiente Corrector P0 para TMco	1.827
Coficiente Corrector P0 para T10	2.1
Coficiente Corrector P0 para T100	2.898
Coficiente Corrector P0 para T500	3.276
Incremento de Tiempo (min)	5
Intervalo de tiempo para Hietograma Unitario (min)	5
Coficiente de Variación MAXPLU	0.398829
Coficiente de variación para la zona	1.12
Periodo para caudal de MCO	5.6
Umbral de Escorrentía Ministerio inicial	27.40256
Umbral de Escorrentía Corregido T=MCO	50.06448
Umbral de Escorrentía Corregido T=10	57.54538
Umbral de Escorrentía Corregido T=100	79.41262
Umbral de Escorrentía Corregido T=500	89.77079
Tiempo de Concentración (min)	117.2756
Tlag (min)	41.04647
Factor Reductor de Lluvia Diaria	0.9624524
Precipitación Máxima Diaria MAXPLU (mm)	38.29622
Coficiente de Uniformidad	1.141689
Factor de intensidad	6.123305
Coficiente Muskingum K (Hr)	1.172756
Coficiente Muskingum X	0.2
Incremento tiempo en Control menor que	11.90348
Sub-reaches mayor que	5.480109
Numero de Curva CN para SCS	64.98789
Coficiente de Escorrentía TMco	0.38
Coficiente de Escorrentía T10	0.41
Coficiente de Escorrentía T100	0.51
Coficiente de Escorrentía T500	0.6
Caudal Método Racional TMco	5.326119
Caudal Método Racional T10	6.670918
Caudal Método Racional T100	13.3128
Caudal Método Racional T500	20.44385
Precipitación de los TMco	49.20553
Precipitación de los T10	57.12002
Precipitación de los T100	91.64014
Precipitación de los T500	119.6184
Intensidad de los TMco	1.973249
Intensidad de los T10	2.290637
Intensidad de los T100	3.67497
Intensidad de los T500	4.79696



### Caudales de cálculo

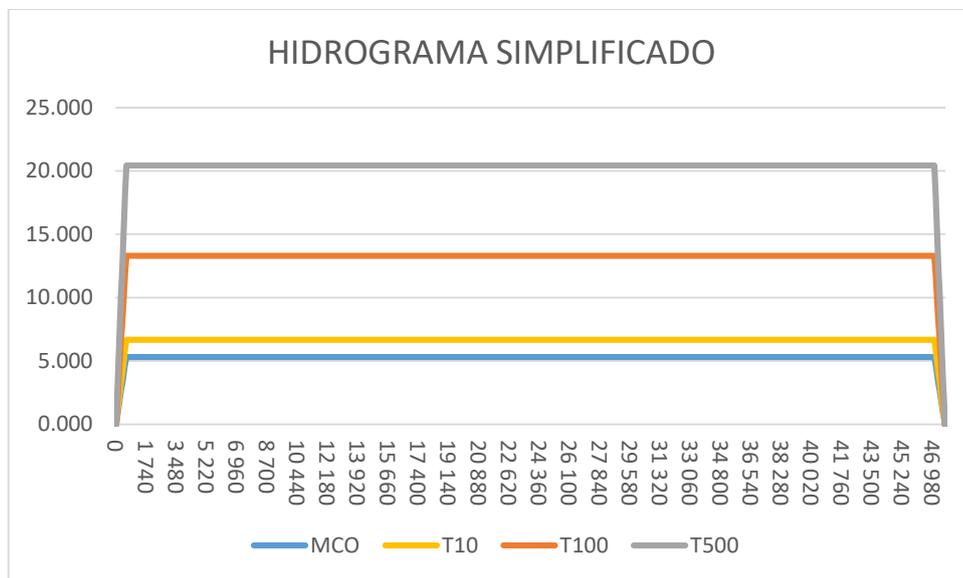
Los caudales se pueden estudiar en función del Método Racional Modificado o bien por el método de HEC-HMS. A continuación se muestran los resultados de ambos cálculos en m³/s:

- Método Racional Modificado:  $Q_T = \frac{I(T,t_C) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3,6}$  de donde se obtienen los siguientes caudales en función del periodo de retorno:

Periodo de Retorno	MCO Años	10 Años	100 Años	500 Años
W20	5.326	6.671	13.313	20.444
<b>TOTAL</b>	<b>5.326</b>	<b>6.671</b>	<b>13.313</b>	<b>20.444</b>

- Método HEC-HMS: Debido a la poca entidad de la cuenca, no se calcula por este método, utilizando únicamente el método racional.

Lo que genera los siguientes hidrogramas unitarios (simplificado para optimizar el cálculo conforme cálculo de caudales mediante método racional):



En el caso del hidrograma sintético, se adopta el aguacero al final del tiempo de concentración, con el fin de hacerlo coincidir en el tiempo con el resto de cauces, pero siempre dentro de su tiempo de concentración. En este caso, para facilitar los caudales convergentes (igual caudal entrante y saliente), se adopta un hidrograma de tiempo muy superior al tiempo de concentración, lo que redundará en el coeficiente de seguridad.



## ESTUDIO HIDRÁULICO DE LA ZONA AFECTADA

### Base topográfica

Se han utilizado los ficheros de datos LiDAR siguientes obtenidos desde el Instituto Geográfico Nacional:

- PNOA\_2020\_AND-C\_418-4116\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_418-4118\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_418-4120\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_420-4114\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_420-4116\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_420-4118\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_420-4120\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_422-4114\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_422-4116\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_422-4118\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_422-4120\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_424-4118\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_424-4120\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND-C\_424-4122\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_422-4114\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_422-4116\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_422-4118\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_422-4120\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_424-4118\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_424-4120\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_424-4122\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_424-4124\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_424-4126\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_426-4122\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_426-4124\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_426-4126\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_426-4128\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_428-4122\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_428-4124\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_428-4126\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_428-4128\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_430-4122\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_430-4124\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_430-4126\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_430-4128\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_432-4122\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_432-4124\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_432-4126\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_432-4128\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_432-4130\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_434-4120\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_434-4122\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_434-4124\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_434-4126\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_434-4128\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_434-4130\_ORT-CLA-IRC.laz
- PNOA\_2020\_AND\_NE\_436-4120\_ORT-CLA-IRC.laz

Se han realizado varias visitas a la zona de afección, llevando a cabo mediciones “in situ” de las secciones del cauce y de los usos del suelo en los alrededores.

Se considera suficiente para la elaboración del Modelo Digital del Terreno y así obtener las secciones con el software adecuado.

El Datum utilizado es el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) desde la aprobación del Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio y es en base a esta proyección con la que se desarrollan los resultados hidrológicos pertinentes.

El huso UTM utilizado, el aplicable a la mayor parte de la Península Ibérica, es el 30.

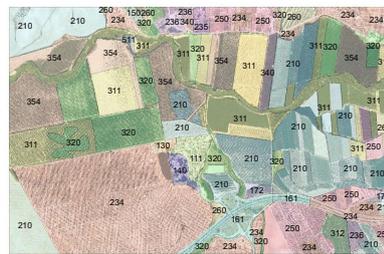
Una vez que se dispone de la base topográfica de tipo MDT se lleva a cabo una calibración de la misma mediante la inserción de elementos como plataformas y canales ejecutados y existentes en el sector, pero no reflejados en el MDT de descarga.



## Parámetros hidráulicos

Para la simulación se han considerado los siguientes parámetros:

- Software Iber v3.3 con su plug-in IberPlus.
- Tamaño de malla de 0'50x0'50 m<sup>2</sup> a partir de la topografía obtenida de la malla LiDAR descargada desde el IGN. Posteriormente se ha considerado la realidad física y topográfica del cauce modificando manualmente los elementos encontrados en la zona de afección. Triangulación por el modelo RTIN con dimensión mínima de 0'50 m.
- Respecto de los usos del suelo, para la consideración del coeficiente de Manning, se ha considerado los usos desde el Siose del 2014:

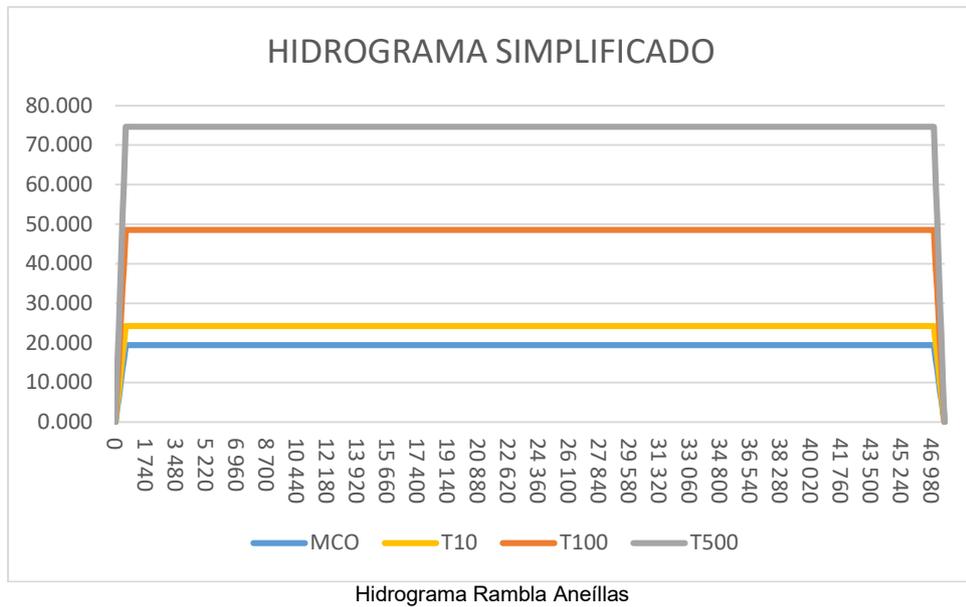
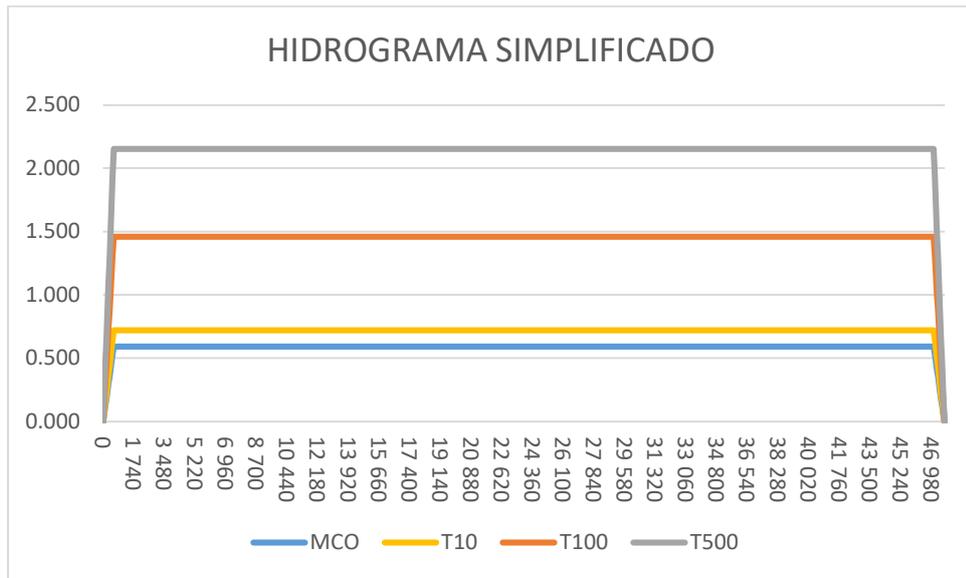


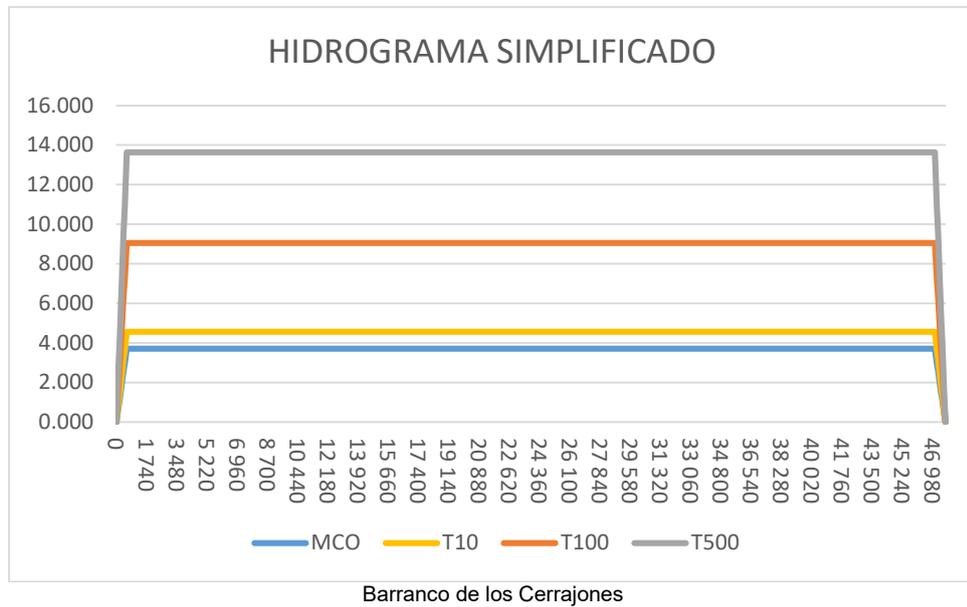
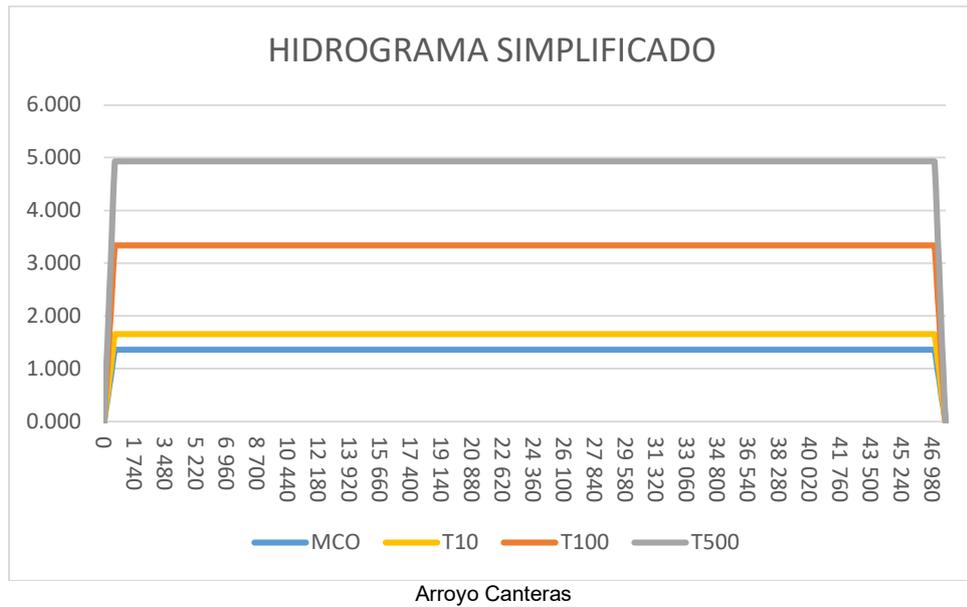
Los códigos adaptados a las rugosidades de Manning, conforme se atiende en Iber, son los siguientes:

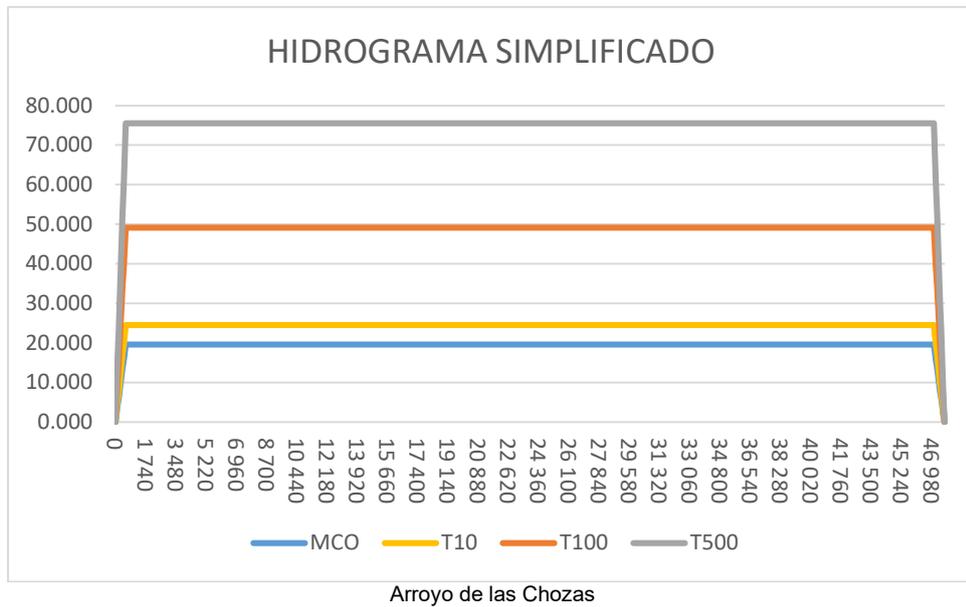
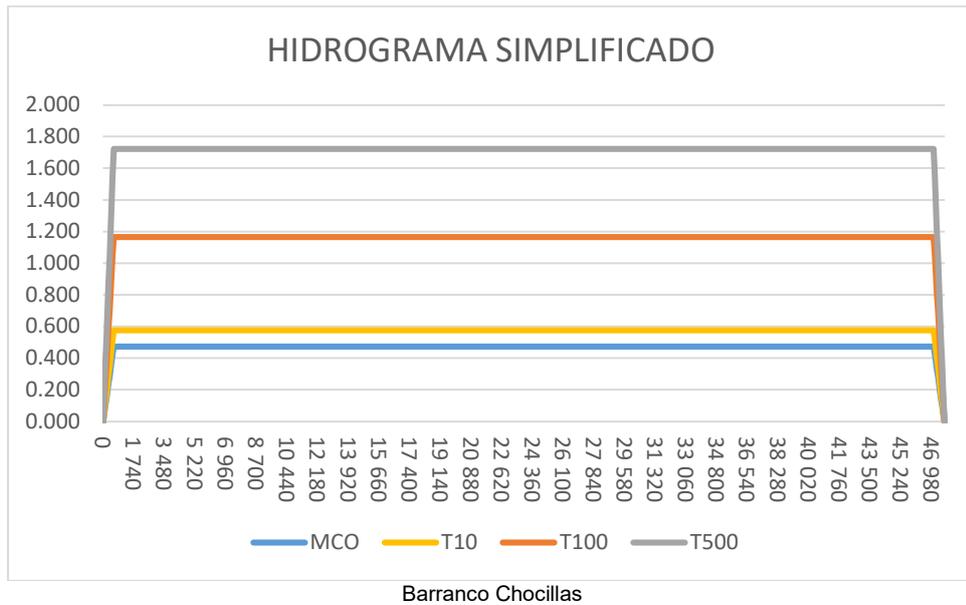


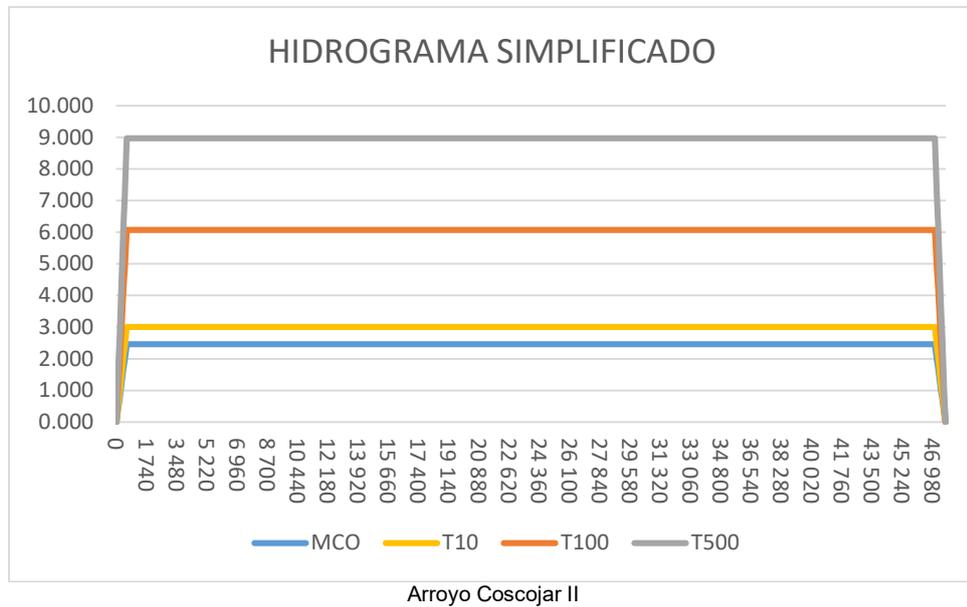
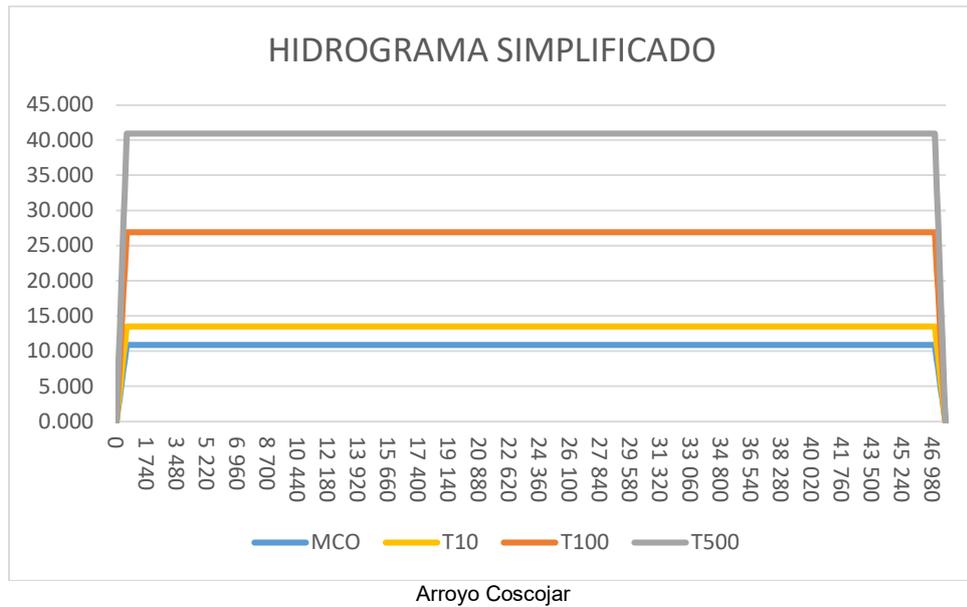
CODE	VALOR	N Manning
111	Casco	0.100
112	Ensanche	0.100
113	Discontinuo	0.090
114	Zona verde urbana	0.090
121	Instalación agrícola y/o ganadera	0.040
122	Instalación forestal	0.040
123	Extracción minera	0.040
130	Industrial	0.100
140	Servicio dotacional	0.100
150	Asentamiento agrícola y huerta	0.040
161	Red viaria o ferroviaria	0.100
162	Puerto	0.100
163	Aeropuerto	0.100
171	Infraestructura de suministro	0.100
172	Infraestructura de residuos	0.040
210	Cultivo herbáceo	0.040
220	Invernadero	0.045
231	Frutal cítricos	0.060
232	Frutal no cítrico	0.060
233	Viñedo	0.050
234	Olivar	0.060
235	Otros cultivos leñosos	0.060
236	Combinación de cultivos leñosos	0.060
240	Prado	0.035
250	Combinación de cultivos	0.040
260	Combinación de cultivos con vegetación	0.040
311	Bosque de frondosas	0.070
312	Bosque de coníferas	0.070
313	Bosque mixto	0.070
320	Pastizal o herbazal	0.035
330	Matorral	0.060
340	Combinación de vegetación	0.055
351	Playa, duna o arenal	0.025
352	Roquedo	0.030
353	Temporalmente desarbolado por incendios	0.040
354	Suelo desnudo	0.030
411	Zona húmeda y pantanosa	0.040
412	Turbera	0.040
413	Marisma	0.040
414	Salina	0.040
511	Curso de agua	0.040
512	Lago o laguna	0.025
513	Embalse	0.025
514	Lámina de agua artificial	0.025
515	Mar	0.025
516	Glaciar y/o nieve perpetua	0.025

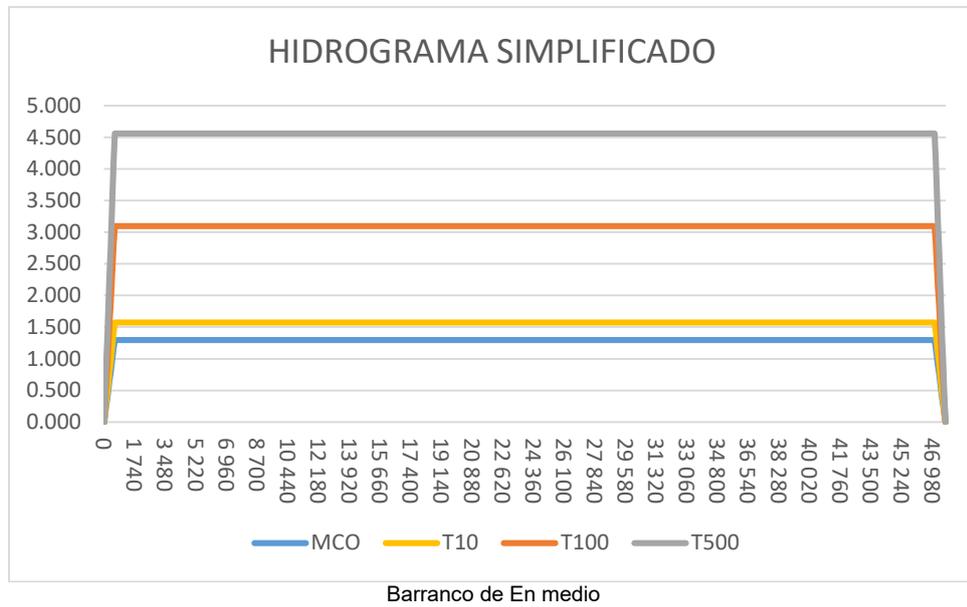
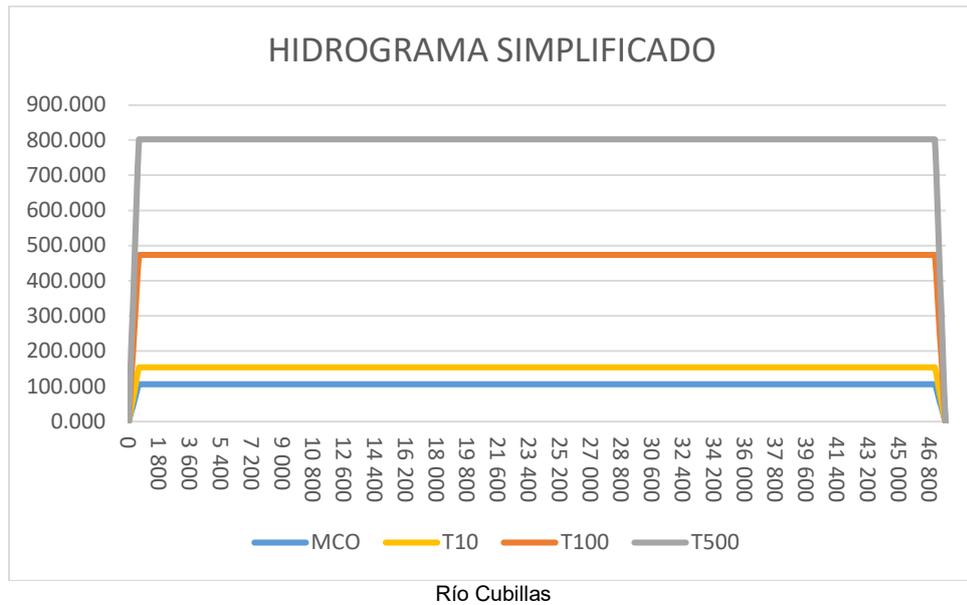
- Como condiciones iniciales se ha considerado todo a cota 0 de agua.
- Como condiciones de contorno, se ha considerado como vertedero de salida todo el borde exterior, mientras que en el borde de entrada al cauce, se ha definido un hidrograma unitario simplificado, con el fin de minimizar el consumo computacional:

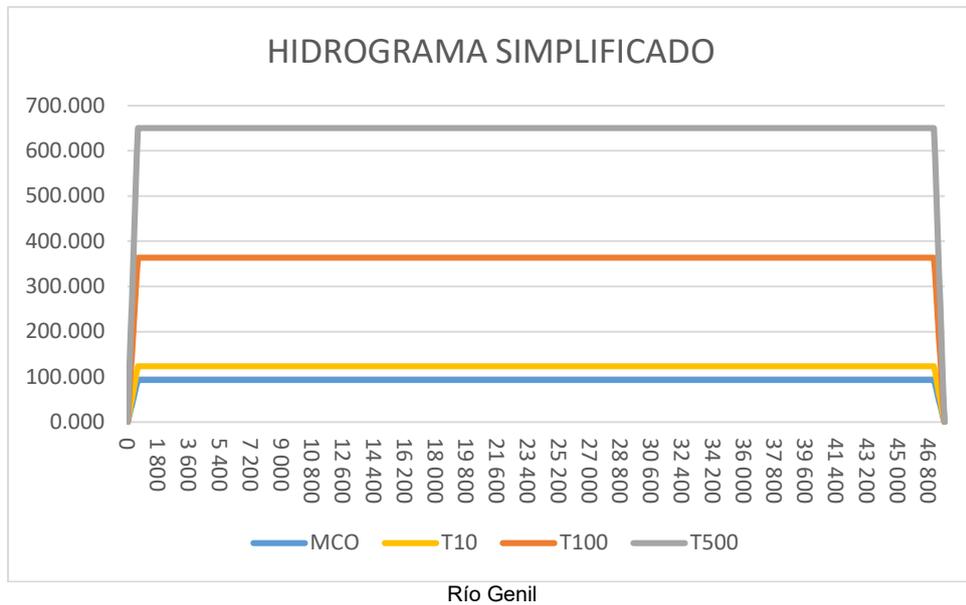
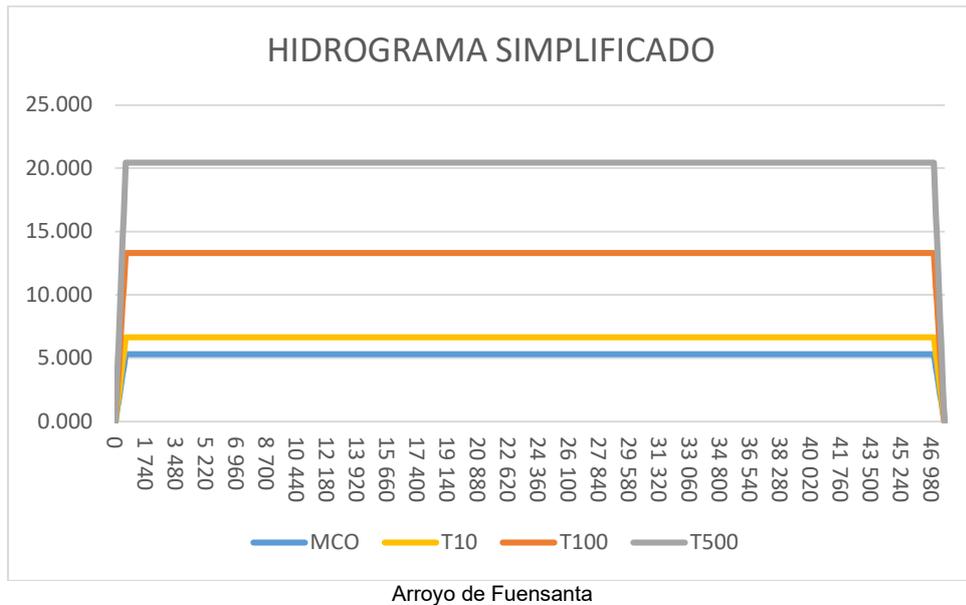


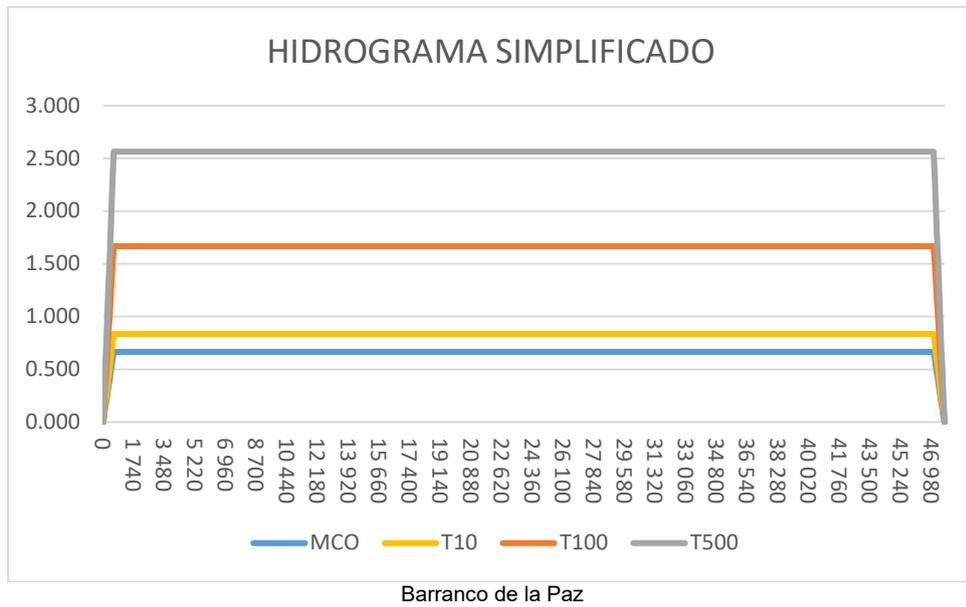
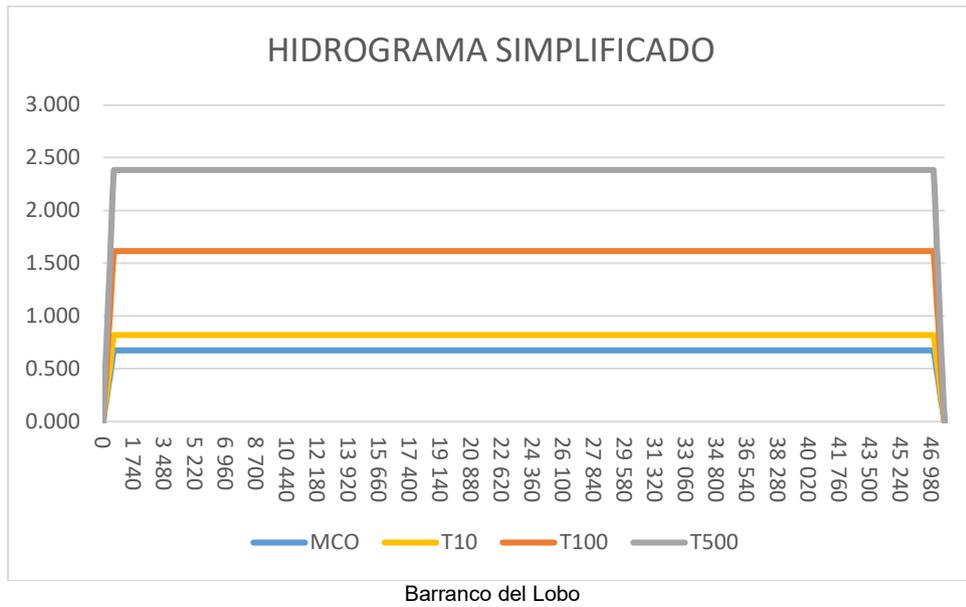


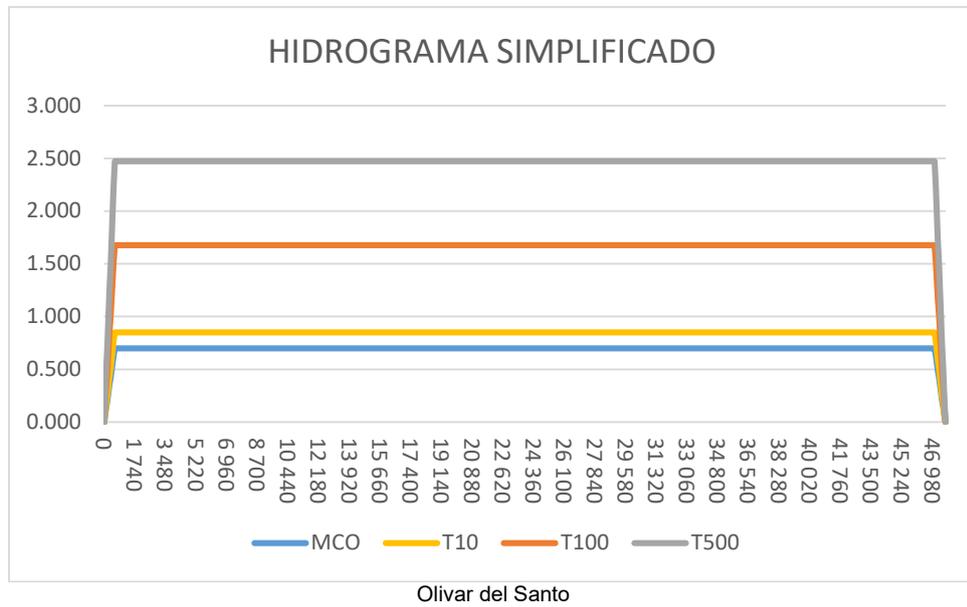
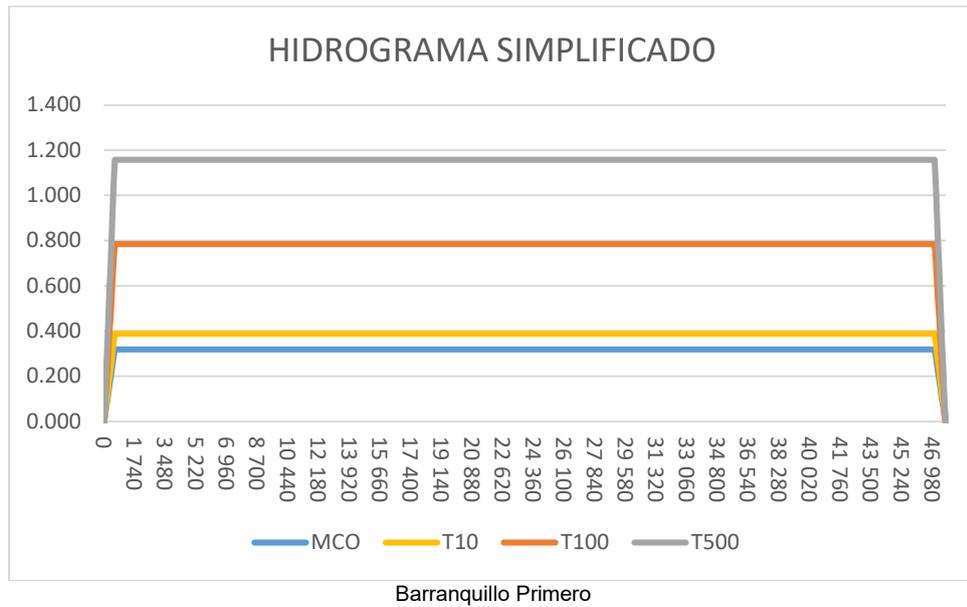


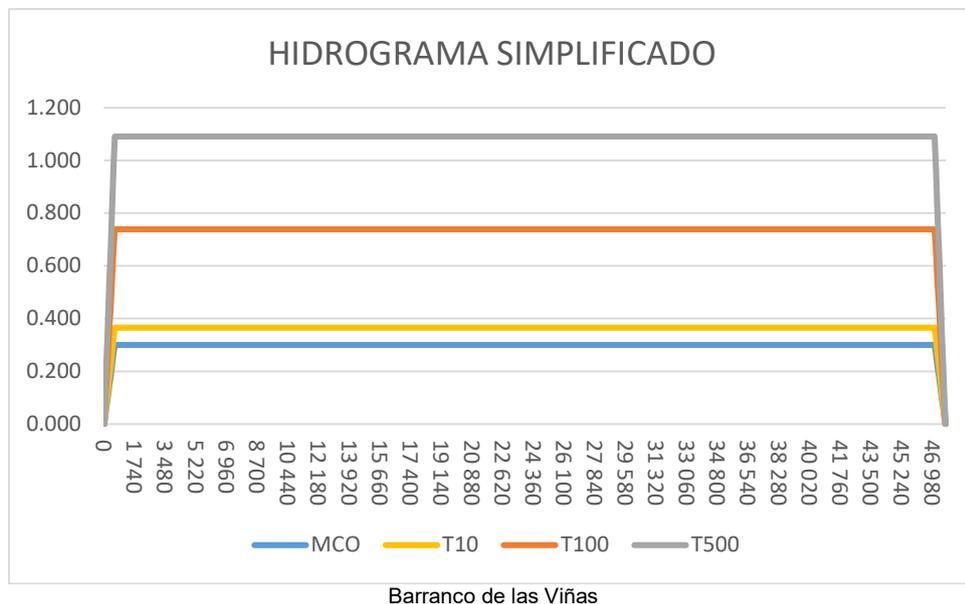
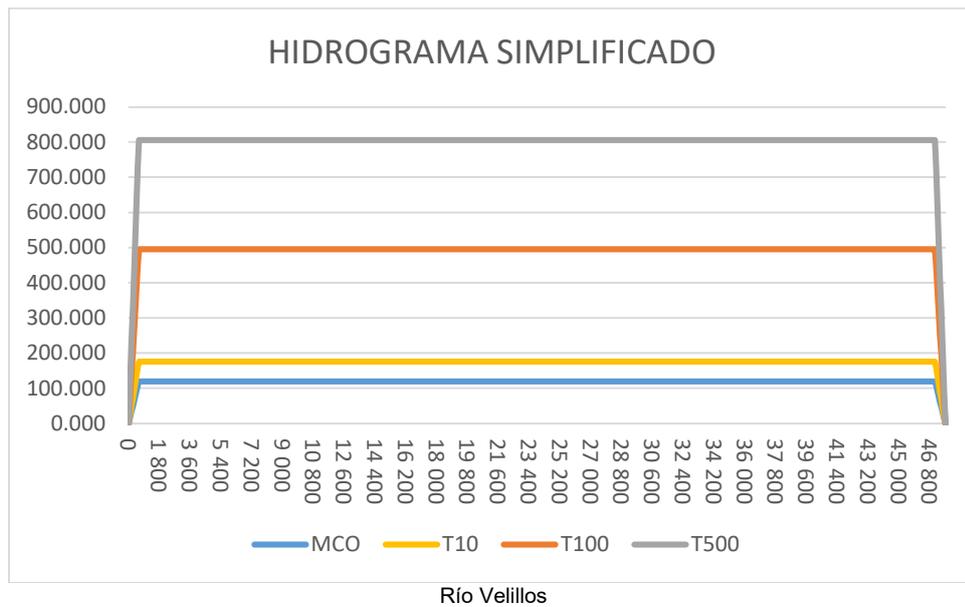












- Como pérdidas por infiltración no se considera de ningún tipo para estar del lado de la seguridad.
- Tiempos:
  - o Instante inicial: 0 segundos
  - o Final: 47700 segundos donde se asegura un régimen permanente, en el que los caudales de entrada y salida son iguales y no existen variaciones de velocidad ni de altura de agua, determinando un régimen estable de caudales.
  - o Intervalo de datos: 30 segundos
- Cálculo de primer orden (CFL=0'65), con límite de mojado en 1 mm y fricción en paredes de 0'015 (n de Manning).

#### **Justificación de los coeficientes de Manning asumidos**

Para la justificación de los valores "n" de Manning, se utilizará la publicación "Hidráulica de Canales Abiertos", redactado por el Profesor Ven Te Chow, ISBN 958-600-228-4.

De donde se puede obtener que, para los cauces naturales, se va a considerar un  $n=0'035$  (D-1.a.2), mientras que el resto de coeficientes se definen por los valores en defecto del modelo Iber recalculados conforme la tabla de conversiones del SIOSE.

Conforme se encuentra en la tabla del apartado 5-9:



Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
<b>A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos</b>			
<b>A-1. Metal</b>			
a. Latón, liso	0.009	<b>0.010</b>	0.013
b. Acero			
1. Estriado y soldado	0.010	0.012	0.014
2. Riveteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
c. Hierro fundido			
1. Recubierto	0.010	0.013	0.014
2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
d. Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
e. Metal corrugado			
1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas lluvias	0.021	<b>0.024</b>	0.030
<b>A-2. No metal</b>			
a. Lucita	0.008	0.009	0.010
b. Vidrio	0.009	<b>0.010</b>	0.013
c. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
d. Concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0.011	<b>0.013</b>	0.014
3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa	0.012	<b>0.014</b>	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa	0.015	0.017	0.020
e. Madera			
1. Machihembrada	0.010	0.012	0.014
2. Laminada, tratada	0.015	0.017	0.020
f. Arcilla			
1. Canaleta común de baldosas	0.011	<b>0.013</b>	0.017
2. Alcantarilla vitrificada	0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
g. Mampostería en ladrillo			
1. Barnizada o lacada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.015	0.017
h. Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones	0.012	0.013	0.016
i. Alcantarillado con balsa pavimentada, fondo liso	0.016	0.019	0.020
j. Mampostería de piedra, cementada	0.018	0.025	0.030

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
<b>B. Canales revestidos o desarmables</b>			
<b>B-1. Metal</b>			
a. Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	<b>0.012</b>	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
<b>B-2. No metal</b>			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con lana metálica (palustre)	0.011	<b>0.013</b>	0.015
2. Terminado con lana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d. Fondo de concreto terminado con lana de madera y con lados de			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o riprap	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lados de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o riprap	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	<b>0.013</b>	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	<b>0.015</b>	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.030	.....	0.500

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
<b>C. Excavado o dragado</b>			
a. En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	<b>0.022</b>	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancos con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
d. Corres en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140
<b>D. Corrientes naturales</b>			
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	<b>0.030</b>	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de arroyos con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150



## Elementos hidráulicos

A lo largo de la superficie y ámbito de estudio se encuentran una serie de elementos que es necesario incorporar en el modelo bidimensional de Iber.

Respecto de las alcantarillas o "culverts" se encuentran las siguientes:

### Culvert en Zujaira

#### Zuj-1

428544.4992 4123869.8951 584.0676  
428542.9992 4123853.3951 583.9922  
Cajon 2'00x1'80  
0.014

#### Zuj-2

428543.4992 4123839.3951 583.0483  
428572.4992 4123695.3951 573.9846  
Cajon 1'50x1'50  
0.014

#### Zuj-3

428597.9992 4123776.8951 580.0879  
428573.4992 4123695.8951 573.9898  
Cajon 2'00x1'50  
0.014

#### Zuj-4

428653.4992 4123483.3951 564.0153  
428660.4992 4123463.3951 562.7023  
Tubería HA1000  
0.012

#### Zuj-5

428654.4992 4123484.3951 564.0295  
428661.9992 4123463.8951 563.5706  
Tubería HA1000  
0.012

#### Zuj-6

428849.4992 4123517.3951 563.5000  
428848.9992 4123502.8951 563.5000  
Tubería HA800  
0.012

#### Zuj-7

428984.9992 4123736.8951 577.0000  
428999.9992 4123487.8951 561.5000  
Tubería HA1500  
0.012

#### Zuj-8

429462.9992 4123638.8951 574.0361  
429459.9992 4123617.3951 573.9957  
Cajon 2'00x1'30  
0.014

#### Zuj-9

429767.9992 4123862.8951 584.0233  
429778.4992 4123849.3951 583.9899  
Cajon 3'00x1'40  
0.014

#### Zuj-10

429878.9992 4123725.8951 578.5212  
429881.9992 4123711.8951 577.9875  
Bóveda 3'00x1'40  
0.014

#### Zuj-11

430665.9992 4123888.8951 576.0000  
430710.9992 4123814.8951 574.0000  
Bóveda 1'70x0'60



0.014

Zuj-12

431181.9992 4123995.8951 572.0000

431182.9992 4123986.8951 572.0000

Tubería HA800

0.012

Acequia

431818.9992 4124163.8951 566.4963

431589.4992 4124056.8951 565.9260

Acequia Anzola (1'20x0'80)

0.014

Culvert en Pinos Puente

Pinos-1

431818.9992 4124163.8951 566.4963

431589.4992 4124056.8951 565.9260

Marco de 2'20x1'00 (multicelular 2 uds)

0.014

Pinos-2

433084.9992 4123698.8951 589.0000

433077.9992 4123691.8951 588.6900

Marco de 2'20x1'00 (multicelular 2 uds)

0.014

Pinos-3

433005.9992 4123615.8951 582.1500

432922.9992 4123526.8951 575.8500

Cajon 3'00x2'00

0.014

Pinos-4

432861.4992 4123470.3951 572.0000

432813.9992 4123454.8951 566.7704

Cajon 3'00x2'00

0.014

Pinos-5

432646.5066 4123561.3877 565.9946

432257.9992 4123787.8951 561.9954

Cajon 3'00x1'50

0.014

Molaina

434624.4467 4122181.2852 579.0000

434609.9467 4122164.2852 579.0000

Tubería HA600

0.012

Culvert en Fuensanta

420153.9958 4115169.6949 568.1036

420145.9958 4115231.6949 567.8320

Cajon 3'00x2'00

0.014

420181.1088 4115279.6868 565.5209

420178.9958 4115288.1949 564.9253

Tubería HA 1200

0.012

420182.9958 4115279.6949 565.5285

420179.9958 4115289.6949 564.8986

Tubería HA 1200

0.012

Culvert en Trasmulas

422818.9958 4116660.6949 535.0000

422799.9958 4116731.6949 535.0000



Bóveda 3'00x2'00  
0.014

423144.9958 4116829.6949 533.0000  
423135.9958 4116838.6949 533.0000  
Multicelular 3'00x2'40  
0.014

423138.9958 4116840.6949 533.0000  
423147.9958 4116831.6949 533.0000  
Multicelular 3'00x2'40  
0.014

423051.9958 4116850.6949 532.3000  
423021.9958 4116879.6949 532.3000  
Multicelular 3'00x2'40  
0.014

423056.9958 4116852.6949 532.3000  
423025.9958 4116883.6949 532.3000  
Multicelular 3'00x2'40  
0.014

423015.9958 4116889.6949 532.3000  
423011.9958 4116917.6949 532.0000  
Multicelular 3'00x2'40  
0.014

423018.9958 4116889.6949 532.3000  
423015.9958 4116917.6949 532.0000  
Multicelular 3'00x2'40  
0.014

422804.9958 4116889.6949 531.1237  
422802.9958 4116904.6949 530.6966  
Tubería HA 2000  
0.012

422807.9958 4116889.6949 531.0638  
422805.9958 4116903.6949 530.8061  
Tubería HA 2000  
0.012

422809.9313 4117317.4654 518.5000  
422802.9958 4117341.6949 519.0000  
Cajón 0'90x0'75  
0.014

422775.9958 4117400.6949 518.0000  
422771.9958 4117409.6949 517.0000  
Cajón 0'90x0'75  
0.014

Estos elementos se ha determinado por visitas y mediciones "in situ", así como ubicando los puntos de inicio y fin de dichos elementos a través del DXF generado tras la determinación del modelo triangular (mesh), con el fin de que dichos puntos coincidan con el modelo triangular sin distorsionar y cometer errores.

Respecto de los Puentes, se han evaluado los principales, considerando los estribos y pilas mediante elementos rígidos elevados hasta la cota de la plataforma, y determinando para los diversos puentes las cotas de tablero y de plataforma de vertido. Dichos elementos no se pueden listas ya que pertenecen al modelo a través de sus elementos.

Para los puentes se ha determinado los siguientes factores o parámetros de cálculo:

- Porcentaje de apertura del puente: 100%
- Cd tablero: 1'70
- Cd flujo presión libre: 0'60
- Cd flujo presión anegado: 0'80

De manera que cada puente supone una estación distinta.

En el caso de los puentes sí que se ha detectado una pequeña variación en el río Cubillas a su paso por el cruce de la carretera N-432, ya que en la versión de estudio aprobada por el Organismo de cuenca se ha detectado que no existe prácticamente desbordamiento en este



punto, mientras que en el modelo estudiado aquí se ha determinado algo de desbordamiento, que genera una mayor mancha en la T500 hacia el sur.

Por ese motivo, y puesto que la mancha de inundación aprobada y supervisada es la generada por la página del IDE del Organismo de Cuenca, deberá acordarse algún elemento de limpieza del cauce actual y mejora del puente sobre el río a su paso de la N432, con el fin de minimizar dicho aspecto de inundación. Probablemente en el estudio original no se hayan tenido en cuenta las pilas existentes, por lo que esa pudiera ser la diferencia, aunque desde el redactor de este documento no se ha tenido acceso a los archivos técnicos originales del estudio oficial.

Cabe decir que a partir de la versión 3.3 del software Iber, ya se puede determinar con suficiente exactitud la Vía de Intenso Desagüe, que anteriormente poseía infinitas soluciones y llevaba aparejado cierta incertidumbre y desasosiego en los redactores.

Con el modelo actual y basándose en parámetros hidráulicos, se determina con suficiente exactitud dicha VID, y es la operación que se ha desarrollado en el estudio.

Señalar que el modelo de Pinos-Zujaira-Casanueva se ha tenido que repartir en 2 zonas independientes debido al enorme coste computacional y de tiempo.

También se ha considerado una elevación inicial en el modelo de cota "0".

Los caudales de entrada se insertan a través de los hidrogramas calculados en el estudio hidrológico mediante una entrada de caudal total en régimen crítico/subcrítico, en un intervalo de tiempo suficiente para determinar una cierta estabilización de caudales de entrada y salida.

Los caudales de entrada, al no seguir la ley estudiada a través del hidrograma generado por el HEC-HMS, y asimilarlo a una ley trapezoidal, genera un exceso de volumen de agua aportada al ámbito que excede con mucho los caudales máximos, quedando siempre del lado de la seguridad (sería suficiente con aplicar una curva normalizada de duración del tiempo de concentración de cada cuenca). Se aproxima el coeficiente de mayoración a un 30% más de lo debido (1'30).

Respecto de los elementos de salida se indican sólo en el borde del ámbito de estudio en un régimen de tipo supercrítico/crítico.

Por último, especificar que se han considerado intervalos de grabación de datos de 60 segundos (suficientes para determinar la zona de inundación), con un coeficiente CFL del orden de 0'55 y 0'65, y con un límite de seco-mojado de 1 cm.

Todos los cálculos se han realizado con la versión IberPlus, aprovechando las capacidades de cálculo CUDA con la GPU del sistema.



## CONCLUSIONES

A continuación se van a considerar las conclusiones principales, una vez analizado el riesgo de inundabilidad de la zona afectada, la zona de suelo de urbanizable donde se ubica y el uso al que se destina la actividad a autorizar.

Respecto del Reglamento de Dominio Público Hidráulico, se consideran las siguientes limitaciones en cada zona de estudio:

Artículo 7:

1. *La zona de servidumbre para uso público definida en el artículo anterior tendrá los fines siguientes:*
  - a) *Protección del ecosistema fluvial y del dominio público hidráulico.*
  - b) *Paso público peatonal y para el desarrollo de los servicios de vigilancia, conservación y salvamento, salvo que por razones ambientales o de seguridad el organismo de cuenca considere conveniente su limitación.*
  - c) *Varado y amarre de embarcaciones de forma ocasional y en caso de necesidad.*
2. *Los propietarios de estas zonas de servidumbre podrán libremente sembrar y plantar especies no arbóreas, siempre que no deterioren el ecosistema fluvial o impidan el paso señalado en el apartado anterior.*  
*Las talas o plantaciones de especies arbóreas requerirán autorización del organismo de cuenca.*
3. *Con carácter general no se podrá realizar ningún tipo de construcción en esta zona salvo que resulte conveniente o necesaria para el uso del dominio público hidráulico o para su conservación y restauración. Solo podrán autorizarse edificaciones en zona de servidumbre en casos muy justificados.*  
*Las edificaciones que se autoricen se ejecutarán en las condiciones menos desfavorables para la propia servidumbre y con la mínima ocupación de la misma, tanto en su suelo como en su vuelo. Deberá garantizarse la efectividad de la servidumbre, procurando su continuidad o su ubicación alternativa y la comunicación entre las áreas de su trazado que queden limitadas o cercenadas por aquélla.*

Artículo 9 bis Limitaciones a los usos en la zona de flujo preferente en suelo rural:

*Con el objeto de garantizar la seguridad de las personas y bienes, de conformidad con lo previsto en el artículo 11.3 del TRLA, y sin perjuicio de las normas complementarias que puedan establecer las comunidades autónomas, se establecen las siguientes limitaciones en los usos del suelo en la zona de flujo preferente:*

1. *En los suelos que se encuentren en la fecha de entrada en vigor del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, en la situación básica de suelo rural del texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana aprobado por el Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, no se permitirá la instalación de nuevas:*

- a) *Instalaciones que almacenen, transformen, manipulen, generen o viertan productos que pudieran resultar perjudiciales para la salud humana y el entorno (suelo, agua, vegetación o fauna) como consecuencia de su arrastre, dilución o infiltración, en particular estaciones de suministro de carburante, depuradoras industriales, almacenes de residuos, instalaciones eléctricas de media y alta tensión; o centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores, o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población; o parques de bomberos, centros penitenciarios, instalaciones de los servicios de Protección Civil.*
- b) *Edificaciones, obras de reparación o rehabilitación que supongan un incremento de la ocupación en planta o del volumen de edificaciones existentes, cambios de uso que incrementen la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas, garajes subterráneos, sótanos y cualquier edificación bajo rasante e instalaciones permanentes de aparcamientos de vehículos en superficie.*
- c) *Acampadas, zonas destinadas al alojamiento en los campings y edificios de usos vinculados.*
- d) *Depuradoras de aguas residuales urbanas, salvo en aquellos casos en los que se compruebe que no existe una ubicación alternativa o, en el caso de pequeñas poblaciones, que sus sistemas de depuración sean compatibles con las inundaciones. En estos casos excepcionales, se diseñarán teniendo en cuenta, además de los requisitos previstos en los artículos 246 y 259 ter, el riesgo de inundación existente, incluyendo medidas que eviten los eventuales daños que puedan originarse en sus instalaciones y garantizando que no se incremente el riesgo de inundación en el entorno inmediato, ni aguas abajo. Además se informará al organismo de cuenca de los puntos de desbordamiento en virtud de la disposición adicional segunda. Quedan exceptuadas las obras de conservación, mejora y protección de las ya existentes.*
- e) *Invernaderos, cerramientos y vallados que no sean permeables, tales como los cierres de muro de fábrica estancos de cualquier clase.*
- f) *Granjas y criaderos de animales que deban estar incluidos en el Registro de explotaciones ganaderas.*
- g) *Rellenos que modifiquen la rasante del terreno y supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe. Este supuesto no es de aplicación a los rellenos asociados a las actuaciones contempladas en el artículo 126 ter, que se regirán por lo establecido en dicho artículo.*
- h) *Acopios de materiales que puedan ser arrastrados o puedan degradar el dominio público hidráulico o almacenamiento de residuos de todo tipo.*



i) Infraestructuras lineales diseñadas de modo tendente al paralelismo con el cauce. Excepcionalmente, cuando se demuestre en que no existe otra alternativa viable de trazado, podrá admitirse una ocupación parcial de la zona de flujo preferente, minimizando siempre la alteración del régimen hidráulico y que se compense, en su caso, el incremento del riesgo de inundación que eventualmente pudiera producirse. Quedan exceptuadas las infraestructuras de saneamiento, abastecimiento y otras canalizaciones subterráneas así como las obras de conservación, mejora y protección de infraestructuras lineales ya existentes. Las obras de protección frente a inundaciones se regirán por lo establecido en los artículos 126, 126 bis y 126 ter.

2. Excepcionalmente se permite la construcción de pequeñas edificaciones destinadas a usos agrícolas con una superficie máxima de 40 m<sup>2</sup>, la construcción de las obras necesarias asociadas a los aprovechamientos reconocidos por la legislación de aguas, y aquellas otras obras destinadas a la conservación y restauración de construcciones singulares asociadas a usos tradicionales del agua, siempre que se mantenga su uso tradicional y no permitiendo, en ningún caso, un cambio de uso salvo el acondicionamiento museístico, siempre que se reúnan los siguientes requisitos:

a) No represente un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas.

b) Que no se incremente de manera significativa la inundabilidad del entorno inmediato, ni aguas abajo, ni se condicionen las posibles actuaciones de defensa contra inundaciones de la zona urbana. Se considera que se produce un incremento significativo de la inundabilidad cuando a partir de la información obtenida de los estudios hidrológicos e hidráulicos, que en caso necesario sean requeridos para su autorización y que definan la situación antes de la actuación prevista y después de la misma, no se deduzca un aumento de la zona inundable en terrenos altamente vulnerables.

3. Toda actuación en la zona de flujo preferente deberá contar con una declaración responsable, presentada ante la Administración hidráulica competente e integrada, en su caso, en la documentación del expediente de autorización, en la que el promotor exprese claramente que conoce y asume el riesgo existente y las medidas de protección civil aplicables al caso, comprometiéndose a trasladar esa información a los posibles afectados, con independencia de las medidas complementarias que estime oportuno adoptar para su protección. Dicha declaración será independiente de cualquier autorización o acto de intervención administrativa previa que haya de ser otorgada por los distintos órganos de las Administraciones públicas, con sujeción, al menos, a las limitaciones de uso que se establecen en este artículo. En particular, estas actuaciones deberán contar con carácter previo a su realización, según proceda, con la autorización en la zona de policía en los términos previstos en el artículo 78 o con el informe de la Administración hidráulica de conformidad con el artículo 25.4 del TRLA (en tal caso, a menos que el correspondiente Plan de Ordenación Urbana, otras figuras de ordenamiento urbanístico o planes de obras de la Administración, hubieran sido informados y hubieran recogido las oportunas previsiones formuladas al efecto). La declaración responsable deberá presentarse ante la Administración hidráulica con una antelación mínima de un mes antes del inicio de la actividad en los casos en que no haya estado incluida en un expediente de autorización.

4. Para los supuestos excepcionales anteriores, y para las edificaciones ya existentes, las administraciones competentes fomentarán la adopción de medidas de disminución de la vulnerabilidad y autoprotección, todo ello de acuerdo con lo establecido en la Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil y la normativa de las comunidades autónomas.

#### Artículo 14.bis

Con el objeto de garantizar la seguridad de las personas y bienes, de conformidad con lo previsto en el artículo 11.3 del texto refundido de la Ley de Aguas, y sin perjuicio de las normas complementarias que puedan establecer las comunidades autónomas, se establecen las siguientes limitaciones en los usos del suelo en la zona inundable:

1. Las nuevas edificaciones y usos asociados en aquellos suelos que se encuentren en situación básica de suelo rural en la fecha de entrada en vigor del [Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre](#), se realizarán, en la medida de lo posible, fuera de las zonas inundables.  
En aquellos casos en los que no sea posible, se estará a lo que al respecto establezcan, en su caso, las normativas de las comunidades autónomas, teniendo en cuenta lo siguiente:
  - a) Las edificaciones se diseñarán teniendo en cuenta el riesgo de inundación existente y los nuevos usos residenciales se dispondrán a una cota tal que no se vean afectados por la avenida con periodo de retorno de 500 años, debiendo diseñarse teniendo en cuenta el riesgo y el tipo de inundación existente. Podrán disponer de garajes subterráneos y sótanos, siempre que se garantice la estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años de periodo de retorno, se realicen estudios específicos para evitar el colapso de las edificaciones, todo ello teniendo en cuenta la carga sólida transportada, y además se disponga de respiraderos y vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida. Se deberá tener en cuenta su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.
  - b) Se evitará el establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales tales como, hospitales, centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población, acampadas, zonas destinadas al alojamiento en los campings y edificios de usos vinculados, parques de bomberos, centros penitenciarios, depuradoras, instalaciones de los servicios de Protección Civil, o similares. Excepcionalmente, cuando se demuestre que no existe otra alternativa de ubicación, se podrá permitir su establecimiento, siempre que se cumpla lo establecido en el apartado anterior y se asegure su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.
2. En aquellos suelos que se encuentren a la fecha de entrada en vigor del [Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre](#), en la situación básica de suelo urbanizado, podrá permitirse la construcción de nuevas edificaciones, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, lo establecido en las letras a) y b) del apartado 1.

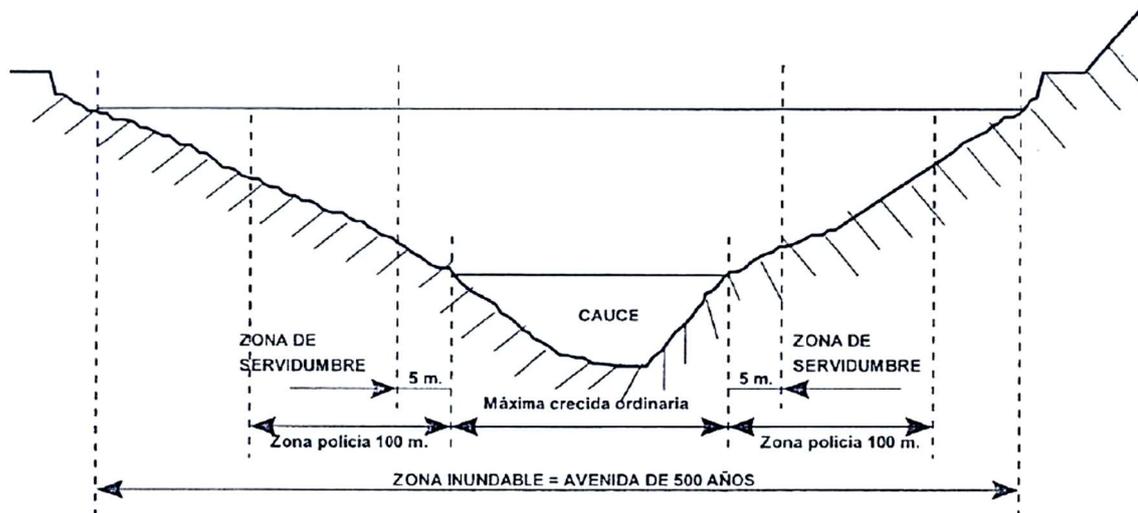


3. Para los supuestos anteriores, y para las edificaciones ya existentes, las administraciones competentes fomentarán la adopción de medidas de disminución de la vulnerabilidad y autoprotección, todo ello de acuerdo con lo establecido en la [Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil](#) y la normativa de las comunidades autónomas. Asimismo, el promotor deberá suscribir una declaración responsable en la que exprese claramente que conoce y asume el riesgo existente y las medidas de protección civil aplicables al caso, comprometiéndose a trasladar esa información a los posibles afectados, con independencia de las medidas complementarias que estime oportuno adoptar para su protección. Esta declaración responsable deberá estar integrada, en su caso, en la documentación del expediente de autorización. En los casos en que no haya estado incluida en un expediente de autorización de la administración hidráulica, deberá presentarse ante ésta con una antelación mínima de un mes antes del inicio de la actividad.
4. Además de lo establecido en el apartado anterior, con carácter previo al inicio de las obras, el promotor deberá disponer del certificado del Registro de la Propiedad en el que se acredite que existe anotación registral indicando que la construcción se encuentra en zona inundable.
5. En relación con las zonas inundables, se distinguirá entre aquéllas que están incluidas dentro de la zona de policía que define el artículo 6.1.b) del TRLA, en la que la ejecución de cualquier obra o trabajo precisará autorización administrativa de los organismos de cuenca de acuerdo con el artículo 9.4, de aquellas otras zonas inundables situadas fuera de dicha zona de policía, en las que las actividades serán autorizadas por la administración competente con sujeción, al menos, a las limitaciones de uso que se establecen en este artículo, y al informe que emitirá con carácter previo la Administración hidráulica de conformidad con el artículo 25.4 del TRLA, a menos que el correspondiente Plan de Ordenación Urbana, otras figuras de ordenamiento urbanístico o planes de obras de la Administración, hubieran sido informados y hubieran recogido las oportunas previsiones formuladas al efecto.

Como conclusiones se puede atender lo siguiente:

- Una zona muy acotada del casco urbano se encuentra en zona inundable.
- La zona de servidumbre afecta a una parte importante del suelo urbano.
- Una zona muy importante del ámbito queda afectado por la zona de Policía de Aguas.

Se presenta a continuación el croquis general de actuaciones para definir las zonas de afección:



- Debido a la imposibilidad de actuar de manera física en algunos cauces que han perdido su naturalidad, ya que se encuentran totalmente perimetrados por suelo urbano consolidado, las actuaciones derivadas para minimizar la vulnerabilidad de la población ante posibles inundaciones no se pueden encuadrar bajo actuaciones de obras, totalmente inasumibles por la Administración local y que llevarían, bien a la desaparición de la zona urbana para dejar paso al cauce natural y su zona de baja probabilidad de inundación, o bien a realizar unas obras de tal magnitud que generarían unas barreras infranqueables para la población. Por este motivo, desde el equipo redactor del PGOU y desde el Ayuntamiento se han determinado una serie de condicionantes que deberán verificarse como parte intrínseca de las normas de edificación y de urbanización, con el fin de minimizar los riesgos derivados de este fenómeno natural inevitable.
- Se ha detectado una zona afectada en la simulación realizada por la avenida de los 500 años y que no está afectada en la simulación publicada en el Ciclo 1. Se considera que probablemente no se definieron en el Ciclo 1 de manera correcta los puentes y elementos de afección al régimen de corrientes existente, por lo que se definirán una serie de medidas en la zona urbana, donde aparece dicha discrepancia, con el fin de minimizar dicha afección al caso urbano consolidado. En cualquier caso, dicho desbordamiento es de muy poca envergadura. Se presenta el plano de inundación de los 500 años con dichas medidas, con el fin de asimilarlo al publicado en el IDE de la CHG.



## **Normas de cumplimiento para reducir vulnerabilidad de inundación**

Partimos de una situación de suelo rural y de edificaciones ya existentes y legales, con una actividad en funcionamiento, sobre la que se desea realizar un proyecto de reforma, ejecución, modificación o cualquier de las figuras existentes que requiera de la pertinentes Licencia de Obras, que en absoluto incremente de manera significativa la inundabilidad del entorno inmediato, ni aguas abajo, ni se condicionan las posibles actuaciones de defensa contra inundaciones de la zona urbana.

Será, por tanto, de aplicación el artículo 14.bis.3 y 14.bis.4 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico, con carácter previo y para el otorgamiento de la correspondiente Licencia de Obras, debiendo en este caso, solicitar la correspondiente solicitud al organismo de cuenca competente (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir), ya que se encuentra en zona de Policía de Aguas o en zona inundable.

Utilizando la "GUÍA TÉCNICA DE APOYO A LA APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO EN LAS LIMITACIONES A LOS USOS DEL SUELO EN LAS ZONAS INUNDABLES DE ORIGEN FLUVIAL", editado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, con NIPO 013-17-151-1, se aplica en este caso el capítulo VI, "Recomendaciones sobre criterios constructivos de edificaciones en zona inundable", haciendo hincapié en que se trata únicamente de recomendaciones.

Esta guía, a su vez nos traslada a otras recomendaciones editadas por Consorcio de Compensación de Seguros, denominado "GUÍA PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS EDIFICIOS FRENTE A LAS INUNDACIONES", con NIPO 057-17-050-1, en su edición en papel.

En general el RDPH no refleja ningún condicionante específico que tengan que cumplir, sino simplemente que sean diseñadas teniendo en cuenta el riesgo de inundación. Esto equivale a que son los titulares o promotores de estas actuaciones los que deben, una vez conocido el riesgo al que está sometida su edificación, tomar las medidas adecuadas para minimizar los impactos que las inundaciones tendrían sobre ella, puesto que son ellos los más interesados en minimizar los impactos que la inundación tendrá sobre su instalación y con ello, definir las medidas y los niveles de protección que estimen adecuados.

En cualquier caso se establece la necesidad de estudiar los siguientes aspectos:

- La cota del agua que se espera que alcance la avenida de 500 años
- La ubicación de las partes destinadas a vivienda de la edificación.

Por lo que inicialmente se va a estudiar dicha cota, tratando de comprobar la altura de la lámina de agua en régimen estacionario para la zona inundable y en el entorno de la parcela afectada.

Para el cálculo de la altura de cota de agua para la avenida de los 500 años se podrá disponer de la base topográfica publicada por el IGN a través de vuelos LIDAR, mediante el archivo LAZ de carácter público, no sin la advertencia de comprobar dicho levantamiento mediante mediciones reales realizadas en la parcela o edificación afectada.

Mediante este vuelo, y realizando las oportunas restituciones y filtros para eliminar vegetación, ruido, ... se determina un modelo digital de elevaciones que se puede convertir con cualquier sistema GIS en curvas de nivel, lo que unido a la información catastral de la zona, nos muestra el esquema del terreno que pudiera verse afectado por la inundación.

A través del enlace al IDE de la CHG se podrá comprobar si la zona afectada se encuentra en zona inundable o en zona de policía de aguas, lo que determinará la necesidad de aplicar las condiciones aquí expuestas.

En el caso de usos públicos o de vivienda, se recomienda que las estancias no se sitúen en la planta baja, ya que se verían afectadas por dicha inundación, de manera que las dependencias destinadas a tal fin en esa planta baja, deberían reubicarse en plantas superiores, siempre como recomendación.

Otra alternativa de diseño complementaria puede ser, allí donde haya espacio disponible, la construcción de cierres perimetrales resistentes al empuje del agua e instalación de puertas estancas que impidan la entrada del agua al recinto destinado a viviendas o aglomeraciones de personas.

La guía para la disminución de la vulnerabilidad de edificaciones divide en dos categorías este tipo de actuaciones: Las que mantienen el agua en el exterior del edificio, a menudo llamadas medidas de aislamiento, y las que mejoran la capacidad que tiene el edificio de soportar los efectos de las inundaciones, una vez que el agua ha entrado en él. Basándose en estas categorías, se han establecido tres tipos de acciones que reducen la vulnerabilidad de un edificio ya construido:

- EVITAR la inundación, que consiste en impedir que el agua alcance el edificio.
- RESISTIR, que consiste en impedir que el agua entre en el edificio, una vez que ha llegado al exterior del mismo.
- TOLERAR, que consiste en admitir la entrada del agua en el edificio, ya que no es posible lo contrario, pero tomando las medidas de adaptación necesarias para limitar el daño y reducir el tiempo para la vuelta a la normalidad.

Las dos primeras estrategias son las que se deben establecer para edificaciones de nueva construcción, en las que, adicionalmente a las acciones comentadas con anterioridad, cuando se diseñen edificaciones destinadas a viviendas en la zona de flujo preferente (excepciones incluidas en los artículos 9 ter y 9 quater), es posible que, en determinados casos, debido a los condicionantes urbanísticos, limitación de espacio, etc., se deban desarrollar actuaciones de la categoría "RESISTIR", basadas en la impermeabilización de la parte del edificio que está previsto que se vea afectada por la avenida de 500 años de periodo de retorno, lo que supone tener en cuenta la cota correspondiente.

En los casos de edificaciones ya existentes habrá que considerar únicamente el tercer apartado de TOLERAR, es decir, se admite la entrada de agua en el edificio y se toman las medidas oportunas para limitar el daño y reducir el tiempo de vuelta a la normalidad.



El RDPH establece también la necesidad de tener en cuenta el tipo de inundación existente en la zona, y de que se realicen estudios específicos para evitar el colapso de las edificaciones, todo ello teniendo en cuenta la carga sólida transportada. En general, el estudio de esta información se podrá apoyar en la información ya elaborada en los PGRI, que han caracterizado las ARPSIs en función de su peligrosidad y riesgo de inundación.

Tomando los parámetros más significativos, se pueden clasificar el riesgo y tipo de inundación en función de los siguientes parámetros:

- Calados y velocidades del agua esperados.
- Tiempos de respuesta de la cuenca.
- Capacidad erosiva y carga sólida transportada.
- Otros peligros geológicos.

Las tablas son las siguientes:

Característica	Valores umbrales	Valoración del grado de afección
Calados y velocidades en la zona inundada $h$ (m) y $v$ (m/s)	$h > 1,5$ m ó $v > 2$ m/s ó $h \cdot v > 3$ m <sup>2</sup> /s	Muy grave
	$h > 1$ m ó $v > 1$ m/s ó $h \cdot v > 0,5$ m <sup>2</sup> /s	Grave
	$0,25 \leq h \leq 1$	Moderado
	$0 < h < 0,25$	Leve

Característica	Valores umbrales	Valoración del grado de afección
Tiempo de concentración $T_c$ (h)	$T_c \leq 1$ h	Muy grave
	$1 \text{ h} < T_c < 12 \text{ h}$	Grave
	$12 \text{ h} \leq T_c < 24 \text{ h}$	Moderado
	$T_c \geq 24 \text{ h}$	Leve

Esta variable dependerá del cauce en estudio, existiendo dicha información en el informe hidrológico adjunto.

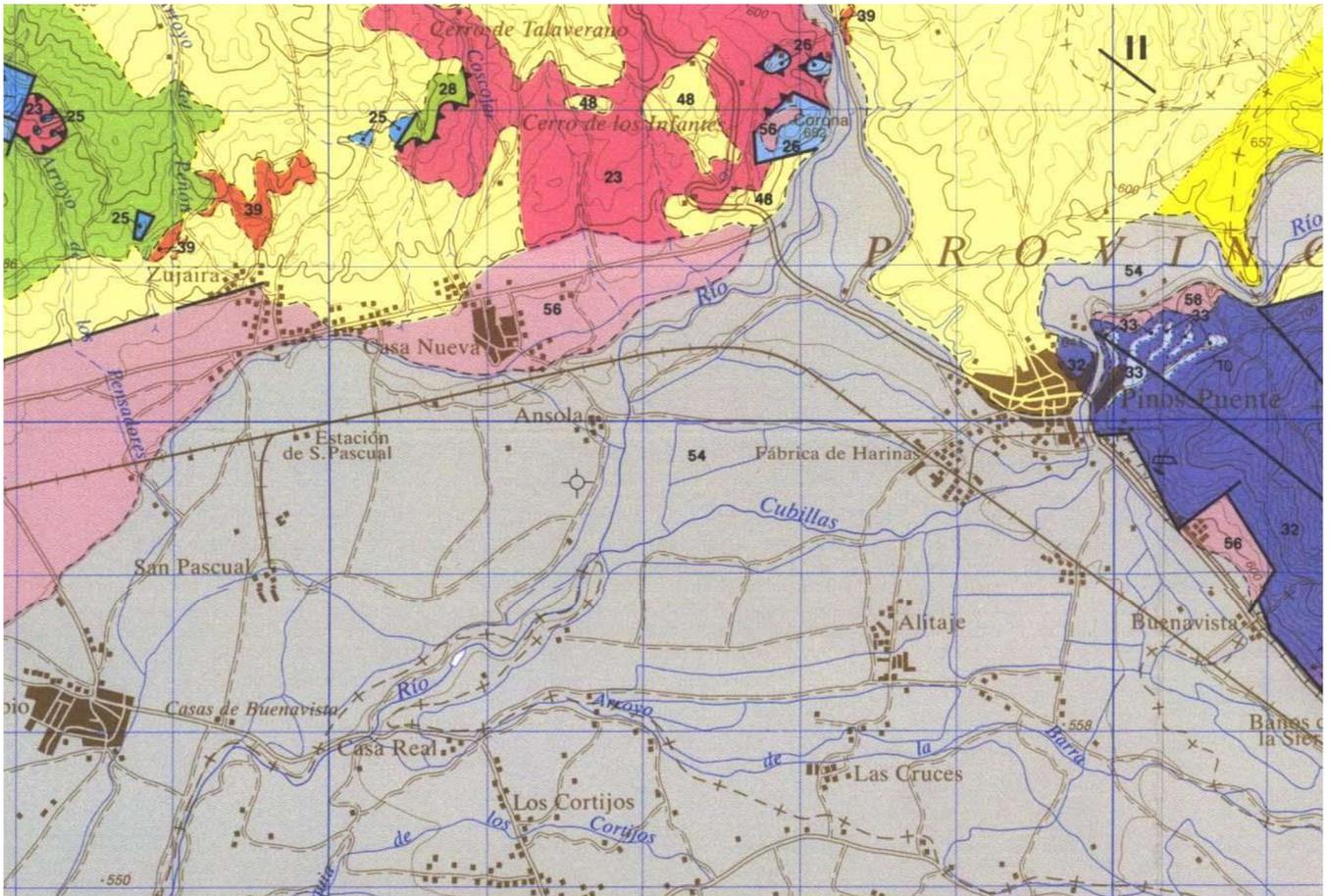


Característica	Valores umbrales	Valoración del grado de afección
Capacidad erosiva y carga sólida transportada	Tramos de cabecera, pendientes muy elevadas (> 5%) Abanicos en fondo de valle o torrenciales. Zonas de pérdida de confinamiento. Presencia de grandes bloques en el cauce. Zonas erosivas importantes, con flujos tractivos y/o corrientes de derrubios	Muy grave
	Tramos de cabecera, pendientes elevadas (< 5%) Posibilidad de existencia de abanicos en fondo de valle o torrenciales Presencia de bloques en el cauce.	Grave
	Tramos medios. 1,5% ≥ Pendiente ≥ 1 %. Depósito inicial de materiales aluviales. Presencia mayoritaria materiales limosos, arcillosos y arenosos. Posible aparición de meandros y trezados. Transporte en suspensión principalmente.	Moderado
	Tramos medios y bajos. Pendiente < 1 % Fondo y orillas de arenas, limos y arcillas. Posible presencia de meandros. Transporte en suspensión.	Leve

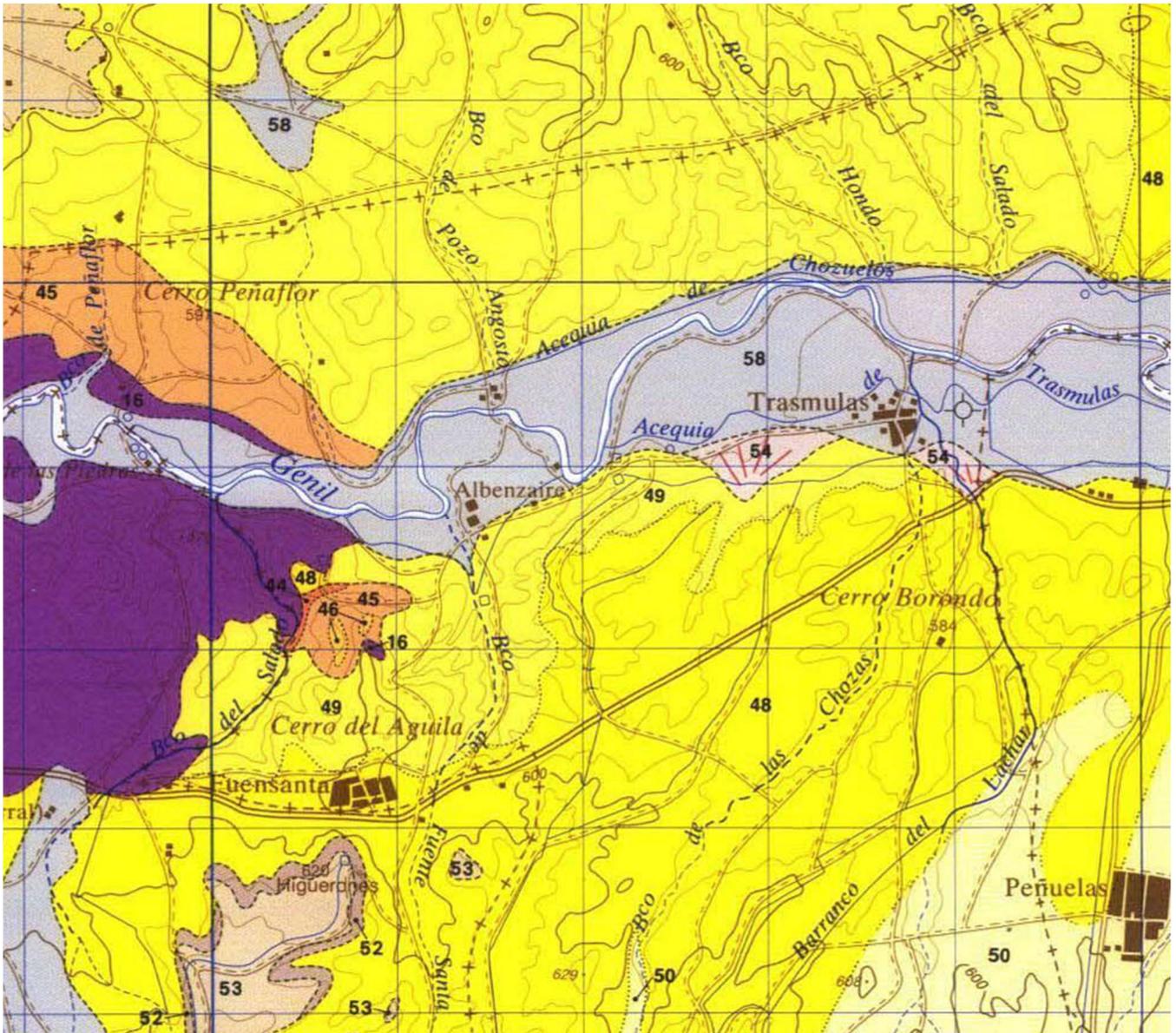
En el caso de la capacidad erosiva, dependerá de la pendiente y de la ubicación del edificio.

Característica	Valores umbrales	Valoración del grado de afección
Otros peligros geológicos asociados a la inundación	Litologías con contenidos en rocas salinas (yesos, anhidrita, halita, silvina...) o altos contenidos en arcillas especiales (palygorskita, sepiolita, esmectitas expansibles, etc.),	Muy grave
	Alternancias bruscas entre niveles detríticos finos (limos y arcillas) y gruesos (gravas y arenas). Litologías arcillosas poco consolidadas.	Grave
	Litologías carbonáticas (calizas, dolomias, margas, mármoles...). Sedimentos detríticos con mezclas granulométricas. Sustratos rocosos muy fracturados o meteorizados.	Moderado
	Litologías ígneas o metamórficas silíceas en macizos rocosos compactos, no fracturados ni meteorizados.	Leve

En este caso, la información del IGME es la siguiente:



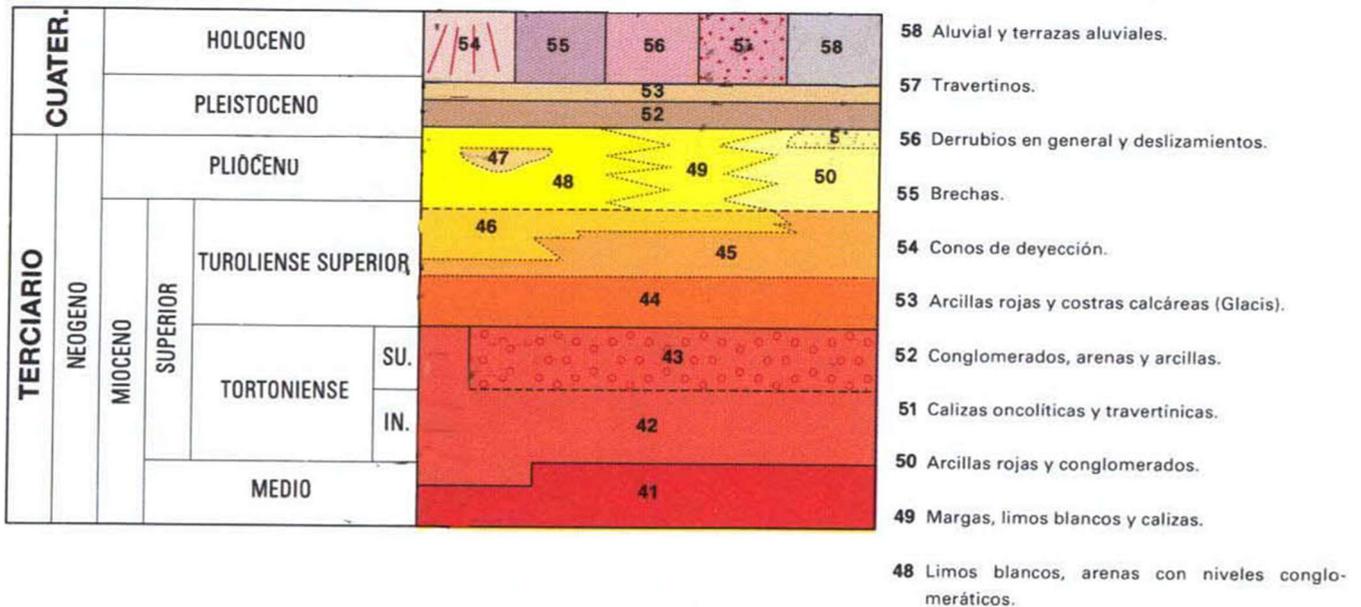
Parte del mapa MAGNA 1009 (Granada)



Parte del mapa MAGNA 1008 (Montefrío)

De donde se obtiene que el edificio se encuentra sobre elementos cuaternarios y terrazas aluviales (por lógica ya que se encuentra en la zona cercana de un río):

## NEOGENO Y CUATERNARIO DEPRESION DE GRANADA



Se encuentra, por tanto, en una zona de afección de tipo moderado.

Cuando la parcela a edificar se encuentre en alguna situación grave o muy grave, sobre todo las relacionadas con los calados, carga sólida transportada u otros peligros geológicos asociados a la inundación, deberán realizarse estudios específicos que tengan en cuenta el empuje del agua, la capacidad erosiva, los impactos de la carga sólida transportada en el diseño del edificio y las características geotécnicas de la edificación. Debería realizarse esta comprobación, como recomendación, siempre tanto en condiciones de nueva construcción como en reformas, debido a la vulnerabilidad que supone.

Por último, en relación con la accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones, el artículo 14 bis del RDPH establece dos niveles de actuación:

- En edificaciones destinadas a usos residenciales, deberá tenerse en cuenta el acceso en situación de emergencia por inundaciones.
- En el establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales, se deberá asegurar el acceso en situación de emergencia por inundaciones.

Esta accesibilidad viene derivada de la necesidad de que el personal de protección civil y de atención en emergencias pueda proceder a realizar las tareas necesarias en caso de emergencia por inundación, para lo cual, el proyecto técnico de un servicio esencial deberá disponer de elementos que puedan asegurar el acceso al mismo, bien por vía aérea o terrestre, y que estarán integrados en otros elementos de la instalación. Para edificaciones de viviendas, se tendrá en cuenta en su diseño.

En este caso, la cercanía de las vías de comunicación existentes (carretera como ferrocarril), así como la cercanía de la zona no inundable, garantizan que los servicios de protección civil y de emergencias tendrán acceso al edificio en caso de inundación, tanto por vía fluvial (barcas o nadadores), como por vía aérea mediante helicópteros de rescate por ejemplo.

### Recomendaciones para tolerar la inundación

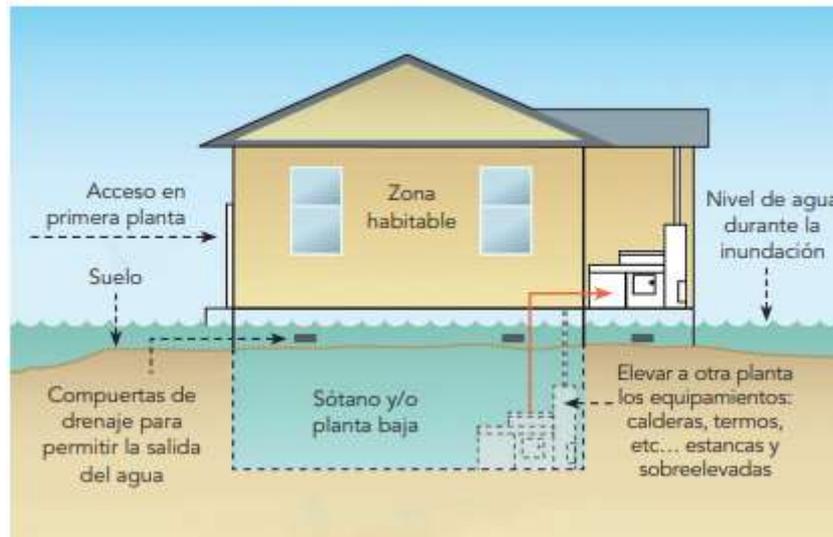
Estamos ante un caso en el que es inevitable que el agua alcance el edificio y se hace imposible impedir que el agua entre en él ya que las medidas a adoptar no son factibles o son demasiado costosas. La única solución que queda entonces es tolerar, es decir, transigir con la entrada de agua y adaptar el interior del edificio. Para ello, se han de tomar en consideración todas las medidas necesarias para no comprometer la seguridad de las personas, evitar daños importantes en el edificio (estructura, equipamientos o servicios y bienes) y evitar efectos dominó o cascada.

Como recomendación, la planta baja del edificio en las que se tolere la inundación no debería ser habitables ni contener bienes importantes y sería recomendable tener adaptados los equipamientos y servicios. Se trata pues de cambiar el uso del espacio y diseñar zonas con doble uso: uno durante el funcionamiento normal del edificio y otro durante la inundación.

Es imprescindible contar con un plan de emergencia de autoprotección o familiar.

En la siguiente figura se muestra una vivienda en la que se ha admitido que el agua de inundación entre en el edificio. Para ello se han adaptado la planta baja y el sótano, empleando materiales resistentes al agua, elevando los equipamientos por encima del nivel de inundación y modificando los accesos a la primera planta. Se crea de esta manera un recinto en el que los daños que potencialmente se produzcan sean mínimos. El nivel inferior de la vivienda ha cambiado de uso, destinándolo únicamente a acceso, garaje y lugar de

almacenamiento. Asimismo, se han instalado compuertas de drenaje en las paredes que permiten la salida de agua del interior del edificio para aliviar la presión hidrostática.



Dentro de esta actuación se adoptarían, como ejemplos a estudiar en documento técnico independiente pero que formará parte del Proyecto final de construcción a presentar para la correspondiente Licencia, las siguientes medidas:

- Revestir las paredes con materiales resistentes hasta la línea base de protección (por ejemplo azulejos) e instalar un sistema de drenaje especial en las paredes.
- Solar con materiales resistentes, por ejemplo baldosas (evitar madera). No poner moquetas, en su lugar utilizar alfombras (que en caso de inundación habrá que salvaguardar previamente).
- Instalar un zócalo o rodapié resistente al agua.
- Instalar carpintería metálica resistente a la corrosión o de PVC.
- Adaptar las puertas interiores instalando puertas sintéticas o enceradas o asegurando que las puertas de madera sean fáciles de quitar antes de una inundación.
- Adaptar los accesos, construyendo con materiales resistentes al agua.
- Instalar un sistema de drenaje en la planta baja o sótano y cambiar de uso, evitando pérdidas o daños importantes.
- Revisar la cimentación, su impermeabilización y su sistema de drenaje, lo que requerirá el análisis de subpresiones.
- Revisar las fosas sépticas y pozos negros, análogo a lo citado en la actuación RESISTIR.
- Utilizar en general materiales resistentes al agua o usar materiales reemplazables con facilidad o poco alterables.
- Adaptar equipamientos y servicios.
- Como medida complementaria, disponer de una bomba de achique, un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI).

Como en la solución adoptada se ha definido como TOLERAR, se debería complementar el conjunto de medidas con una solución de emergencia, habilitando una estancia seca a modo de refugio, instalada en la planta superior, y/o instalando aberturas de salida a un piso superior, al tejado o a la terraza, siempre y cuando éstos sean transitables y seguros.

A continuación se muestran las ventajas e inconvenientes de acciones de tipo TOLERAR:

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En ocasiones es la única solución viable, salvo la retirada o abandono.</li> <li>• Reduciría los daños por inundación considerablemente en el edificio y su contenido, incluso con poca inversión.</li> <li>• Rebaja considerablemente las fuerzas ejercidas en paredes y suelo debidas a la presión hidrostática.</li> <li>• Los costes pueden ser menores que en otras acciones de adaptación.</li> <li>• No requiere disponer de parcela exterior.</li> <li>• Reduce las tensiones físicas, financieras y emocionales que acompañan a los eventos de inundación.</li> <li>• Permite la combinación de medidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se recomienda en caso de inundaciones con altas velocidades o inundaciones por oleaje.</li> <li>• Si el agua supera el nivel de protección posiblemente cause daños importantes en la estructura del edificio y su contenido.</li> <li>• Posiblemente requerirán al diseño de un profesional.</li> <li>• A veces se precisarían modificaciones invasivas en la estructura del edificio y adaptación de los equipamientos y servicios (electricidad, agua potable, etc.).</li> <li>• Se requiere mantenimiento periódico.</li> <li>• Generalmente requiere intervención humana y notificación de la emergencia con suficiente tiempo para preparar el edificio y el contenido.</li> <li>• No elimina la necesidad de evacuar durante las inundaciones.</li> <li>• Puede inhabilitar la vivienda por un tiempo hasta la vuelta a la normalidad.</li> <li>• Es imprescindible disponer de un plan y de soluciones de emergencia.</li> <li>• En las zonas en las que se permite la entrada de agua cabe encontrar contaminación por aguas residuales, productos químicos u otros materiales arrastrados que precisarían de una limpieza intensa.</li> <li>• Requiere intervención humana para evacuar el agua de inundación del edificio (bombeo) y precaución con el achique en sótanos, porque puede dañar la estructura del edificio (variación rápida de la presión hidrostática).</li> </ul>



En la Guía para la reducción de vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones, del Consorcio de Seguros, se muestran ejemplos de elementos que se podrían instalar. A modo de ejemplo:



Compuerta ligera y a medida. Fácil de instalar, montándose en menos de 2 minutos. Puede situarse delante de puertas y ventanas, así como de grandes aperturas. Esta defensa contra inundaciones se instala sobre unos railes casi invisibles para que el aspecto de la puerta o la ventana no se vea afectado. Los soportes son extraíbles, por lo que también se pueden proteger anchos mayores.

Fuente de la imagen: Aggères

#### Medidas

#### Características

Protección contra el retorno de aguas residuales. Instalación temporal.



Es un tubo inflable que bloquea las aguas (residuales) que retornan a los desagües. Sella mediante fuelles de goma que pueden inflarse por medio de una bomba manual. Disponible para diámetros de desagüe entre 48 mm y 320 mm.

Fuente de la imagen: Aggères

Válvulas anti-retorno. Instalación permanente.



Solución permanente que impide el retorno de aguas residuales a desagües de aseos, baños, cocinas, etc.

Fuente de la imagen: Aggères

Clapeta anti retorno. Instalación permanente.



Las clapetas se colocan para evitar el retorno del agua residual a las redes de saneamiento. Son fáciles de colocar. Utilizadas en entornos costeros o muy planos.

Fuente de la imagen: CAG canalizaciones



## Conclusiones

Se deberá presentar un anejo de carácter técnico para cada construcción que solicite la correspondiente Licencia urbanística, con carácter previo a la presentación ante el Organismo de Cuenca, con el fin de analizar la ubicación de la construcción y comprobar si se encuentra en zona de riesgo.

En caso de situarse en dicha zona de riesgo deberá plantear una batería de medidas a adoptar para minimizar la vulnerabilidad de esa construcción frente a inundaciones, siguiendo como recomendación, las guías editadas al respecto:

- *“GUÍA TÉCNICA DE APOYO A LA APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO EN LAS LIMITACIONES A LOS USOS DEL SUELO EN LAS ZONAS INUNDABLES DE ORIGEN FLUVIAL”*, editado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, con NIPO 013-17-151-1, se aplica en este caso el capítulo VI, *“Recomendaciones sobre criterios constructivos de edificaciones en zona inundable”*.
- Recomendaciones editadas por Consorcio de Compensación de Seguros, denominado *“GUÍA PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS EDIFICIOS FRENTE A LAS INUNDACIONES”*, con NIPO 057-17-050-1, en su edición en papel.

En Granada, abril de 2023

Fdo: Humberto Juan Rodríguez García  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (Colegiado número 15347)