

# PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DEL MUNICIPIO DE CERCEDILLA (MADRID)

## DOCUMENTO DE AVANCE

OCTUBRE 2024

### BLOQUE IV DOCUMENTACIÓN AMBIENTAL

#### VOLUMEN 3 ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

#### TOMO I ESTUDIO HIDROLÓGICO

Promotor:



AYUNTAMIENTO DE  
CERCEDILLA

Empresa Redactora:





# PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE CERCEDILLA (MADRID)

## DOCUMENTO DE AVANCE

### ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

#### BLOQUE IV – VOLUMEN 3

##### Dirección Técnica:

Magdalena Barreales Caballero  
Rubén Fernández Rodríguez  
Pedro Tarancón Gómez

Ingeniera de Caminos  
Arquitecto  
Arquitecto



##### Equipo Redactor:

Javier Ruiz Sánchez  
Fernando Carmona Mateos  
Silvia Blanco Pisabarro  
Natalia González Alonso  
Luis Miguel Ramos del Cerro  
David Gistau Cosculluela  
Sergio Ordás Llamazares  
Nuria Iburguren Fernández  
Diego Carrera Pérez  
Francisco Barreales Carrasco  
Carmen Cordero González  
Elena Arranz Borreguero  
Jorge Blanco Moro  
Lara Caamaño Fernández  
Armando López Hernández  
Inés Suárez Santos  
Marta Gayo Modino  
Luis Diego Rodríguez Canga  
Javier Rodríguez Barrientos  
Agustín Jara Nevado  
Dulce María Pérez Benavides  
Miguel Ángel García Angulo  
Noelia Yugueros Anta  
Marta Sandoval Cerón  
Ana García Peña

Doctor Arquitecto  
Arquitecto  
Arquitecta  
Arquitecta  
Arquitecto  
Ingeniero de Caminos  
Lda. Ciencias Ambientales  
Ingeniera Agrónoma  
Graduado Ciencias Ambientales  
Paisajista  
Ldo. Geografía e Historia  
Lda. Derecho  
Lda. Derecho  
Ingeniero Técnico Agrícola  
Ingeniero Técnico Agrícola  
Ingeniero Industrial  
Delineante  
Delineante  
Delineante  
Delineante  
Estudiante de Arquitectura

##### Promotor:



Ayuntamiento de  
Cercedilla

Ayuntamiento de Cercedilla  
Plaza Mayor, 1  
28470 Cercedilla (Madrid)

##### Empresa Redactora:



Omicron-Amepro  
Paseo de la Castellana 127, 2ª planta  
28046 Madrid





## ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>Tomo I</b>   | <b>Estudio hidrológico</b>                  |
| <b>Tomo II</b>  | <b>Estudio de la calidad de los suelos</b>  |
| <b>Tomo III</b> | <b>Estudio de residuos y contaminación</b>  |
|                 | - Estudio de contaminación atmosférica      |
|                 | - Estudio de contaminación electromagnética |
|                 | - Estudio de gestión de residuos            |
| <b>Tomo IV</b>  | <b>Estudio acústico</b>                     |



## TOMO I. ESTUDIO HIDROLÓGICO



# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>TÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>Capítulo 1. Objeto</b> .....  | <b>6</b>  |
| <b>Capítulo 2. Objetivos específicos</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>TÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO</b> .....  | <b>8</b>  |
| <b>Capítulo 1. Condiciones del medio físico</b> .....  | <b>11</b> |
| 1.2. Identificación de puntos de agua .....  | 25        |
| <b>Capítulo 2. Situación del Planeamiento vigente</b> .....  | <b>27</b> |
| 2.1. Clasificación del Suelo.....  | 27        |
| 2.2. Ordenanzas en el Suelo Urbano.....  | 29        |
| <b>Capítulo 3. Situación de la gestión del agua</b> .....  | <b>30</b> |
| <b>TÍTULO III. PREVISIÓN DE MODIFICACIONES EN LA RED HIDROGRÁFICA Y LA CAPACIDAD HÍDRICA</b> .....               | <b>36</b> |
| <b>Capítulo 1. Clasificación del suelo establecida por el nuevo Plan General</b> .....                           | <b>37</b> |
| <b>Capítulo 2. Implicaciones en la Red Hidrográfica y la capacidad hídrica de los cambios en el Planeamiento</b> | <b>40</b> |
| <b>TÍTULO IV. REDES DE ABASTECIMIENTO, SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN</b> .....  | <b>41</b> |
| <b>Capítulo 1. Abastecimiento</b> .....  | <b>43</b> |
| 1.1. Caudales.....   | 43        |
| 1.2. Necesidades en la red de abastecimiento .....   | 46        |
| 1.3. Criterios de diseño.....  | 47        |
| <b>Capítulo 2. Saneamiento y depuración</b> .....  | <b>48</b> |
| 2.1. Saneamiento de aguas residuales.....  | 48        |
| 2.2. Saneamiento de aguas pluviales .....  | 51        |
| <b>Capítulo 3. Agua regenerada</b> .....   | <b>56</b> |
| <b>TÍTULO V. DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y ZONAS INUNDABLES</b> .....   | <b>57</b> |
| <b>Capítulo 1. Zona Inundable</b> .....  | <b>59</b> |
| <b>Capítulo 2. Zona de Flujo Preferente</b> .....  | <b>60</b> |
| <b>Capítulo 3. Dominio Público Hidráulico</b> .....  | <b>62</b> |
| <b>TÍTULO VI. ANEJOS</b> .....   | <b>64</b> |
| <b>TÍTULO VII. PLANOS</b> .....  | <b>65</b> |

## Título I. INTRODUCCIÓN

## Capítulo 1. OBJETO

La Ley 9/2001 de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid, así como la Ley 2/2002 de 19 de junio de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid, establecen que entre los documentos que integran las distintas figuras de planificación general se debe incluir un Informe de Análisis Ambiental, en el que uno de los aspectos a contemplar sea el relacionado con el medio hídrico, es decir, la viabilidad de abastecimiento, saneamiento y depuración de aguas residuales, protección de los cauces y zonas de protección hídrica e hidrológica, recursos hídricos subterráneos e hidrogeología.

Por otra parte, el Decreto 170/1998 de 1 de octubre, sobre gestión de las infraestructuras de saneamiento de aguas residuales de la Comunidad de Madrid, determina en su Artículo 7 que todos los planes, proyectos o actuaciones de alcantarillado y todos los desarrollos urbanísticos deberán ser informados por la Comunidad de Madrid cuando impliquen variación de las condiciones de funcionamiento de los emisarios y las depuradoras. En el presente Estudio, se aporta la documentación necesaria para dar cumplimiento a las especificaciones recogidas en el mencionado Real Decreto 170/98, así como a lo establecido en el Nuevo Plan Hidrológico del Tajo, aprobado mediante el Real Decreto 270/2014, de 11 de abril (el cual deroga el Plan Hidrológico RD 1664/1998 de 24 de julio).

Todo ello irá encaminado al dimensionamiento de los consumos generados en el municipio, contemplando el total desarrollo de los sectores recogidos en la planificación, de tal forma que se establezca un uso adecuado y proporcionado del recurso hídrico, garantizándose así la protección de éste.

## Capítulo 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El fin del presente Estudio es justificar las características de la red de saneamiento propuesta, de acuerdo con los correspondientes cálculos hidráulicos descritos a lo largo del documento, tanto para el abastecimiento como para el saneamiento de aguas fecales y pluviales. Los Objetivos específicos que se pretenden alcanzar en el presente Estudio, son los siguientes:

1. Análisis de las modificaciones, si las hubiese, sobre la red hidrográfica a que darán lugar los cambios producidos por la planificación urbanística.
2. Justificación del caudal de aguas residuales generado dentro del ámbito modificado (medio y máximo), según los usos del suelo.
3. Justificación del caudal de pluviales producidos dentro del ámbito modificado para el máximo aguacero con un período de retorno de 25 años.
4. Justificación del caudal de pluviales producido aguas arriba del ámbito modificado en estudio y que evacuen en él (si lo hubiese).
5. Cuantificación de los caudales a conectar a las infraestructuras de saneamiento de la Comunidad de Madrid.
6. Infraestructuras de saneamiento y depuración en servicio y/o en proyecto que se prevé den servicio al ámbito modificado.
7. Planteamiento del tipo de red de saneamiento y justificación de la misma.
8. Identificación de posibles puntos conflictivos (zonas inundables, pasos de cauces por infraestructuras, etc.).
9. Determinación de los posibles impactos producidos por actividades e industrias previstas en el planeamiento y sus efectos sobre las aguas continentales.
- 10.- Definición de la zona de Dominio Público Hidráulico.

## Título II. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

El estudio se centra en las zonas propuestas con desarrollo urbanístico en el planeamiento en revisión del término municipal de Cercedilla, realizando un análisis completo del estado actual de los suelos y la posible influencia sobre los mismos de las futuras actividades propuestas en el Avance del Plan General.

El ámbito geográfico del Plan General de Ordenación Urbana de Cercedilla, lo constituye el propio término municipal de Cercedilla, que cuenta con una extensión de territorio en jurisdicción propia de 35,77 Km<sup>2</sup>, y un trozo de terreno en jurisdicción mancomunada con el municipio de Navacerrada, con una superficie de 5,09 Km<sup>2</sup>, denominada Los Baldíos.

Se ubica al noroeste de la provincia y Comunidad de Madrid, en la vertiente meridional de la Sierra de Guadarrama, sobre las laderas de un circo montañoso limitado por picos como el de la Peñota, El Águila, Cerro Minguete, Siete Picos o los riscos de la Majadilla Verde. El territorio está caracterizado por dos profundos valles, por los que fluyen los ríos de la Venta y Pradillos o de las Fuentes, separados por una formación montañosa decreciente de norte a sur, con picos como Majalasca o cerro Colgado.

Limita al norte con Real Sitio de San Ildefonso (Segovia, Castilla y León), al este con Navacerrada, al sur con Collado Mediano y Los Molinos y al oeste con El Espinar (Segovia, Castilla y León).

Al núcleo urbano de Cercedilla se llega a través de la carretera autonómica M-622, que lo atraviesa. Está situado a 56 Km de la ciudad de Madrid por la M-601 que enlaza con la autovía A-6 en la localidad de Collado Villalba, está a 17 Km de distancia. También es posible el acceso mediante la línea del ferrocarril C-8 de Cercanías Madrid que une las estaciones de Guadalajara y Cercedilla.

Por el término municipal también transcurren las carreteras M-614 (Guadarrama a Navacerrada), la antigua M-714 (Carretera de Camorritos) y M-966 (Carretera de las Dehesas). Así como, el conocido como ferrocarril eléctrico Cercedilla-Cotos perteneciente a la línea C-9 de Cercanías Madrid.

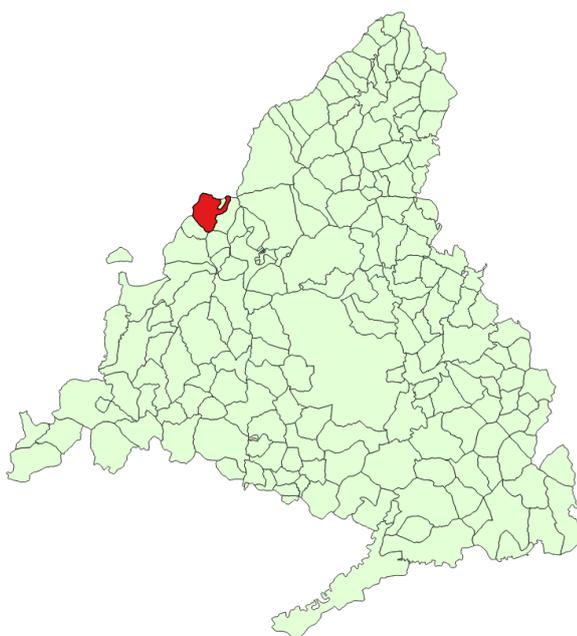


Figura 1. Encuadre geográfico TM Cercedilla +Los Baldíos. Fuente: Comunidad de Madrid.

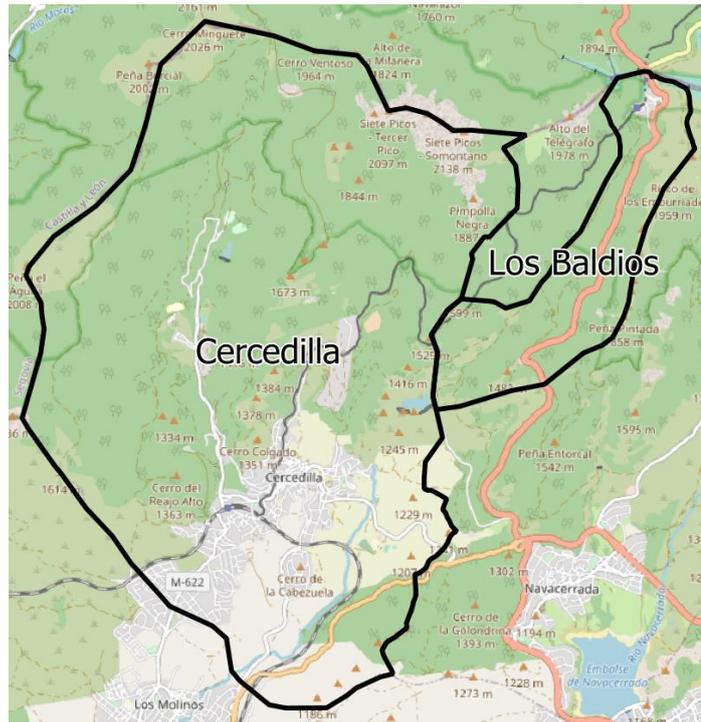


Figura 2. Jurisdicción propia (Cercedilla) y mancomunada (Los Baldíos).  
Fuente: Comunidad de Madrid.

Capítulo 1. CONDICIONES DEL MEDIO FÍSICO

Orografía

Cercedilla se encuentra en un paisaje de montaña, siendo la zona norte de pendientes más abruptas, donde se intercalan barrancos e interfluvios. En la zona sur las curvas de nivel aparecen más separadas, indicando la existencia de pendientes más suaves e incluso, algunos espacios relativamente llanos, localizados principalmente en la parte central y coincidiendo con la zona urbana y sus alrededores. Se deduce que se trata de un fondo de valle o una zona situada al pie de un escarpe, donde los depósitos sedimentarios aportados por los ríos y arroyos han contribuido a allanar el relieve.

Esta accidentada topografía, unida a la abundancia de lluvias y al deshielo de las nieves de la sierra, favorece la formación de numerosos torrentes estacionales que afluyen a los ríos citados. Se pueden citar arroyos como Polvillo, Navazuela, Butrón, Dehesilla, del Judío, Collado del Rey, Piñueta, Majavilán, Piñolobero, Balsainejo.

El núcleo urbano se encuentra a una cota media de 1.214 metros de altitud sobre el nivel del mar, estando la cota mínima en la depresión que une los ríos de la Fuente y de la Venta, dando inicio al recorrido del río Guadarrama, en la zona sur, alcanzando los 1.060 metros de altitud. La cota máxima se alcanza en el extremo norte del municipio, en el pico Somontano, a 2.138 metros, uno de los siete picos que integran la formación montañosa denominada Siete Picos.

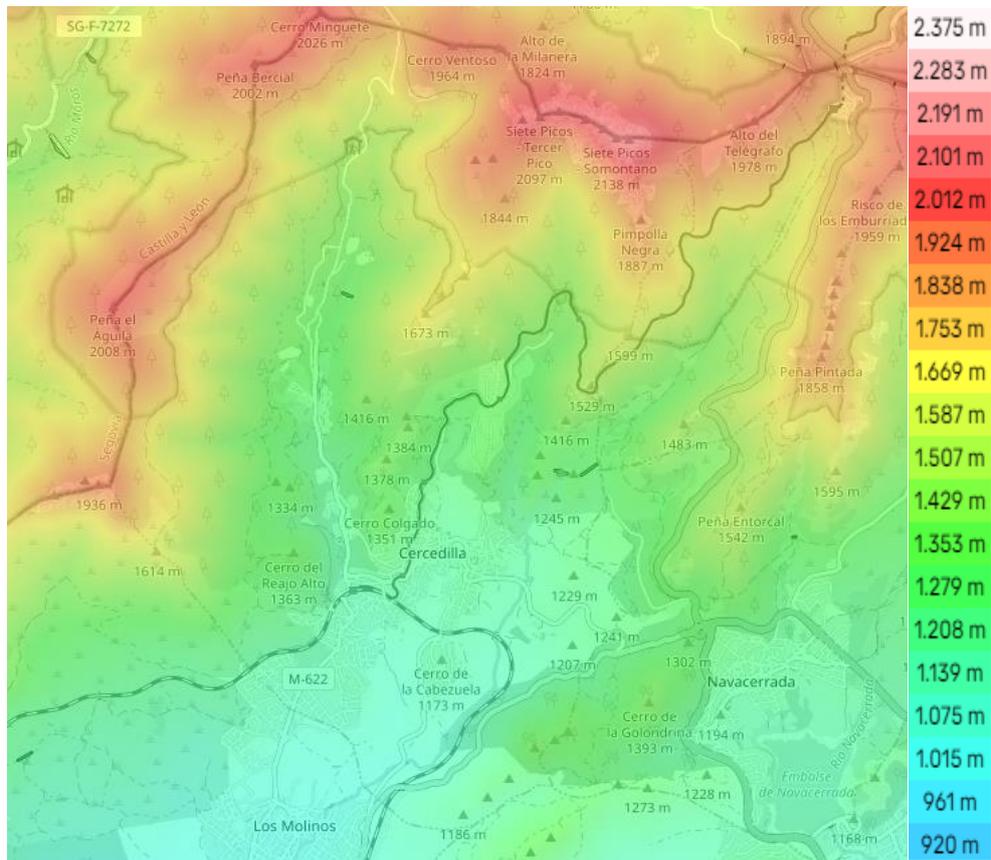


Figura 3. Topografía del área de estudio. Fuente: www.topographic-map.com.

El casco antiguo se sitúa entre el río de la Venta y el arroyo de la Teja en la mitad sur del término, asentado sobre una ladera de origen granítico.

Por lo tanto, las mayores pendientes se producirían en la parte norte del término haciéndolo coincidir con zonas de mayor altitud dada la orografía del terreno provocada por la Sierra del Guadarrama y descendiendo poco a poco por el territorio hasta llegar a la zona de menor altura correspondiente con la zona urbana, como se ha comentado.

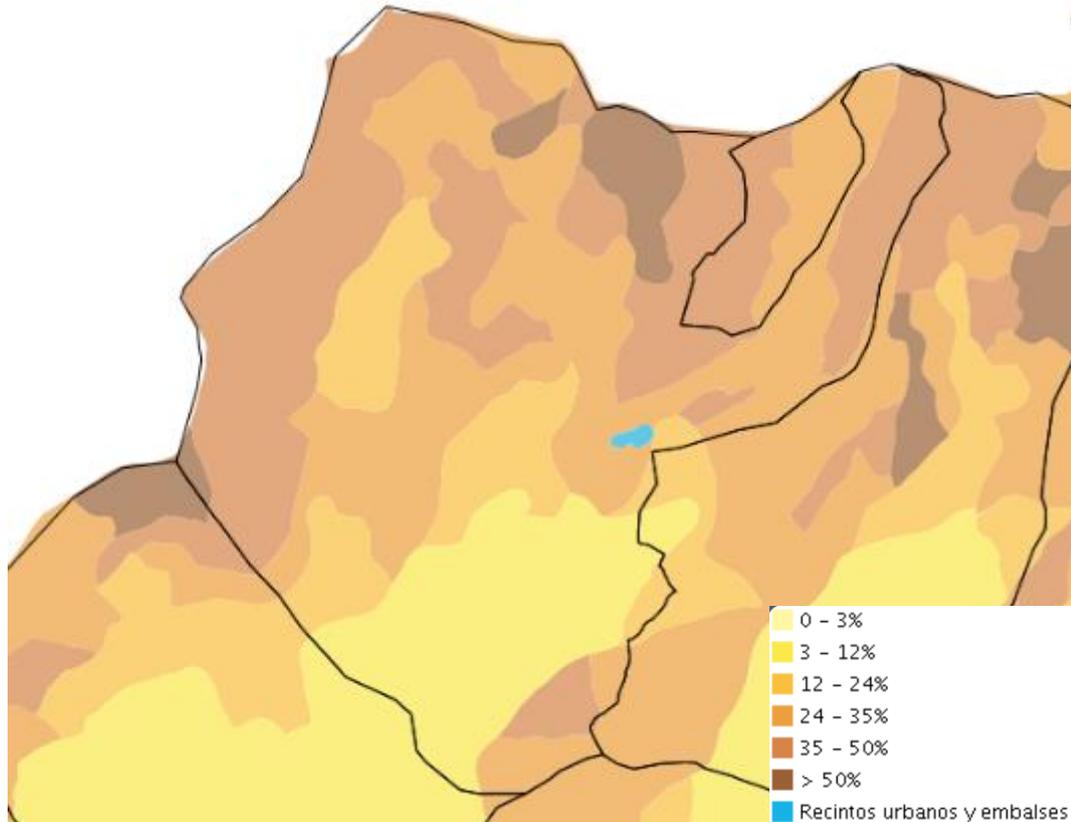


Figura 4. Relieve del municipio de Cercedilla. Pendientes. Fuente: Visor CartoMadrid.

### Climatología

Las condiciones climatológicas de la zona de estudio poseen características diferenciadas, según se trate de la zona más meridional, donde se encuentra la mayor parte de la población, con un clima catalogado como "mediterráneo templado" o bien la zona más septentrional donde existe un clima catalogado como "mediterráneo templado fresco", coincidente con la zona montañosa de la sierra de Guadarrama.

En concreto, para la caracterización del ámbito de estudio se han empleado datos de las siguientes estaciones meteorológicas, pertenecientes al propio ámbito de estudio:

| CÓDIGO | NOMBRE             | LATITUD   | LONGITUD  | ALTITUD | TIPO               |
|--------|--------------------|-----------|-----------|---------|--------------------|
| 3264I  | Embalse Navalmedio | 40° 44' N | 04° 02' W | 1.280   | Termopluviométrica |
| 2462   | Navacerrada Puerto | 40° 47' N | 04° 00' W | 1.860   | Termopluviométrica |

Tabla 1. Estaciones climatológicas en el término Municipal Cercedilla y Los Baldíos. Fuente: SIGA.

Ambas zonas tienen inviernos largos y fríos, con temperaturas medias que rondan los 0°C, y veranos muy cortos, donde las temperaturas medias apenas alcanzan los 18°C. Existiendo pequeñas diferencias de temperatura entre la zona norte y la sur.

Con una temperatura media anual de apenas 8 °C, se aprecia una importante oscilación térmica a lo largo del año, propia de la influencia continental reinante en la zona de estudio. Existe un periodo frío o de heladas amplio, entre los meses de noviembre y abril, y un periodo cálido corto, entre julio y agosto.

Se aprecian fluctuaciones típicas del clima mediterráneo, con un descenso de lluvias durante los meses de verano (julio y agosto), que repuntan con la llegada del otoño-invierno (octubre a enero). La pluviometría media, en ambas zonas, durante el invierno es de 108,25 mm, 96,60 mm en primavera, 36,05 mm en verano y 155,65 mm en otoño. Las precipitaciones máximas más altas se dan en la zona norte con un valor de 76,30 mm, mientras que en la zona meridional del término son de 60,40 mm.

La precipitación media anual es elevada en ambas regiones, rondando los 1350 l/m<sup>2</sup> en la zona del puerto de montaña y 1030 l/m<sup>2</sup> en el entorno de los núcleos de población.

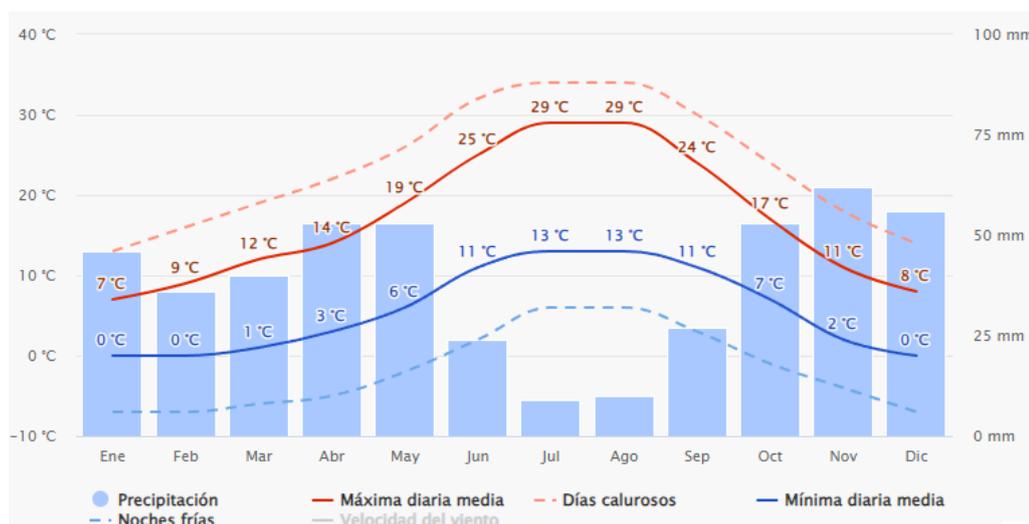


Figura 5. Diagrama climático para el Municipio de Cercedilla. Fuente: Meteoblue.

### Geología y Geomorfología

La Comunidad Autónoma de Madrid se extiende sobre poco más de 8.000 kilómetros cuadrados, entre el Sistema Central y el valle del Tajo. El territorio que forman el municipio de Cercedilla junto con su zona mancomunada Los Baldíos pertenece en su totalidad a la zona GEODE denominada Centrobérica Dominio del Olo de Sapo.

Los materiales que componen la mayor parte del ámbito de trabajo están constituidos por rocas ígneas hercínicas y metamórficas pertenecientes al Macizo Hercínico, de edades precámbrico-paleozoicas.

El contacto entre las rocas ígneas graníticas y metamórficas suele ser intrusivo dando lugar a metamorfismo de contacto. En algunos lugares ese contacto es por fractura.

La tectónica hercínica es polifásica, generando la consiguiente superposición de estructuras. Las primeras etapas representan una tectónica tangencial de carácter dúctil, dando lugar a pliegues vergentes y a cabalgamientos. Las últimas etapas tienen un carácter más frágil provocando pliegues más abiertos, subverticales y fracturación de conjunto.

En Cercedilla y Los Baldíos encontramos, en una mayor proporción, los siguientes materiales geológicos:

**Ademallitas porfídicas de grano grueso con anfíbol ocasional:** Corresponde a rocas ígneas hercínicas plutónicas que se localizan en la zona central del territorio. Son tipos muy porfídicos de grano medio-grueso, con fenocristales abundantes de feldespato de hasta 3-4cm. Son frecuentes las estructuras de flujo plano-lineal de los fenocristales.

Están constituidos mineralógicamente por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y biotita como minerales principales y ocasionalmente anfíbol. Es de destacar en estas rocas la existencia de texturas de deformación-recristalización frecuentes, que afectan a la mayor parte de los minerales de la roca.

Respecto al cuarzo, se han observado tres tipos texturales, semejantes al de otras rocas existentes en la zona de estudio:

1. Cristales grandes (hasta 1cm) subidiomorfos que suelen mostrar recristalización a un agregado grano blástico poligonal de cristales menores.
2. Cristales más pequeños, componentes de la matriz, alotriomorfos respecto a la plagioclasa y biotita, a las que a veces engloba junto con cristallitos de apatito y circón.
3. El tercer tipo textural se origina y se manifiesta en texturas micrográficas y granofídicas con el feldespato potásico.

Un mineral significativo en estas rocas es el anfíbol, que se presenta distribuido por zonas dentro de los macizos. Se trata de una horblenda verde que puede presentarse como granillos aislados e incluidos en los núcleos de cristales de plagioclasa y, a veces, de feldespato potásico o como componente de microenclaves de composición diorítica o cuarzodiorítica. Esto sugiere un posible origen del anfíbol por hibridación del magma granítico con materiales más básicos subaluminicos.

**Leucogranitos de grano grueso.** Corresponde a rocas ígneas hercínicas plutónicas que se localizan en el centro de la zona norte del territorio.

Son rocas mayoritariamente de tipo biótico, aunque a veces muestran algo de moscovita, visible a simple vista. Generalmente son rocas de grano grueso, aunque a veces pueden llegar a ser de grano muy grueso (más de un centímetro). Muestran una coloración clara y destacan en ellos la ausencia casi total de enclaves microgranulados, así como de orientación visible de los minerales (granitos isótopos).

Texturalmente, son rocas heterogranulares, en las que se observan excepcionalmente fenocristales de feldespato potásico. Con frecuencia presentan síntomas de cataclasis, con mayor o menor grado de recristalización.

Mineralógicamente están constituidas por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y biotita, así como localmente cantidades más subordinadas moscovitas y cordierita. Los minerales accesorios son apatito, circón, opacos, y ocasionalmente fluorita allanita y monacita. Los minerales secundarios más abundantes son clorita, sericita, rutilo epidota, opacos, esfena, prehinita y pinnita.

**Ortoneises glandulares graníticos.** Corresponde a rocas metamórficas ígneas prehercínicas que se localizan en la zona noroeste del territorio. Son las más abundantes de la zona, suelen estar asociadas a leuconeises, con los que a menudo presentan un contacto neto, mientras que en ocasiones es gradual.

Son rocas en general más cuarzo feldespáticas de carácter más leucocrático con abundantes megacristales feldespáticos y moderada cantidad de biotita. Los megacristales oscilan en tamaño entre 1 y 4cm y en su mayoría son de feldespato potásico.

Estructuralmente, suelen ser rocas con fábricas plano-lineares con una foliación dominante que envuelve a las glándulas. Esta foliación consiste en una alternancia de capas de espesor variable (milimétricas-centimétricas) cuarzo-feldespáticas y láminas finas ricas en biotita y sillimanita. Corrientemente se observa una sola foliación ( $S_2$ ) a la que se superpone un plegamiento de intensidad variable de unos puntos a otros. Los pliegues de tamaño centimétrico a decimétrico pueden ir acompañados del desarrollo de una nueva foliación ( $S_3$ ) que traspone a la primera y desarrolla un bandeado propio.

Composicionalmente son rocas sencillas. La asociación mineral consiste en cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y sillimanita, con circón, apatito y, a veces, turmalina, xenotima y monacita. En algún caso excepcional se ha encontrado granate.

Estos ortoneises glandulares son interpretados actualmente como rocas procedentes de la deformación y metamorfismo de granitos-adamellitas porfídicos de edad Ordovícico Inferior.

En el área más montañosa del ámbito adquieren un importante desarrollo la mayoría de los coluviones (cantos, bloques y arenas), donde proliferan los canchales o pedrizas. Se han cartografiado, utilizando criterios geomorfológicos, aquellos que se sitúan en las cuencas de recepción torrencial.

Aunque tienen su máximo desarrollo en periodos subactuales, se piensa que están asociados a etapas netamente glaciares. En la actualidad presentan una cierta movilidad.

Son materiales sueltos sin matriz y de escaso espesor (3-4m). En ciertos afloramientos estas pedrizas se asocian a otros depósitos coluvionares con matriz arcillosa de color ocre amarillento que suele conectar morfológicamente con los abanicos aluviales finineógenos.

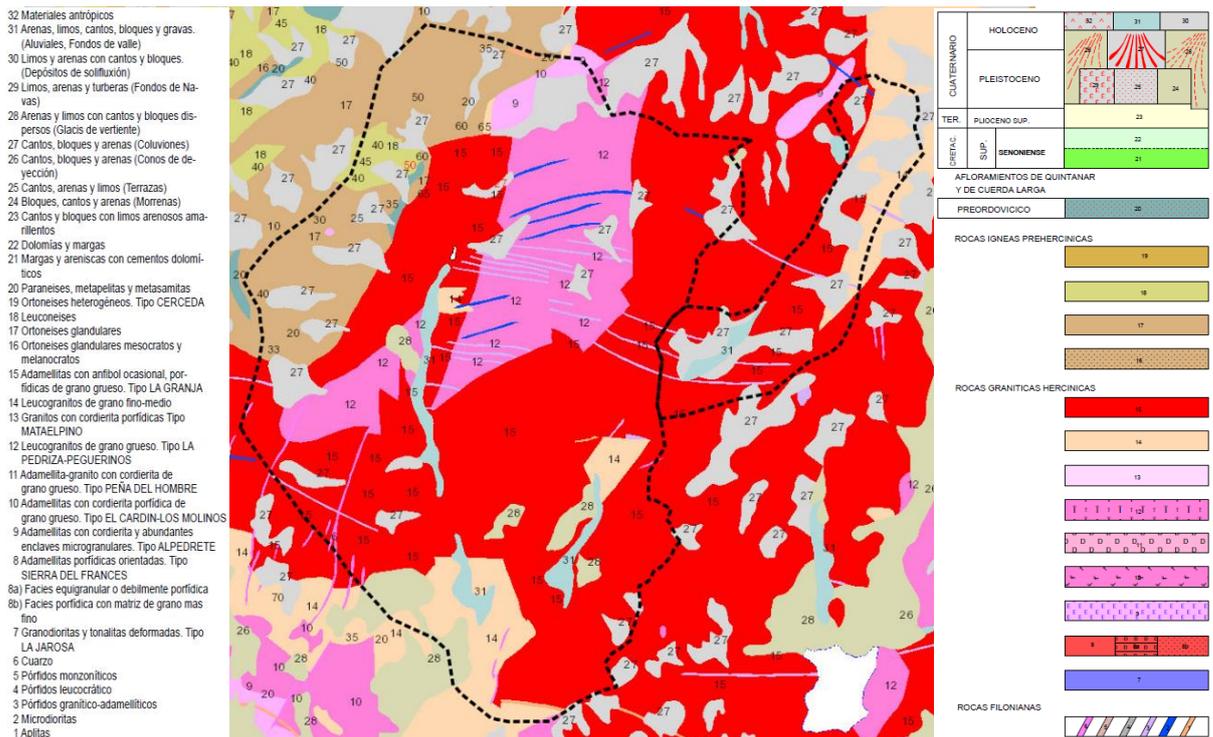


Figura 6. Mapa geológico. TM Cercedilla + Los Baldíos. Fuente: IGME.

Las **unidades geomorfológicas** presentes en el municipio de Cercedilla son:

- 1. Superficie tipo penillanura en cumbres:** corresponde a la superficie de Cumbres (Sc) de SCHWENZNER (1936), formada por una serie de planicies suavemente alomadas, dando lugar a las divisorias principales de la región. Son característicos algunos relieves de tipo *monadnock* y extensas áreas en la que aflora un sustrato alterado (arenización), en las que son frecuentes las depresiones de tipo nava, con desarrollo de suelos hidromorfos y, a veces, turberas ácidas. Como consecuencia del rango de altitudes en que aparece, en toda la superficie se encuentran signos de actividad periglacial de diversa intensidad: suelos enlosados, soliflucción, guirnaldas y rosetones, césped almohadillado, etc.
- 2. Superficie tipo penillanura en paramera:** corresponde con la superficie de meseta M3 de SCHWENZNER (1936). Su morfología es igual a la de cumbres quedando reducida a pequeños replanos colgados a media ladera o culminando elevaciones secundarias. Esta morfología de replanos a diferentes alturas pueden enmascarar la existencia de otras superficies entre ésta y las de tipo pediment. De hecho, la aparición en los bordes y rellanos inferiores de esta superficie de relieves residuales tipo *inselberg* parece confirmar dicha hipótesis. Hay también signo de procesos periglaciares, pero todos ellos de menor intensidad que en la zona de cumbres: guirnaldas y rosetones, soliflucción.
- 3. Laderas:** son formas de enlace entre las diferentes superficies escalonadas. En general, se trata de pendientes escarpadas y rectilíneas, tendencia únicamente modificada por la presencia de formas de origen fluviotorrencial, glacial, gravitacional, etc. Estas características y su asociación a grandes líneas de falla hacen que se interpreten como desniveles de origen tectónico.

Se distinguen dos tramos, situados encima y debajo de la superficie de paramera, y cuando esta no aparece los dos tramos son discernibles por su morfología. La mayor abundancia de alteraciones en el tramo superior le dan una uniformidad que no posee el tramo inferior, donde por una mayor denudación predominan las formas de tipo berrocal.

En los tramos más altos, el glaciario pleistoceno ha dejado abundantes huellas y se detectan también fenómenos periglaciares que dan lugar, principalmente, a la formación de canchales. En toda la ladera hay además un recubrimiento, de espesor variable, formado por suelos, regolito y sus removilizaciones por gravedad, arroyada, solifluxión, etc.

4. **Superficie tipo pediment:** corresponde a las superficies de meseta M2 y M1 de SC HWENZNER (1936). Se trata de superficies tipo pediment más o menos degradadas por la acción fluvial posterior. En detalle, forman esta unidad un conjunto de restos de planicie de pendientes centrifugas a partir de la base de las elevaciones principales. El enlace ladera-pediment se produce generalmente por un *nick*. El elemento morfológico más característico son los relieves residuales de tipo *inselberg*, de los que se han diferenciado tres generaciones, en relación con otros tantos replanos escalonados. En la zona que nos ocupa como en otras zonas próximas (Rampa de El Escorial/Rampa de Segovia) no es posible definir claramente estos replanos, por lo que se agrupan en una sola unidad denominada «tipo pediment», queriendo indicar su sentido amplio. Además de los encajamientos lineales de la red fluvial (gargantas), son características las depresiones tipo *nava* asociadas a zonas de intensa fracturación, que actualmente sufren frecuentes procesos de encharcamiento y formación de suelos hidromorfos. En las vertientes hay un *lavado activo* del regolito y, en consecuencia, la producción de berrocales de diversos tipos.
5. **Fondos de depresiones interiores y corredores:** las depresiones tectónicas del Sistema Central tienen frecuentemente un fondo de tendencia plana limitado por laderas escarpadas de origen estructural. En todos los casos, el fondo de la depresión tiene morfología convergente y a menudo correlacionable con alguna de las otras unidades definidas. Cercedilla cuenta con las depresiones de Manzanares el Real al Sureste y la del Río Moros al Suroeste, en las que la morfología predominante puede correlacionarse con la de la superficie de tipo pediment, a base de replanos ligeramente aluviales con morfología de terrazas bajas. Se incluye en esta unidad una serie de depresiones de menor tamaño y forma lineal. Se trata de valles de origen tectónico y ocasionalmente de fondo plano que enlazan superficies de igual cota o albergan cursos de tipo rectilíneo.

### Paisaje

El paisaje puede entenderse desde varios puntos de vista diferentes: el geográfico que es la visión externa y es el que se percibe y el biológico, que es la visión interna del paisaje, donde los elementos naturales interactúan entre sí: sustrato, clima, vegetación, fauna, etc.;

El paisaje debe ser tenido en cuenta como algo que aporta el territorio y que debe ser valorado y protegido. Puede ser analizado desde diversas perspectivas, más o menos objetivables, en función de cualidades de calidad intrínseca, visibilidad, fragilidad, significado, valores científicos, culturales, etc. y la aptitud para un fin determinado, su utilización, regeneración o protección.

Estas relaciones convierten al paisaje en un aspecto complejo y cambiante, resultado del paso del tiempo sobre un territorio donde han actuado unas dinámicas del hombre y de la acción ambiental. Así, se diferencian unos paisajes naturales, donde el grado de humanización es mínimo, frente a otros en los que la acción del hombre ha sido mayor, y que puede considerarse que tienen un cierto valor intrínseco.

El paisaje de la Sierra, aunque con muchos ingredientes naturales en su composición y organización, es fruto, no sólo de su adaptación a las cambiantes condiciones del medio, sino también de modos tradicionales de aprovechamiento por parte del hombre. En función de la orografía, la ocupación del territorio, las características de la cubierta vegetal y su distribución sobre el relieve se han identificado las siguientes unidades de paisaje en el municipio, integradas en dos grandes conjuntos paisajísticos:

| UNIDADES DE PAISAJE EN CERCEDILLA Y LOS BALDÍOS |  |
|---|--|
| GRANDES VALLES SERRRANOS                        |  |
| UP1   | Valle de la Fuenfría y Siete Picos                 |
| UP2   | Valle del Regajo del Puerto                        |
| PIEDEMONTESERRANO                               |  |
| UP3   | Depresión de Cercedilla: Dehesas y campos cercados |
| UP4   | Zona urbana  |

Un primer tipo está constituido por los **Grandes valles serranos**: el Valle de la Fuenfría y del Regajo del Puerto. Entre ellos se localiza uno de los accidentes montañosos más emblemáticos de la comarca: Los Siete Picos.

Otro dominio, más heterogéneo, lo constituye el **Piedemonte Serrano**, donde se localiza la depresión de Cercedilla, de vocación y tradición ganadera, y las zonas urbanas.

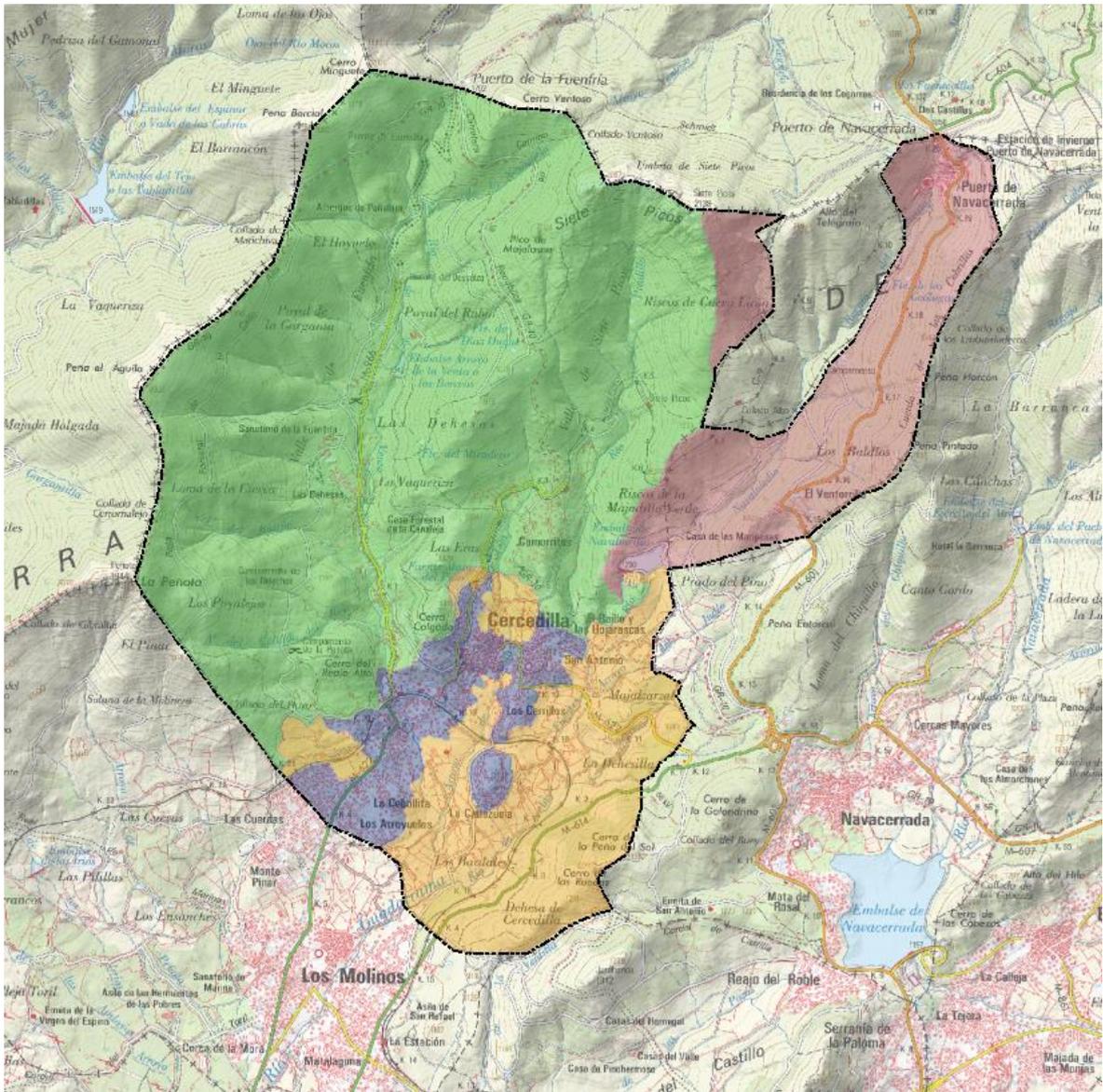


Figura 7. Unidades de paisaje en Cercedilla y Los Baldíos. Fuente: Elaboración propia.

**Hidrología**

La morfología del terreno condiciona las características generales de la red hidrográfica existente. Los cauces que circulan por el terreno al que pertenece el ámbito de estudio pertenecen a la cuenca hidrográfica del río Tajo, y más concretamente a la subcuenca del río Guadarrama.

El río Guadarrama es afluente directo del río Tajo. Nace en la vertiente sur del Parque Nacional, en el término municipal de Cercedilla entre el puerto de La Fuenfría y el puerto de Navacerrada, y consta de tres fuentes principales: río de La Venta, río Pradillo, y río Navalmedio. El tramo del río Guadarrama que discurre por el municipio hasta encontrarse con el Río de la Venta, es comúnmente conocido como Arroyo de la Teja.

El río de La Venta nace en el Puerto de la Fuenfría, discurriendo en sentido sur y paralelo a la calzada romana, conocida como Vía Antoniana que unió en los siglos I-IV d.C. a Mérida con Zaragoza.

Otra fuente del río Guadarrama es el río Pradillo, que nace en la fuente de Los Acebos, a los pies de los Siete Picos. Éste, junto al río Navalmedio (Arroyo del Regato del Puerto) que nace en el Puerto de Navacerrada, constituyen el río de Las Fuentes, para fusionarse con el río de La Venta en Cercedilla antes del límite con Los Molinos. Tradicionalmente a partir de este punto se le denomina río Guadarrama.

Este río recorre las provincias de Madrid y Toledo donde, tras un recorrido de 132 kilómetros, desemboca en el río Tajo. Conformar un eje vertical norte-sur por la mitad oeste de la Comunidad de Madrid.

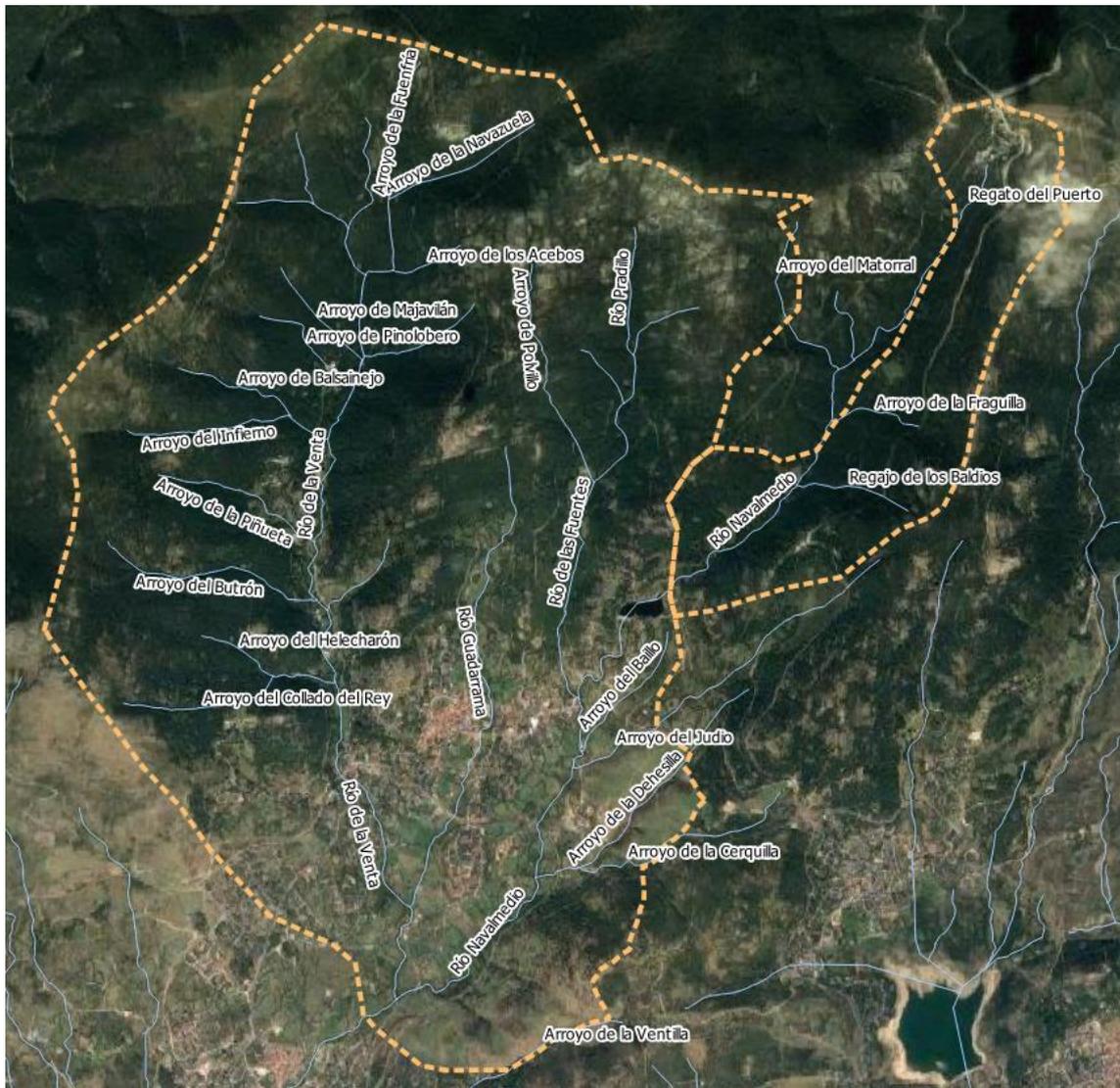


Figura 8. Hidrología superficial. TM Cercedilla y Los Baldíos. Fuente: MITECO.

Los principales tributarios del río Guadarrama son el río Navalmedio (24,57 km) y el río de La Venta (22,23 km). Ambos ríos de montaña, con una superficie de cuenca similar, se caracterizan por un corto recorrido y caudal que da lugar a numerosas gargantas e importantes cañones, todos ellos de gran valor paisajístico. Como todos

los afluentes y subafluentes del río Tajo, presentan fuerte estiaje, fruto de su régimen pluvio-nival. Los principales caudales se registran en mayo y junio, cuando se produce el deshielo. Se clasifican de segundo orden según la categoría Pfafstetter.

El río de La Venta atraviesa el núcleo urbano de Cercedilla de norte a sur, captando las aguas de una serie de arroyos, los más importantes el de La Teja (que también cruza la localidad), Balsainejo y del Butrón.

La mayoría de los arroyos tienen un funcionamiento estacional y su alimentación se debe a las precipitaciones. El río Navalmedio es el único curso fluvial del término que desemboca directamente en el embalse que lleva su mismo nombre.

Aunque no se trate de un cauce natural, debe mencionarse la presencia del canal a Navacerrada que discurre, durante una longitud de apenas 400 m por el municipio, desde el embalse Navalmedio hacia el embalse de Navacerrada, pasando por la localidad del mismo nombre. Es una conducción subterránea de abastecimiento propiedad del Canal de Isabel II.

Por otra parte, la Directiva Marco del Agua (Directiva 60/2000/CE) define las **masas de agua superficial** continentales como una parte diferenciada y significativa de agua superficial, como un lago, un embalse, una corriente, río o canal, parte de una corriente, río o canal, unas aguas de transición o un tramo de aguas costeras. Las masas de agua superficial se clasifican en función de su categoría (ríos, lagos, aguas de transición y costeras), de su naturaleza (naturales, artificiales y muy modificadas) y de su tipo (definido por la Instrucción de Planificación Hidrológica).

De acuerdo con el sistema de información geográfica de la Confederación Hidrográfica del Tajo, en el municipio objeto de estudio se ha identificado y delimitado una masa de agua superficial, conforme a los criterios de la Directiva Marco del Agua:

| CÓDIGO MASA      | NOMBRE MASA   | CATEGORÍA   | ECOTIPO                                    |
|------------------|---|-------------|--|
| ES030MSPF0405010 | Río Guadarrama desde Río Navalmedio hasta Arroyo Loco | Río natural | Ríos de montaña mediterránea silíceo (111) |

Tabla 2. Masa de agua superficial en los términos de Cercedilla y Los Baldíos. Fuente: CHT.

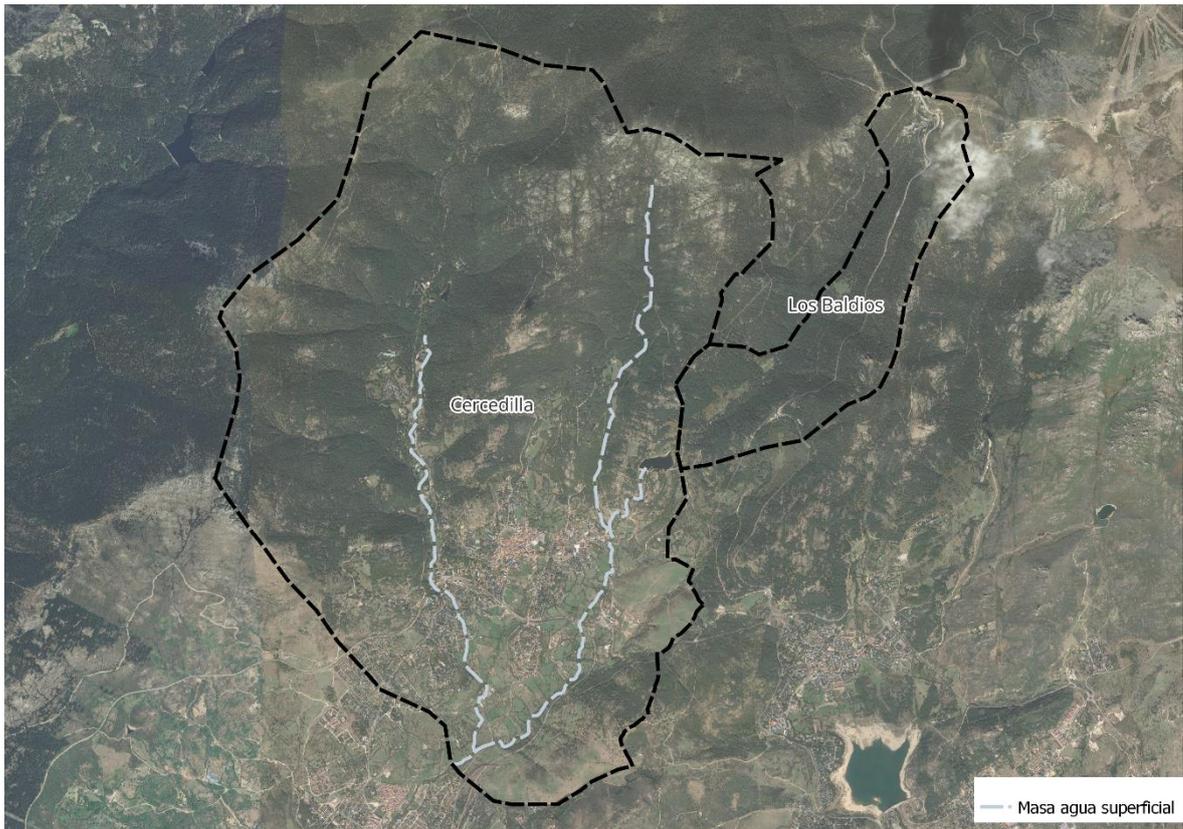


Figura 9. Masas de agua superficial. TM Cercedilla y Los Baldíos. Fuente: MITECO.

Como se ha mencionado anteriormente, en el municipio de Cercedilla encontramos el embalse de Navalmedio.

Esta infraestructura propiedad del Canal de Isabel II dispone de dos elementos de cierre: la presa principal y otra de menor tamaño que evita el paso del agua por un collado situado en la margen izquierda. Las coronaciones de ambos muros están enlazadas por una carretera de acceso que discurre pegada al embalse. La presa principal tiene 170 metros de longitud y 47 metros de altura y la presa de collado 225 metros de longitud y 7 metros de altura sobre el cauce. El aliviadero, situado sobre la presa, lo forman dos vanos de siete metros de anchura cerrados por compuertas.

Su cuenca de captación es de 9 km<sup>2</sup>, y recibe una media de 7 hm<sup>3</sup> al año. Regula el agua que embalsa mediante compuertas, y también dispone de un desagüe de fondo y un aliviadero de dos vanos. Su presa es de tipo de gravedad de planta recta, tiene capacidad para 0,7 hm<sup>3</sup> y su lámina de agua como máximo ocupa 8 ha. Su uso principal es el de abastecimiento, mediante el trasvase al embalse de Navacerrada, aunque también existe coto de pesca.

El embalse de Navalmedio forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Demarcación Hidrográfica del Tajo dentro de las categorías:

- Captaciones de abastecimiento (Directiva 2000/60/CE).
- Zona sensible (Directiva 91/271/CEE).

El embalse también pertenece a un área catalogado como Reserva de la Biosfera denominada “Cuencas Altas de los Ríos Manzanares, Lozoya y Guadarrama”. Fue designada como tal por la UNESCO el 9 de noviembre de 1992, y ampliada por la UNESCO el 19 de junio de 2019, a petición de la Comunidad de Madrid.

Cuenta con un Plan de Emergencia aprobado desde la Comunidad de Madrid con fecha 19/10/2004 y definitivamente implantado durante el año 2013.



Figura 10. Hidrología superficial. Imagen del embalse de Navalmedio.

En el término de Cercedilla encontramos otro embalse, llamado Arroyo de La Venta o Las Berceas, de menor entidad que el de Navalmedio, y titularidad del Ayuntamiento de Cercedilla. Posee una capacidad de 0,09 hm<sup>3</sup>. Su uso principal es de abastecimiento. La presa es de tipo gravedad (mampostería), con un aliviadero regulado por compuertas.

Cuenta con un Plan de Emergencia redactado y presentado en agosto de 2016 ante el Organismo de Cuenca competente, pero aún no está aprobado ni implantado.

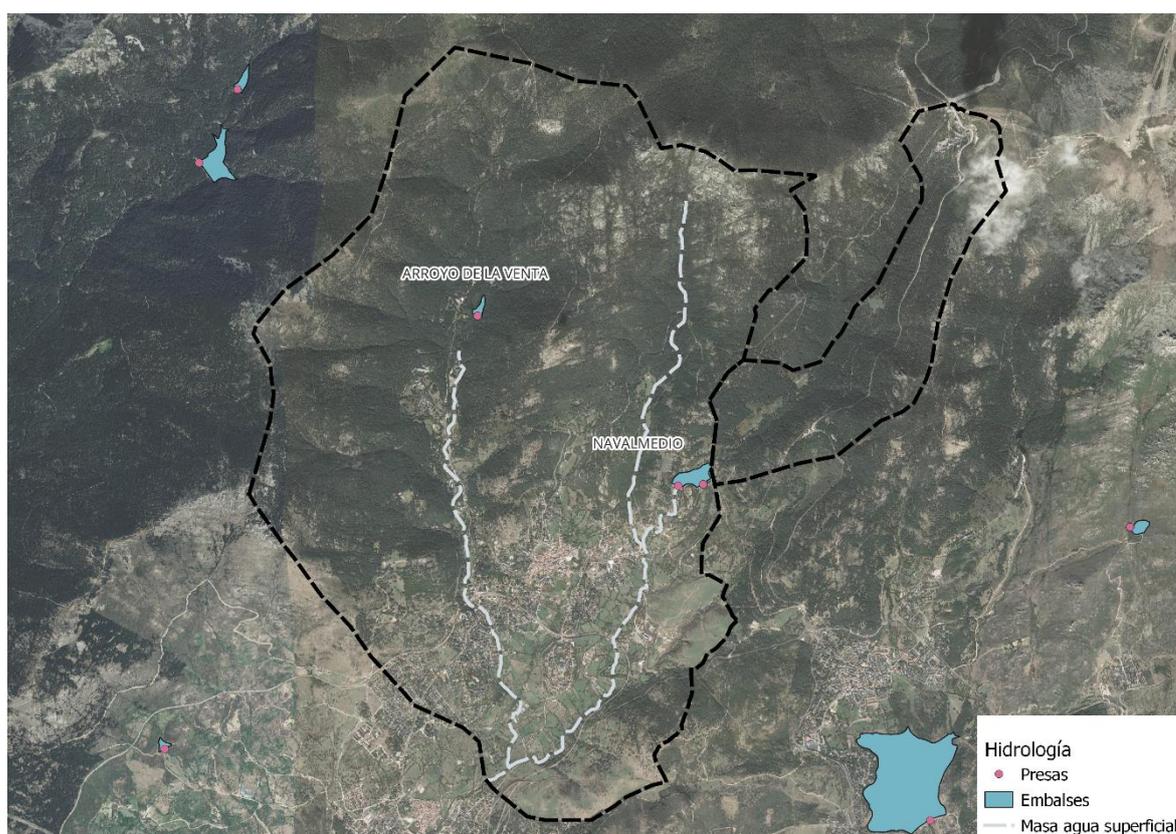


Figura 11. Ubicación presas y embalses del TM Los Baldíos. Fuente: MITECO.

En cuanto a la **hidrología subterránea**, las litologías predominantes en el término municipal de Cercedilla y en su zona mancomunada Los Baldíos son metamórficas. Esto implica que las condiciones hidrogeológicas de gran parte de esta cuenca hidrográfica sean de una baja porosidad y, en consecuencia, no formen acuíferos.

### 1.1.1. Unidades hidrogeológicas

Por unidad hidrogeológica se entiende uno o varios acuíferos agrupados a efectos de conseguir una administración del agua racional y eficaz. Desde la entrada en vigor de la Ley de Aguas y derivado de los distintos Planes Hidrológicos, el territorio peninsular se divide en Unidades Hidrogeológicas (UH). El Plan Hidrológico del Tajo establece una división de los acuíferos en 13 unidades.

En nuestra zona de estudio, no se localiza ninguna unidad hidrogeológica.

### 1.1.2. Masas de agua subterránea

La Directiva Marco del Agua define las **masas de agua subterránea** como un volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos. En el ámbito de la Cuenca Hidrográfica del Tajo se han identificado y delimitado 24 masas de agua subterránea.

En nuestra zona de estudio, debido a que las condiciones litológicas de la zona presentan una permeabilidad muy baja o nula, no se encuentra ninguna masa de agua subterránea.

## 1.2. Identificación de puntos de agua

Se ha realizado consulta al Área de Calidad Hídrica de la Comunidad de Madrid para conocer los puntos de agua existentes en el término municipal de Cercedilla. Se han obtenido los datos de que disponen sobre puntos de agua y el estado del agua subterránea, recogidos en la siguiente imagen:

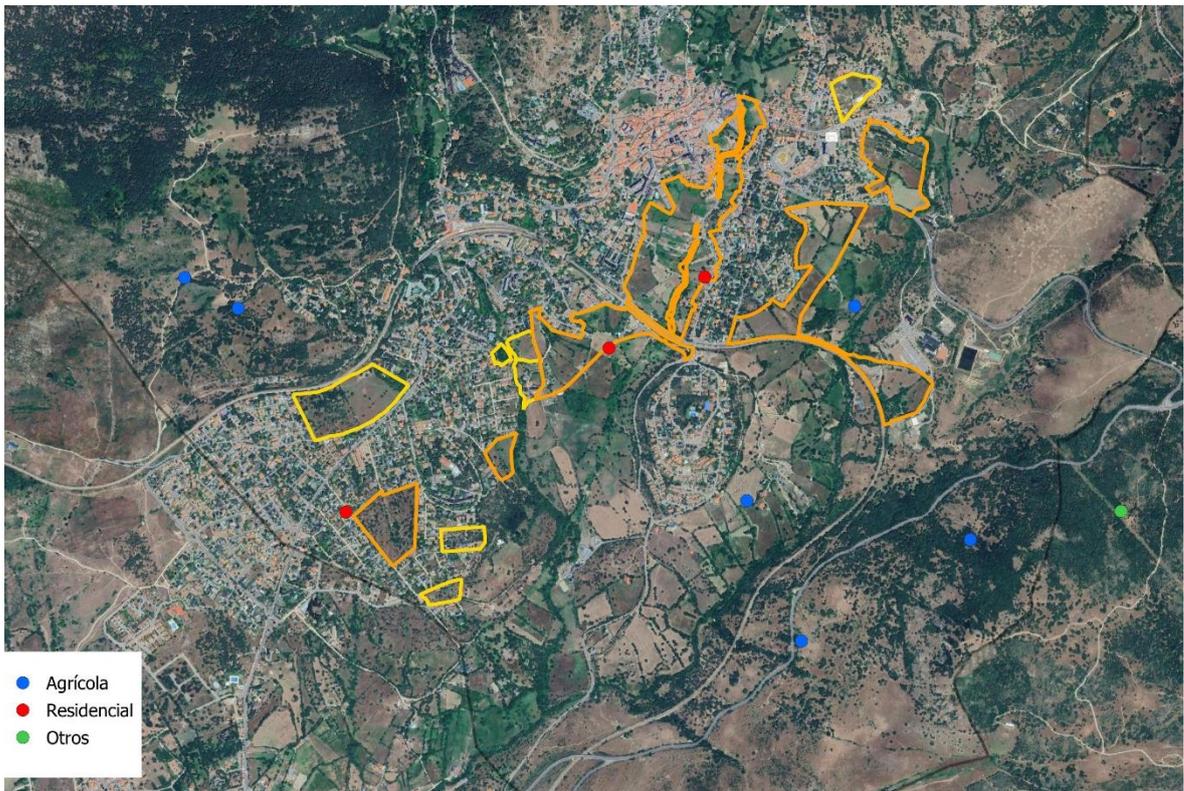


Figura 12. Localización de puntos de agua del municipio. Fuente: elaboración propia.

Se presentan, de forma más detallada una tabla con la información disponible de dichos puntos.

| Nº Orden | Registro    | ETRS89_X | ETRS89_Y | Año ejecución | Uso abreviado |
|----------|-------------|----------|----------|---------------|---------------|
| 1        | 0019900095  | 410599   | 4509683  | 2011          | RESIDENCIAL   |
| 2        | 00209000523 | 410991   | 4509973  | 2011          | RESIDENCIAL   |
| 3        | 00209000524 | 409540   | 4509026  | 2011          | RESIDENCIAL   |
| 4        | 0019900092  | 411375   | 4508493  | 2011          | AGRÍCOLA      |
| 5        | 0019900093  | 411157   | 4509074  | 2011          | AGRÍCOLA      |
| 6        | 0019900096  | 408887   | 4509984  | 2011          | AGRÍCOLA      |
| 7        | 0019900097  | 411614   | 4509857  | 2011          | AGRÍCOLA      |
| 8        | 0019900098  | 409108   | 4509857  | 2011          | AGRÍCOLA      |
| 9        | 00199000101 | 412057   | 4508914  | 2011          | AGRÍCOLA      |

Según el Servicio de Calidad Hídrica, atendiendo a la fecha de obtención de la información para algunos puntos, es posible que ya no existan o hayan sido modificados sustancialmente por cambios de uso del suelo, desarrollo de infraestructuras, etc.

## Capítulo 2. SITUACIÓN DEL PLANEAMIENTO VIGENTE

En la actualidad, el instrumento de planeamiento general vigente en el término municipal de Cercedilla son las Normas Subsidiarias de Planeamiento de Cercedilla, aprobadas definitivamente en sesión celebrada el día 27 de junio de 1985.

Tras estas normas, fue redactada una revisión del planeamiento general, pero alcanza solamente la fase de Avance del Plan General de Ordenación Urbana de Cercedilla, debido a su anulación consecuencia de la emisión de un informe ambiental negativo en 2015.

### 2.1. Clasificación del Suelo

Las Normas Urbanísticas se redactaron y aprobaron bajo una legislación de urbanismo y suelo previa a la vigente, y con unas condiciones físicas, de desarrollo y socioeconómicas muy diferentes a las actuales. El principal motivo que provocó su desarrollo fue el desajuste que existía en ese momento entre la realidad del proceso de desarrollo urbano y la planificación prevista por el planeamiento vigente, con el objetivo de establecer una normativa urbanística asumida por todos los agentes y que recogiera y planificara las necesidades de desarrollo urbanístico previstas.

Las Normas Subsidiarias clasifican la totalidad del término municipal en tres clases de suelo:

- **Suelo Urbano:** incluye diferentes zonas en función de su grado de consolidación y el uso del suelo, se detallan a continuación en el punto 1.2 Ordenanzas en el Suelo Urbano.
- **Suelo Urbanizable:** recoge los suelos que estaban previstos para ser transformados en suelo urbano por diversos motivos:
  - **SAU 1:** comprende la zona situada en el límite este del núcleo de Cercedilla, al otro lado del río, próxima a la plaza de toros. Surge como una expectativa de desarrollo por parte de un promotor, se podría asimilar por su proximidad a las condiciones de los suelos C1, C2 y C3. Actualmente se encuentra en tramitación el plan parcial para el desarrollo del sector.
  - **SAU 2:** comprende una franja de suelo ubicada en el límite este del núcleo, se extiende entre la carretera N-622 y la vía del ferrocarril. Al igual que el SAU 1, surge como una expectativa de desarrollo por parte de un promotor, se podría asimilar por su proximidad a las condiciones de los suelos C1, C2 y C3. Actualmente se encuentra en tramitación el plan parcial para el desarrollo del sector.
  - **SAU 3:** incluye suelos de un sector totalmente incluido dentro de la zona consolidada. Ubicado al sur del núcleo, próximo al límite municipal con Los Molinos. Debido a su extensión y por estar desprovisto de los mínimos establecidos por la normativa vigente en el momento de redacción de las normas urbanísticas, no se puede considera como suelo urbano. Actualmente está pendiente la redacción y tramitación del plan parcial para permitir el desarrollo del sector.

- **Suelo No Urbanizable:** subdivido en 3 niveles, en función de los valores identificados en cada uno de ellos:
  - **Suelo No Urbanizable Especialmente Protección (SNUEP):** incluye suelos con excepcionales valores naturalísticos, estéticos, paisajístico y productivos; siendo el uso característico de esta categoría el mantenimiento del medio natural, y usos permitidos, la producción agropecuaria (actividades que no supongan un menoscabo de la calidad del medio), y el ocio, actividades lúdicas y culturales que se desarrollen al aire libre.  
Dentro de esta categoría se incluye la Colonia de Camorritos.
  - **Suelo No Urbanizable Protegido (SNUP):** incluye suelos que tienen como uso característico la producción agropecuaria, y ligado al anterior, el mantenimiento del medio natural. Son usos permitidos las actividades de ocio, lúdicas y culturales, mantenimiento de servicios e infraestructuras, usos declarados de utilidad pública e interés social, y el uso industrial vinculado al almacenaje de productos agrícolas.
  - **Suelo No Urbanizable Común (SNUC):** este suelo se destina a usos agrícolas y ganaderos, siendo uso permitido el mantenimiento del medio natural.  
Dentro de esta clase de suelo en las Normas Subsidiarias, se encuentra incluido el núcleo del Puerto de Navacerrada.

Debido a las particularidades del municipio de Cercedilla, se estimó necesario clasificar la mayor parte del territorio del mismo como Suelo No Urbanizable Protegido y Especialmente Protegido, quedando los terrenos restantes, de menor valor, como Suelo No Urbanizable Común.



Figura 13. Clasificación del Suelo. Zona Norte. Planeamiento General Vigente (NNSS de 1985)



## Capítulo 3. SITUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA

### Abastecimiento

El municipio de Cercedilla cuenta con dos embalses destinados al abastecimiento, que recogen agua proveniente de la Sierra de Guadarrama. Estas dos infraestructuras son las siguientes:

- Embalse de Navalmedio, titularidad del Canal de Isabel II, con 700.000 m<sup>3</sup> de capacidad
- Embalse de Las Berceas, titularidad del Ayuntamiento de Cercedilla, con 100.000 m<sup>3</sup> de capacidad



Figura 15. Embalses del municipio de Cercedilla

El Embalse de Las Berceas se construyó en 1958 por el Ayto. de Cercedilla, para garantizar el suministro de agua a la población, recogiendo las aguas del río de la Venta y del arroyo de Cerromalejo, que vierte directamente a la misma.

Por otro lado, el Embalse de Navalmedio, formado por dos cuerpos de presa, se construyó en 1968 por el Consorcio de Abastecimiento y Saneamiento de la Sierra de Guadarrama (CASRAMA), entrando en funcionamiento al año siguiente. El embalse de Navalmedio, además, cuenta con un trasvase hasta el embalse de Navacerrada de unos 4,5 km de longitud, en servicio desde 1969.

El abastecimiento del municipio se hace a través de varios depósitos:

- DEPÓSITO DE CANTOS GORDOS
- DEPÓSITOS FLOR DE LIS (1 Y 2)
- DEPÓSITO DE LAS ENCINILLAS
- DEPÓSITO DE CERRO COLGADO
- DEPÓSITO DE LA PALOMA

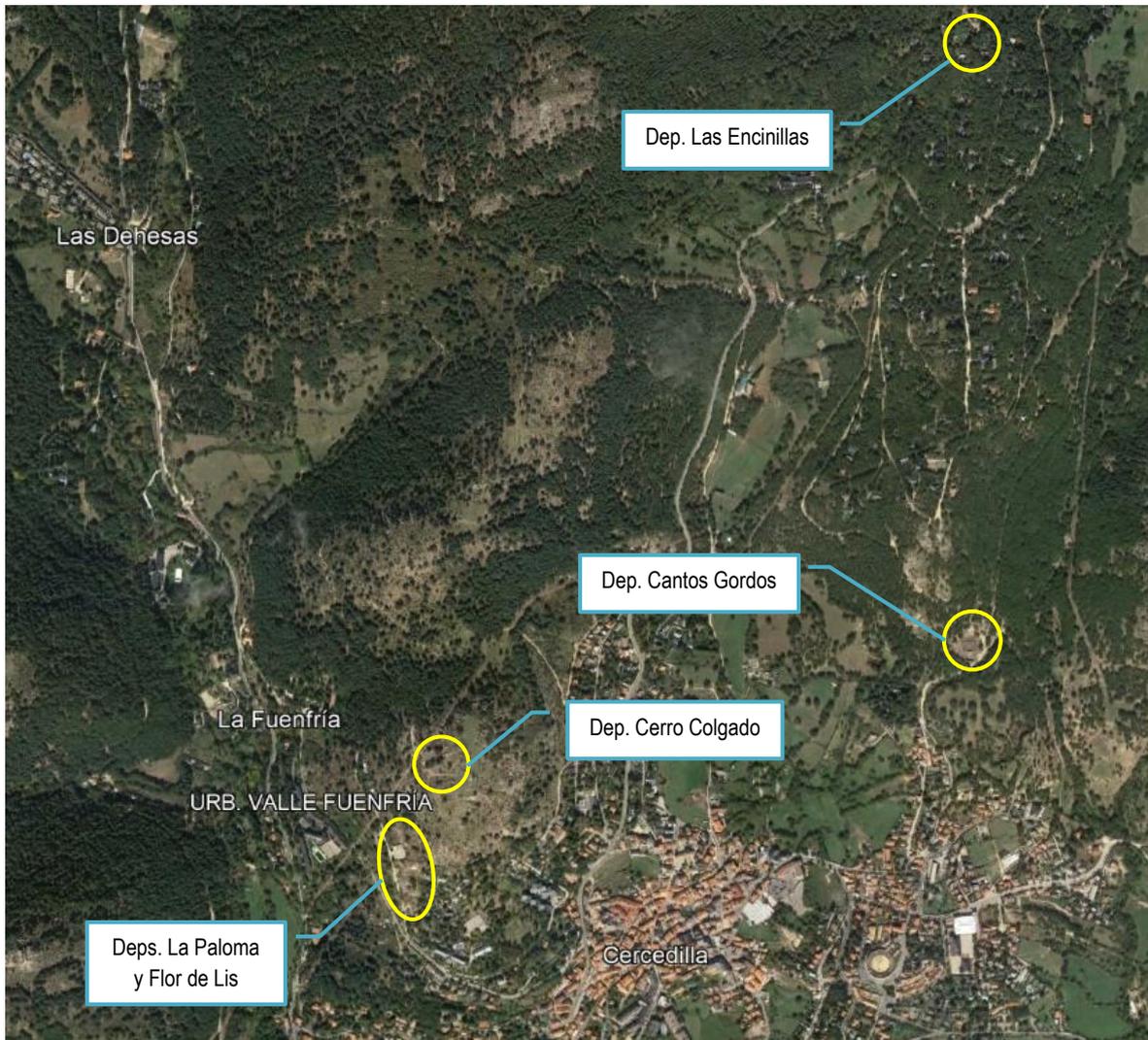


Figura 16. Localización de los depósitos municipales

Existe algún depósito intermedio –estación de elevación– de capacidad reducida (en torno a 10 m<sup>3</sup>) cuya función es la de albergar y facilitar la operación de los grupos de elevación.

El depósito de Cantos Gordos da servicio a la zona este del arroyo de la Teja, junto con la urbanización de La Cabezuela y las construcciones próximas que se encuentran dispersas al otro lado del río de las Fuentes (La Dehesilla, tanatorio, cementerio y campo de fútbol, hasta el matadero). Cuenta con un equipo de bombeo con el que se refuerza el Depósito de Las Encinillas, el cual abastece la Colonia Camorritos. El Dep. de Cantos Gordos se nutre de la arteria de aducción Portazgo-Cercedilla (a través de una conducción 400FD) y de la captación del Río Pradillo. El Dep. de Las Encinillas, por otro lado, toma agua de sendas captaciones en los arroyos del Polvillo y el Río Pradillo, así como las provenientes del grupo de elevación situado en el depósito intermedio.

Por su parte, los depósitos de La Paloma, Flor de Lis (1 y 2) y el de Cerro Colgado sirven al casco histórico y zona sur del ferrocarril, junto con la Colonia del Valle de Fuenfría. Todos ellos se abastecen de captaciones sobre los diferentes arroyos presentes en el valle de Fuenfría, como son el de el Helecharón, Butrón, Piñueta, Balsainejo y el embalse de Las Berceas. Los depósitos de La Paloma y Flor de Lis se encuentran juntos sobre el mismo camino, contruidos a medida que la demanda de la población iba aumentando.

En el núcleo de Cercedilla la red está estructurada fundamentalmente a través de la M-622 y la Avenida Francisco Ruano, así como la Calle José Aguinaga en el extremo norte. A la zona suroeste del municipio los servicios llegan a través de la Avenida Francisco Fernández Ochoa, la cual estructura la red en este tramo.

Los núcleos de Las Dehesas, Colonia Camorritos y Puerto de Navacerrada tienen sus captaciones y redes de distribución particulares con las que responden a la demanda existente, ya que todos ellos se encuentran a una cota mayor que los depósitos hasta ahora explicados. Desde estos depósitos, todos ellos situados al norte de la trama urbana, se transporta el agua a través de una aducción de diámetros variables de 250-400 mm. Dentro del casco la red se divide en canalizaciones de distribución de diámetros comprendidos, generalmente, entre los 60 y los 120 mm.

Las características fundamentales de los citados depósitos se recogen en la siguiente tabla:

| DEPÓSITO                        | CÓDIGO  | CAPACIDAD (M3) | ALTITUD (M.S.N.M.) |
|---------------------------------|---------|----------------|--------------------|
| La Paloma                       | D_29545 | 3.000          | 1.260              |
| Flor de Lis                     | D_29542 | 800            | 1.255              |
| Cerro Colgado                   | D_29541 | 2.000          | 1.340              |
| Cantos Gordos                   | D_29544 | 3.000          | 1.265              |
| Las Encinillas                  | D_29543 | 175            | 1.400              |
| Colonia Camorritos (intermedio) | D_23338 | 200            | 1.320              |

Tabla 3. Depósitos del T.M. de Cercedilla

Junto a los depósitos de La Paloma y Flor de Lis se encuentra la Estación de Tratamiento de Agua Potable de La Paloma, en la que se realizan los procesos de desinfección del agua suministrada al municipio, consistente en el filtrado y la adición de coagulantes (semi-micro floculación sobre filtro). La calidad del agua es buena de forma natural, gracias a la proximidad de la Sierra de Guadarrama, por lo que basta con este proceso para conseguir un agua apta para el consumo humano, sin precisar de instalaciones más complejas y de mayor envergadura. Cuenta con una caseta de control que contiene los elementos mecánicos (bomba y soplante de aire), valvulería y cuadro de control eléctrico necesarios para el proceso.



Figura 17. Estación de Tratamiento de Agua Potable. Fuente: googlemaps

El caudal de filtración de agua de esta ETAP es de 150 m<sup>3</sup>/h, trabajando a una presión de 8 kg/cm<sup>2</sup>. Tiene capacidad suficiente para servir a la población residente de Cercedilla, pero debido a los altos incrementos de población en los meses de verano está pendiente de ampliación, existiendo el encargo del respectivo proyecto de ampliación a fecha de 2021. El aumento de caudal filtrado previsto supondrá unos valores de entre 200 y 225 m<sup>3</sup>/h. Asimismo se aumentará el número de filtros y adaptará la construcción para coordinar los elementos y garantizar un funcionamiento seguro.

Al pie de la presa del embalse de Navalmedio existe también una estación de depuración, en la que se realiza la adición de reactivos sobre la red. Desde ella se abastece tanto a parte del municipio de Cercedilla como al municipio vecino de Navacerrada.

#### Saneamiento y depuración

El saneamiento de Cercedilla se presta de forma compartida por parte del Ayuntamiento y del Canal de Isabel II. El servicio de alcantarillado es de propiedad y servicio del Ayuntamiento, siendo el servicio de depuración de propiedad y servicio el Canal de Isabel II, haciéndose ésta de forma conjunta con la de los municipios de Los Molinos y Guadarrama, concentrando caudales y optimizando el proceso, al tratar las aguas generadas en estos tres municipios en la misma depuradora.

La red de saneamiento de Cercedilla deriva por medio de un emisario a una estación depuradora en el municipio de Guadarrama, al sur de la localidad. La EDAR de El Chaparral, a la que derivan las aguas de saneamiento, se ubica próxima a la Autovía del Noroeste (A-6) en el municipio de Guadarrama y cuenta con las siguientes características (a fecha de su construcción):

| EDAR EL CHAPARRAL |   |                           |  |                                 |
|-------------------|---|---------------------------|--|---------------------------------|
| Año               | Municipios servidos   | Población de diseño (heq) | Tipo de proceso agua/fangos              |                                 |
| 1988              | Cercedilla, Los Molinos, Guadarrama y Puerto de Navacerrada | 60.000                    | Biológico convencional de fangos activos | Deshidratación con filtro banda |

Tabla 4. EDAR El Chaparral. Fuente: Canal de Isabel II.

Esta EDAR ha sido ampliada en el año 2017, añadiendo dos nuevos tanques, uno de decantación primaria y otro de secundaria, así como mejorando y ampliando el resto de componentes necesarios para poder alcanzar el estado de servicio requerido. De esta forma se llega a un caudal de tratamiento de 22.500 m3/día (100.000 heq).



Figura 18. Ampliación EDAR El Chaparral, año 2017. Fuente: construdata21

La red de saneamiento se estructura en torno a dos ejes principales. Por un lado, en el sector oeste de Cercedilla se conducen las aguas residuales provenientes del Valle de La Fuenfría y del entorno inmediato de la estación de ferrocarril. En el tramo del Valle de La Fuenfría, el colector parte del hospital del mismo nombre discurriendo en dirección sur por el margen izquierdo de la carretera M-966. A la altura del arroyo del Buitrón cruza de lado, volviendo al margen izquierdo antes de llegar a la Oficina Comarcal de Agentes Forestales. A partir de este punto se separa de la carretera, bordeando por el oeste la trama urbana hasta volver a conectar con ella a la altura de la Estación de Ferrocarril.

A estas aguas se le suman las generadas en la zona suroeste del núcleo, conduciéndose en dirección sur por la Avenida Francisco Fernández Ochoa hacia la EDAR de El Chaparral. Por su parte, la Colonia de Los Arroyuelos da salida a las aguas generadas a través de la Calle Matalascabras.

Por otro lado, las aguas generadas en el centro histórico, zona noreste y Colonia Camorritos se unen al colector aún dentro de la trama urbana, conectándose los emisarios de La Cabezuela y La Dehesilla más adelante. Las aguas generadas se juntan en un colector principal que discurre por el fondo del valle, paralelo al Arroyo de la Teja.

Todos estos caudales se irán agregando a las aguas generadas en los núcleos de Los Molinos y Guadarrama, a través de un emisario general, antes de alcanzar la EDAR de El Chaparral anteriormente descrita donde serán tratadas.

La red de aguas residuales del casco urbano está formada por colectores de secciones comprendidas generalmente entre 300 y 600 mm de diámetro (no así los colectores principales o emisarios que contarán con diámetros mayores), de hormigón armado en su mayoría, que discurren por las principales calles y se dirigen hacia el lugar destinado a su tratamiento.

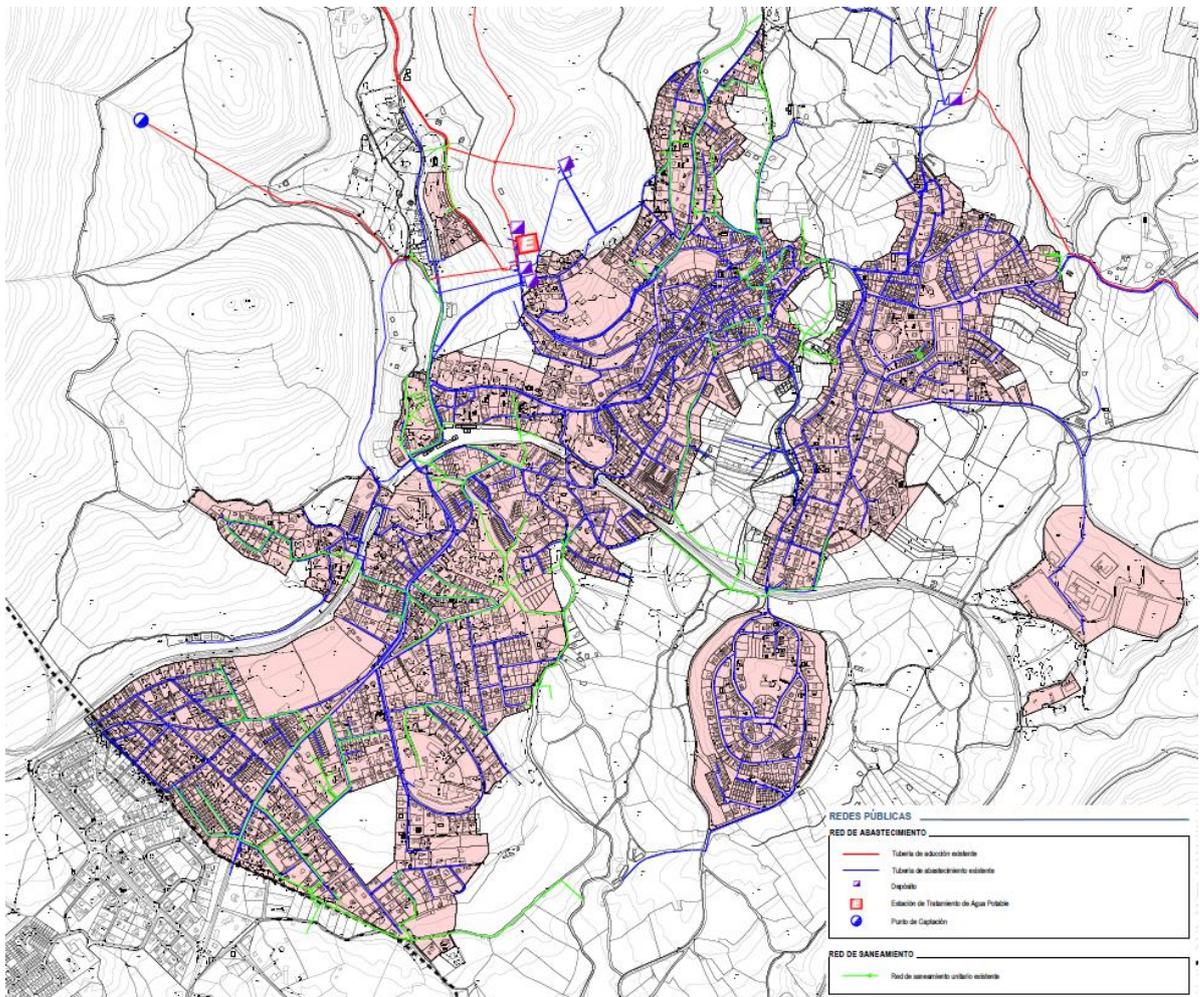


Figura 19. Redes principales del municipio.

## Título III. PREVISIÓN DE MODIFICACIONES EN LA RED HIDROGRÁFICA Y LA CAPACIDAD HÍDRICA

## Capítulo 1. CLASIFICACIÓN DEL SUELO ESTABLECIDA POR EL NUEVO PLAN GENERAL

El documento de Avance establece como determinaciones de ordenación estructurante la clasificación del suelo y la división de cada clase de suelo en las categorías y subcategorías correspondientes. Conforme a lo dispuesto en la legislación aplicable, se establecen las clases de **Suelo Urbano**, **Suelo Urbanizable** y **Suelo No Urbanizable de Protección**, delimitando cada clase de suelo en función de la situación básica en que se encuentran los terrenos y en base a los criterios de clasificación que establece la Ley 9/2001, teniendo en cuenta, en su caso, las categorías de cada clase de suelo que define la legislación aplicable.

La totalidad del suelo del término municipal de Cercedilla se ha clasificado distinguiendo tres clases de suelo: Suelo Urbano, Suelo Urbanizable y Suelo No Urbanizable de Protección. A continuación, se describe cada una de las clases de suelo previstas:

- **Suelo Urbano (SU):** comprende en líneas generales la totalidad del Suelo Urbano clasificado por el planeamiento vigente. Por otra parte, se han incluido además en Suelo Urbano las Unidades de Actuación definidas en el Plan General vigente que a la fecha de redacción del presente documento han culminado el proceso de su desarrollo, al haberse completado su reparcelación y urbanización, y haberse producido la recepción de las obras de urbanización por parte del Ayuntamiento de Cercedilla.

El Suelo Urbano se divide en 6 zonas urbanas que coinciden con las Áreas Homogéneas propuestas: AH-01 (Casco antiguo), AH-02 (Norte del ferrocarril), AH-03 (Suroeste del ferrocarril), AH-04 Este del Arroyo de la Teja - Ensanche), AH-05 (Urbanización La Cabezuela) y AH-06 (La Dehesilla).

Dentro del Suelo Urbano se diferencian las dos categorías contempladas en la Ley 9/2001: el **Suelo Urbano Consolidado (SU-C)** y el **Suelo Urbano No Consolidado (SU-NC)**. El Suelo Urbano No Consolidado está constituido por cinco Ámbitos de Actuación, cuatro con uso global residencial: SUNC-1 "UASU-1. Colonia San Antonio", SUNC-2 "UASU-3. Colonia Farmacéutica", SUNC-3 "UASU-5" y SUNC-5 "Ermita Santa María – Calle Hachas"; y uno con uso global dotacional: SUNC-4 "UA Dotacional". Los tres primeros ámbitos son remitidos del Planeamiento vigente.

- La **superficie total del Suelo Urbano es de 2.794.865 m<sup>2</sup>s** que representa un 6,84% de la superficie total del término municipal. El Suelo Urbano Consolidado tiene una superficie de 2.643.307 m<sup>2</sup>s, que representa un porcentaje del 6,47% municipal y el Suelo Urbano No Consolidado un 0,37% (151.558 m<sup>2</sup>s).
- **Suelo Urbanizable (SUR):** son los suelos que podrían ser objeto de desarrollo urbano, habiéndose adscrito como tales en el presente Plan General por no proceder a clasificarse como urbanos ni como no urbanizables de protección (Ley del Suelo de la Comunidad de Madrid, artículo 15). En el presente Plan General tan solo se ha previsto la inclusión de sectores con la categoría de Suelo Urbanizable Sectorizado (SURS).

Se categorizan como **Suelo Urbanizable Sectorizado (SUR-S)** aquellos suelos que, conforme a las necesidades analizadas, se plantea expresamente por el presente Plan General que deben transformarse en Suelo Urbano. Para ello se han delimitado 7 sectores, 6 de ellos residenciales: SURS-1. "SAU-1. Las Fuentes", SURS-2. "SAU-2. Navalcaballo", SURS-3. "SAU-3. Los Arroyuelos",

SURS-4. "Arroyo de la Teja", SURS-5. "Los Pradillos" y SURS-6. "Río de la Venta Sur"; y uno mixto "SURS-7. La Dehesilla". Los tres primeros sectores son remitidos del Planeamiento vigente.

La **superficie total de Suelo Urbanizable es de 569.992 m<sup>2</sup>s** de suelo, que representa un porcentaje de 1.40% de la superficie total del término municipal, siendo en su totalidad Suelo Urbanizable Sectorizado.

- **Suelo No Urbanizable de Protección:** Comprende aquellos suelos que, bien por estar sometidos a protección especial sectorial o bien por sus valores intrínsecos naturales, agrícolas, arqueológicos o ambientales, deben ser preservados del proceso urbanizador.

Dentro del Suelo No Urbanizable de Protección se incluyen dos categorías de suelo, **Suelo No Urbanizable de Protección Especial (SNUP-E)** y **Suelo No Urbanizable de Protección Preservado (SNUP-P)**. Dentro de la primera aparecen varias subcategorías en función del régimen especial de protección establecido por la legislación sectorial vigente en cada caso.

La **superficie total del Suelo No Urbanizable de Protección es de 37.468.788 m<sup>2</sup>s**, que representa un porcentaje del 91,76 % de la superficie total del término municipal.



## Capítulo 2. IMPLICACIONES EN LA RED HIDROGRÁFICA Y LA CAPACIDAD HÍDRICA DE LOS CAMBIOS EN EL PLANEAMIENTO

En general en el planeamiento propuesto no se prevé modificación alguna de cauces por entubamientos, cambios de trazado o encauzamientos. Sólo las líneas de agua superficial de poca entidad, sin cauce definido e incluidas físicamente dentro de los nuevos sectores y su nueva configuración de viales y parcelas, se incorporarán a las conducciones, pasando a formar parte de la red de colectores de la trama urbana.

Se respetarán los cauces de los arroyos en su estado actual y se mantendrá su condición de circulación a cielo abierto, siempre que sea posible, favoreciendo la laminación de escorrentía de aguas pluviales aprovechando con ello los beneficios que implica, especialmente durante episodios de precipitaciones intensas. Se prestará especial atención a los cauces y sus áreas de inundación, respetando las franjas de protección establecidas en la legislación vigente.

En lo que respecta al abastecimiento, los nuevos sectores crearán nuevas necesidades, lo que implica nuevos elementos de regulación, construcción de nuevas redes o refuerzo de las existentes. Según las estimaciones realizadas en el presente estudio, no serán necesarios nuevos puntos de captación. Al igual que aumenta el consumo de agua, de su mano también aumenta el caudal de aguas residuales generado, debiendo adecuar los sistemas de depuración incorporando los elementos necesarios a la red.

Se aporta una propuesta de trazado de estas nuevas infraestructuras, tanto de abastecimiento como de saneamiento, adaptándolo a los nuevos sectores y a las redes existentes.

Tal y como se comenta posteriormente, se plantea red separativa de saneamiento para los nuevos sectores, por lo que el vertido íntegro de aguas residuales se realizará sobre las redes de saneamiento que conducen el agua hasta la EDAR, mientras que los caudales de aguas pluviales generados serán recogidos por las redes de aguas pluviales a través de sumideros, imbornales, etc, para ser llevados aguas abajo, hasta el punto de vertido sobre los cauces. Se considera la calidad de dichas aguas adecuada para el vertido directo, sin necesidad de tratamiento o tramitación alguna.

Así, en el tramo inicial los arroyos no recibirán la aportación de caudal correspondiente al área afectada por el sector. Este caudal, modificado además por el cambio que producirá en los coeficientes de escorrentía, al alterar los usos del suelo, y el proceso de urbanización que se plantee, será recogido y vertido en un punto situado aguas abajo del ámbito.

## Título IV. REDES DE ABASTECIMIENTO, SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN

Se incluye a continuación un análisis pormenorizado de las necesidades en cuanto a abastecimiento, saneamiento y depuración asociados a los nuevos desarrollos planteados. Para ello se estimarán los crecimientos de demanda y caudales generados asociados al desarrollo de los nuevos sectores y las áreas no consolidadas, contemplados en el planeamiento.

## Capítulo 1. ABASTECIMIENTO

### 1.1. Caudales

El cálculo de la demanda de abastecimiento de agua se realiza aplicando las dotaciones medias en función de los usos, de acuerdo con las Normas para el Abastecimiento de Agua del CYII, a los datos urbanísticos obtenidos del planeamiento vigente y a las previsiones de crecimiento planteadas en el Plan General.

En cuanto a la dotación precisa para dar servicio a las nuevas edificaciones, y a fin de establecer una primera aproximación a los consumos reales que se generarán, se parte de los parámetros de uso habitual en el Canal de Isabel II:

- Viviendas multifamiliares: 8,0 l/m<sup>2</sup> edif. y día
- Viviendas unifamiliares: 9,5 l/m<sup>2</sup> edif. y día
- Equipamiento terciario, dotacional e industrial: 8,0 l/m<sup>2</sup> edif. y día
- Espacios verdes: 1,5 l/m<sup>2</sup> y día

Del lado de la seguridad, se adopta un valor de 9,5 l/m<sup>2</sup> edif. y día para todas las viviendas, ya sean unifamiliares o multifamiliares.

A continuación, se muestra el resumen de los datos de planificación urbanística prevista

| ÁMBITO            |                                       |             | SUPERFICIES GENERALES |                | EDIFICABILIDAD MÁXIMA    |                       | POBLACIÓN MÁXIMA  |              |           |
|-------------------|---------------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|--------------|-----------|
| CÓDIGO            | NOMBRE                                | USO GLOBAL  | SUP. BRUTA (m2s)      | SUP. BRUTA (%) | C. EDIF. BRUTO (m2c/m2s) | SUP. EDIFICABLE (m2c) | DENSIDAD (viv/ha) | Nº VIVIENDAS | POBLACIÓN |
| SUC-1             | Casco antiguo                         | RESIDENCIAL | 206.683               | 0,51%          | 1,52                     | 314.233               | 40                |              |           |
| SUC-2             | Norte del ferrocarril                 | RESIDENCIAL | 517.769               | 1,27%          | 0,23                     | 130.660               | 15                |              |           |
| SUC-3             | Suroeste del ferrocarril              | RESIDENCIAL | 1.092.564             | 2,68%          | 0,22                     | 264.449               | 15                |              |           |
| SUC-4             | Este del arroyo de la Teja (Ensanche) | RESIDENCIAL | 469.251               | 1,15%          | 0,26                     | 121.171               | 15                |              |           |
| SUC-5             | Urbanización La Cabezuela             | RESIDENCIAL | 217.266               | 0,53%          | 0,18                     | 39.909                | 15                |              |           |
| SUC-6             | La Dehesilla                          | RESIDENCIAL | 139.774               | 0,34%          | -                        | -                     | -                 |              |           |
| <b>TOTAL SUC</b>  |                                       |             | <b>2.643.307</b>      | <b>6,47%</b>   | <b>-</b>                 | <b>870.422</b>        | <b>-</b>          |              |           |
| SUNC-1            | (UASU-1. Colonia San Antonio)*        | RESIDENCIAL | 20.109                | 0,05%          | 0,26                     | 5.228                 | 15                |              |           |
| SUNC-2            | (UASU-3. Colonia Farmacéutica)*       | RESIDENCIAL | 15.125                | 0,04%          | 0,22                     | 3.328                 | 15                |              |           |
| SUNC-3            | (UASU-5)*                             | RESIDENCIAL | 10.191                | 0,02%          | 0,22                     | 2.242                 | 15                |              |           |
| SUNC-4            | (UA Dotacional)                       | RESIDENCIAL | 76.168                | 0,19%          | 0,22                     | 16.757                | -                 |              |           |
| SUNC-5            | Ermita Santa María – Calle Hachas     | RESIDENCIAL | 29.965                | 0,07%          | 0,22                     | 6.122                 | 15                |              |           |
| <b>TOTAL SUNC</b> |                                       |             | <b>151.558</b>        | <b>0,37%</b>   | <b>-</b>                 | <b>33.677</b>         | <b>-</b>          |              |           |

| ÁMBITO                             |   |                        | SUPERFICIES GENERALES |                | EDIFICABILIDAD MÁXIMA    |                       | POBLACIÓN MÁXIMA  |              |           |
|------------------------------------|---|------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|--------------|-----------|
| CÓDIGO                             | NOMBRE  | USO GLOBAL             | SUP. BRUTA (m2s)      | SUP. BRUTA (%) | C. EDIF. BRUTO (m2c/m2s) | SUP. EDIFICABLE (m2c) | DENSIDAD (viv/ha) | Nº VIVIENDAS | POBLACIÓN |
| <b>TOTAL SUELO URBANO</b>          |   |                        | <b>2.794.865</b>      | <b>6,84%</b>   | -                        | <b>904.099</b>        | -                 |              |           |
| SURS-1                             | (SAU-1. Las Fuentes)*   | RESIDENCIAL            | 64.940                | 0,16%          | 0,30                     | 19.231                | 20                |              |           |
| SURS-2                             | (SAU-2. Navalcaballo)*  | RESIDENCIAL            | 101.615               | 0,25%          | 0,19                     | 19.364                | 10                |              |           |
| SURS-3                             | (SAU-3. Los Arroyuelos)*  | RESIDENCIAL            | 52.088                | 0,13%          | 0,13                     | 6.771                 | 7                 |              |           |
| SURS-4                             | Arroyo de la Teja   | RESIDENCIAL            | 197.194               | 0,48%          | 0,30                     | 58.867                | 20                |              |           |
| SURS-5                             | Los Pradillos   | RESIDENCIAL            | 88.570                | 0,22%          | 0,30                     | 26.571                | 20                |              |           |
| SURS-6                             | Río de la Venta Sur   | RESIDENCIAL            | 14.001                | 0,03%          | 0,30                     | 4.200                 | 20                |              |           |
| SURS-7                             | La Dehesilla  | TERCIARIO – INDUSTRIAL | 51.584                | 0,13%          | 0,27                     | 13.928                | -                 |              |           |
| <b>TOTAL SUELO URBANIZABLE</b>     |   |                        | <b>569.992</b>        | <b>1,40%</b>   | -                        | <b>148.932</b>        | -                 |              |           |
| SNUP-E                             | Parque Nacional. Zona de Uso Restringido A (SNUP-E-ZUR-A)                       |                        | 1.795.400             | 4,40%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Parque Nacional. Zona de Uso Restringido B (SNUP-E-ZUR-B)                       |                        | 9.288.717             | 22,75%         |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Parque Nacional. Zona de Uso Restringido C (SNUP-E-ZUR-C)                       |                        | 25.175                | 0,06%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Parque Nacional. Zona de Uso Moderado B (SNUP-E-ZUM-B)                          |                        | 263.490               | 0,65%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Parque Nacional. Zona de Uso Especial (SNUP-E-ZUE)                              |                        | 91.213                | 0,22%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Parque Regional. Reserva Natural Educativa. Zona A2 (SNUP-E-A2)                 |                        | 14.034.428            | 34,37%         |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | PORN. Zona de Conservación y Mantenimiento de usos Tradicionales (SNUP-E-ZCMUT) |                        | 2.035.127             | 4,98%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | PORN. Zona de Aprovechamiento ordenado de los Recursos Naturales (SNUP-E-ZAORN) |                        | 5.231.077             | 12,81%         |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | PORN. Zona de Transición (SNUP-E-ZT)  |                        | 2.311.363             | 5,66%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | PORN. Zona Especial (SNUP-E-ZE)   |                        | 335.633               | 0,82%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Carreteras (SNUP-E-CA)*   |                        | 644.157               | 1,58%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Ferrocarriles (SNUP-E-FE)*  |                        | 234.681               | 0,57%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Cauces y Riberas (SNUP-E-CR)*   |                        | 762.422               | 1,87%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Vías Pecuarias (SNUP-E-VP)*   |                        | 224.934               | 0,55%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Montes Preservados (SNUP-E-M)*  |                        | 825.028               | 2,02%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Montes de Utilidad Pública (SNUP-E-MUP)*  |                        | 32.342.956            | 79,21%         |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Zona de Especial Conservación (ZEC)*  |                        | 33.389.566            | 81,77%         |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-E                             | Cultural (SNUP-E-CU)*   |                        | 501.467               | 1,23%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-P                             | Bosques de Ribera (SNUP-P-BR)   |                        | 178.900               | 0,44%          |                          |                       |                   |              |           |
| SNUP-P                             | Protección Paisajística (SNUP-P-PP)   |                        | 1.378.437             | 3,38%          |                          |                       |                   |              |           |
| <b>TOTAL SUELO NO URBANIZABLE*</b> |   |                        | <b>37.468.788</b>     | <b>91,76%</b>  |                          |                       |                   |              |           |
| <b>TOTAL TÉRMINO MUNICIPAL</b>     |   |                        | <b>40.833.645</b>     | <b>100,00%</b> | -                        | <b>1.053.031</b>      | -                 |              |           |

Tabla 5. Resumen planificación urbanística

En relación a las zonas verdes, generales y locales, se considera una superficie de 38.810 m<sup>2</sup> definida también en la documentación urbanística desarrollada. Asimismo, se consideran a efectos de cálculo de consumos de agua potable unas edificabilidades reservadas a equipamientos y dotaciones públicas que ocupan una superficie total de 135.004 m<sup>2</sup> de todos los sectores.

Con todo, se tienen los siguientes consumos estimados referidos a caudales medios:

| REQUERIMIENTOS DE ABASTECIMIENTO NUEVOS SECTORES |                              |                                   |                               |                 |
|--|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Usos   | Sup. Edif. (m <sup>2</sup> ) | Dotación (l/m <sup>2</sup> y día) | Consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo (l/seg) |
| Residencial                                      | 135.004                      | 9,5                               | 1.282,5                       | 14,84           |
| Terciario  | 13.928                       | 8,0                               | 111,42                        | 6,04            |
| Equipamientos Pública                            | 2.831                        | 8,0                               | 22,64                         | 0,26            |
| Zonas verdes                                     | 38.810                       | 1,5                               | 58,22                         | 0,67            |
| TOTAL  |                              |                                   | 1.474,78                      | 21,81           |

Tabla 6. Consumos de abastecimiento futuros estimados

Para el consumo residencial, se estima una demanda de 250 l/hab y día

| REQUERIMIENTOS DE ABASTECIMIENTO ACTUALES |                              |                                   |                               |                 |
|---|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Usos                                      | Sup. Edif. (m <sup>2</sup> ) | Dotación (l/m <sup>2</sup> y día) | Consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo (l/seg) |
| Residencial                               |                              |                                   | 1.912                         | 22,13           |
| Terciario                                 | -                            | -                                 | -                             | -               |
| Equipamientos Pública                     | 76.249                       | 8,0                               | 610,00                        | 7,06            |
| Zonas verdes                              | 33.989                       | 1,5                               | 50,98                         | 0,59            |
| TOTAL                                     |                              |                                   | 2.572,98                      | 29,78           |

Tabla 7. Consumos de abastecimiento actuales estimados

| REQUERIMIENTOS DE ABASTECIMIENTO TOTALES ESTIMADOS |                              |                                   |                               |                 |
|--|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Usos   | Sup. Edif. (m <sup>2</sup> ) | Dotación (l/m <sup>2</sup> y día) | Consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo (l/seg) |
| Residencial  |                              |                                   | 3.194,50                      | 36,97           |
| Terciario  | 13.928                       | 8,0                               | 111,42                        | 6,04            |
| Equipamientos Pública                              | 90.177                       | 8,0                               | 632,64                        | 7,32            |
| Zonas verdes                                       | 72.799                       | 1,5                               | 109,20                        | 1,26            |
| TOTAL  |                              |                                   | 4.047,76                      | 51,59           |

Tabla 8. Consumos de abastecimiento totales estimados

Respecto a estos valores, se indica cómo el caudal actual asociado al suelo urbano consolidado se estima en 51,59 l/s, de forma que el **incremento de demanda** se situaría en torno a los **22 l/s**.

Una vez obtenido el caudal demandado, y dado que Cercedilla cuenta con varios depósitos de regulación cuyo volumen estimado conjunto es de 8.975 m<sup>3</sup>, no resulta necesario hacer más comprobaciones, ya que se garantiza el suministro a la zona servida durante un tiempo de 24 h, nunca inferior a 12 h. Este caudal de demanda se tendrá en cuenta para el dimensionamiento de las canalizaciones en la ordenación detallada de cada sector.

## 1.2. Necesidades en la red de abastecimiento

No será necesario el refuerzo de las infraestructuras existentes en la actualidad para garantizar el abastecimiento de agua. Por tanto, se planificarán las siguientes infraestructuras de abastecimiento según las necesidades del desarrollo del Plan General:

- Respecto a la capacidad de regulación:

Según se mencionó anteriormente, se aconseja que la capacidad de los depósitos de regulación garantice el abastecimiento a la zona servida durante 24 horas, incluyendo un volumen de reserva necesaria contra incendios, y no debiendo ser nunca inferior de la necesaria para 12 horas.

Como se ha estimado anteriormente, la demanda teniendo en cuenta los nuevos sectores sería de 4.047,76 m<sup>3</sup> diarios, mientras que la capacidad de almacenamiento de los depósitos reguladores existentes es de 8.975 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, no es necesaria la creación de nuevas infraestructuras para la regulación del abastecimiento.

- Respecto a la red de distribución

Una vez se defina la ordenación de los nuevos sectores se propondrán las nuevas conducciones para darles servicio y las conexiones con la red existente.

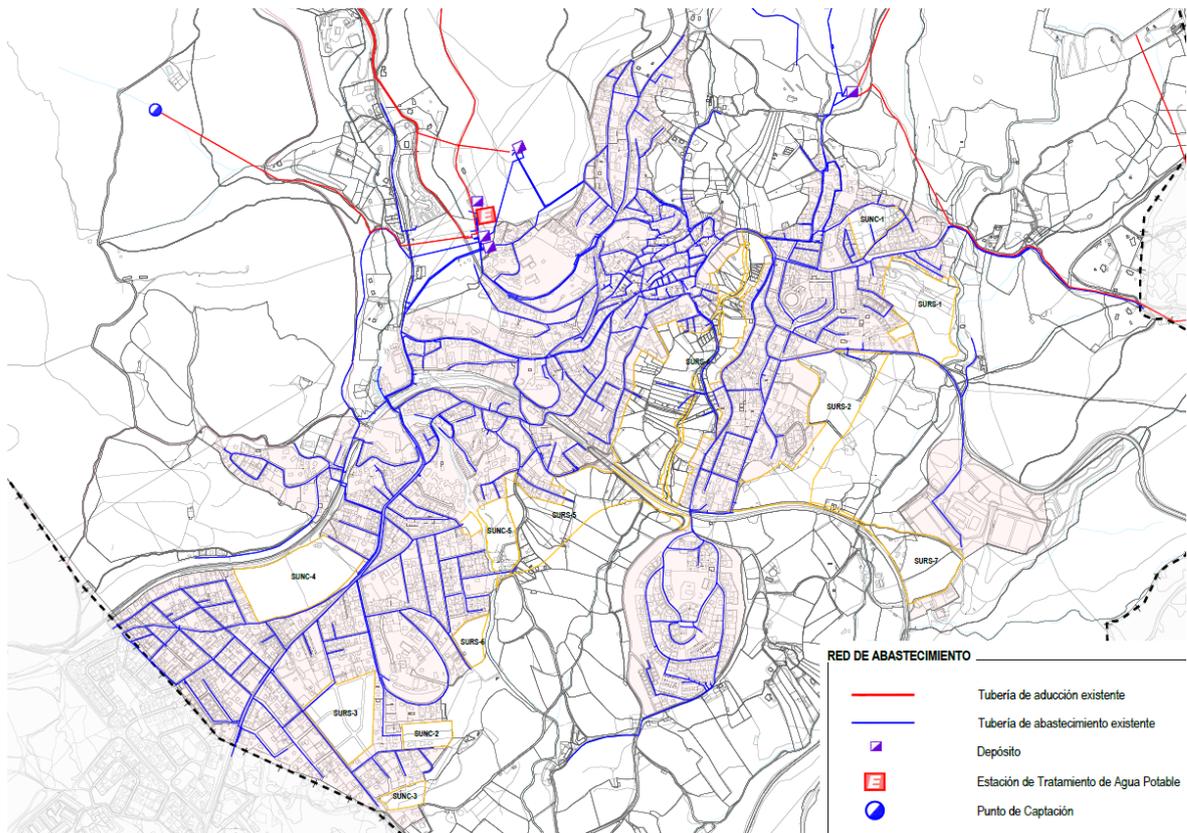


Figura 21. Red de abastecimiento existente

### 1.3. Criterios de diseño

Las redes de distribución serán en la medida de lo posible de diseño mallado, eliminando puntos y situaciones que faciliten la contaminación o el deterioro del agua distribuida. Únicamente en los lugares donde sea imposible mallar la red de distribución se podrá permitir la instalación de una red ramificada.

Se instalarán dispositivos de seccionamiento de manera que permitan el cierre por sectores (polígonos) con objeto de poder aislar áreas ante situaciones anómalas, y desagües que permitan las purgas por sectores (polígonos) para proteger a la población de posibles riesgos de salud.

## Capítulo 2. SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN

En cualquier caso, en el diseño de nuevas redes de alcantarillado, se adoptarán, siempre que sea posible, redes separativas, conforme al criterio establecido en el artículo 28.2 apartado a del Plan Hidrológico del Tajo: “Los proyectos de nuevas urbanizaciones deberán establecer preferentemente redes de saneamiento separativas para aguas negras y pluviales”. Por tanto, la red de drenaje propuesta para la evacuación de las aguas residuales producidas en los nuevos desarrollos urbanísticos previstos en el Plan General, será separativa.

Existirá una red de colectores que conduzcan las aguas fecales hacia el emisario que vierte en la EDAR y otra red de colectores para las aguas pluviales que darán salida a las escorrentías hacia los cauces de los arroyos a través de vertidos puntuales. El trazado de las conducciones, tanto de aguas residuales como de pluviales, se debe hacer, siempre que sea posible, de forma que la evacuación de las aguas sea por gravedad, sorteando las divisorias más pronunciadas del terreno natural y considerando los puntos más adecuados de paso. Y preferiblemente bajo las aceras del viario que se establezca.

### 2.1. Saneamiento de aguas residuales

#### Justificación de los caudales generados dentro de los nuevos sectores

La determinación de los caudales residuales, siguiendo los criterios establecidos por el Canal de Isabel II, se realiza a partir de las dotaciones de abastecimiento de aguas domésticas e industriales, aplicando un coeficiente de retorno de 0,8.

En el caso del uso industrial actual, al no destinarse a éste un sector diferenciado y acotado, se considera inexistente, estando del lado de la seguridad al englobarse estos usos dentro del espacio residencial al que le corresponde una dotación mayor.

A partir de los caudales de aguas domésticas e industriales se calculará el caudal punta, que es con el que se diseñan las conducciones.

Caudal punta de aguas residuales:

$$Q_p = 1,6 \times [(Q_D + Q_I)^{1/2} + (Q_D + Q_I)] \leq 3 \times (Q_D + Q_I)$$

donde:

QD = caudal doméstico

QI = caudal industria

Así, conforme a los datos anteriormente reflejados se tiene:

| Requerimientos medios de fecales |                        |                        |                     |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
|                                  | Usos                   | Abastecimiento (l/seg) | Saneamiento (l/seg) |
| Actual                           | Residencial            | 22,13                  | 17,70               |
|                                  | Terciario - Industrial | 0                      | 0                   |
|                                  | Equipamientos          | 7,06                   | 5,65                |
|                                  | <b>TOTAL</b>           | <b>29,19</b>           | <b>23,35</b>        |
| Nuevos sectores                  | Residencial            | 14,84                  | 11,87               |
|                                  | Terciario - Industrial | 6,04                   | 4,83                |
|                                  | Equipamientos          | 0,26                   | 0,21                |
|                                  | <b>TOTAL</b>           | <b>21,14</b>           | <b>16,91</b>        |
| <b>Municipio</b>                 | <b>TOTAL</b>           | <b>50,33</b>           | <b>40,26</b>        |

Tabla 9. Requerimientos medios de fecales

Y el caudal punta resultante a tener en cuenta para los dimensionamientos de las conducciones sería, conforme a la formulación planteada, de **74,57 l/s**.

#### Necesidades y diseño de las redes

El municipio de Cercedilla, junto con Los Molinos, Guadarrama y Puerto de Navacerrada vierte sus aguas a la EDAR El Chaparral, situada en el término municipal de Guadarrama, y que cuenta con un caudal autorizado de 13.200 m<sup>3</sup>/día y una capacidad de diseño de 60.000 habitantes equivalentes.

Una vez se defina la ordenación de los nuevos sectores, se propondrán los nuevos colectores y emisarios que sean necesarios para darles servicio y las conexiones con la red de saneamiento existente.

A partir de las estimaciones realizadas no se prevé la necesidad de ampliar la capacidad de depuración de la EDAR El Chaparral, siendo la capacidad de ésta suficiente para afrontar los nuevos requerimientos. Por otro lado, cabe destacar que la mencionada EDAR no da servicio únicamente a Cercedilla, sino que también sirve a los municipios de Los Molinos, Guadarrama y Puerto de Navacerrada, no dependiendo las posibles actuaciones a acometer sobre ella exclusivamente del desarrollo de este municipio, debiendo dar así una respuesta conjunta.

No se prevé la necesidad de autorización de ningún nuevo punto de vertido dentro del municipio, siendo los nuevos desarrollos asociados a zonas servidas por las EDAR existentes o conectados directamente a éstas.

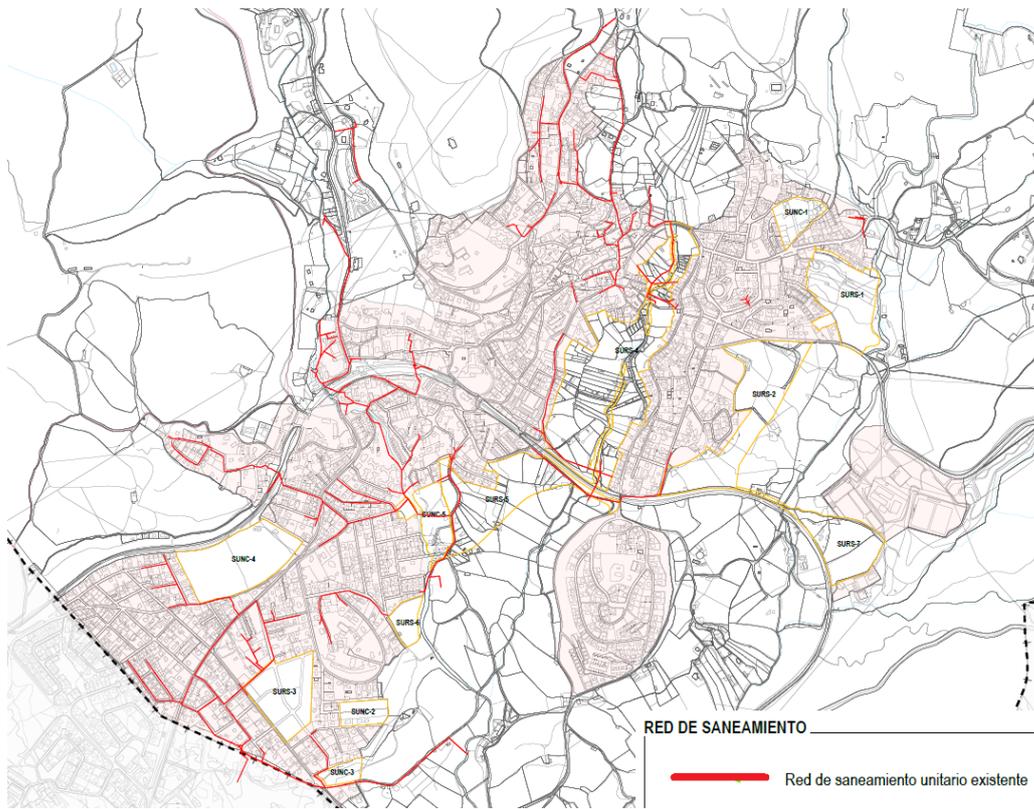


Figura 22. Red de saneamiento existente

## 2.2. Saneamiento de aguas pluviales

Los nuevos desarrollos asociados al núcleo de Cercedilla se encuentran dentro de las Cuencas de los ríos Guadarrama, Navalmedio y de la Venta y el arroyo Cerquilla.

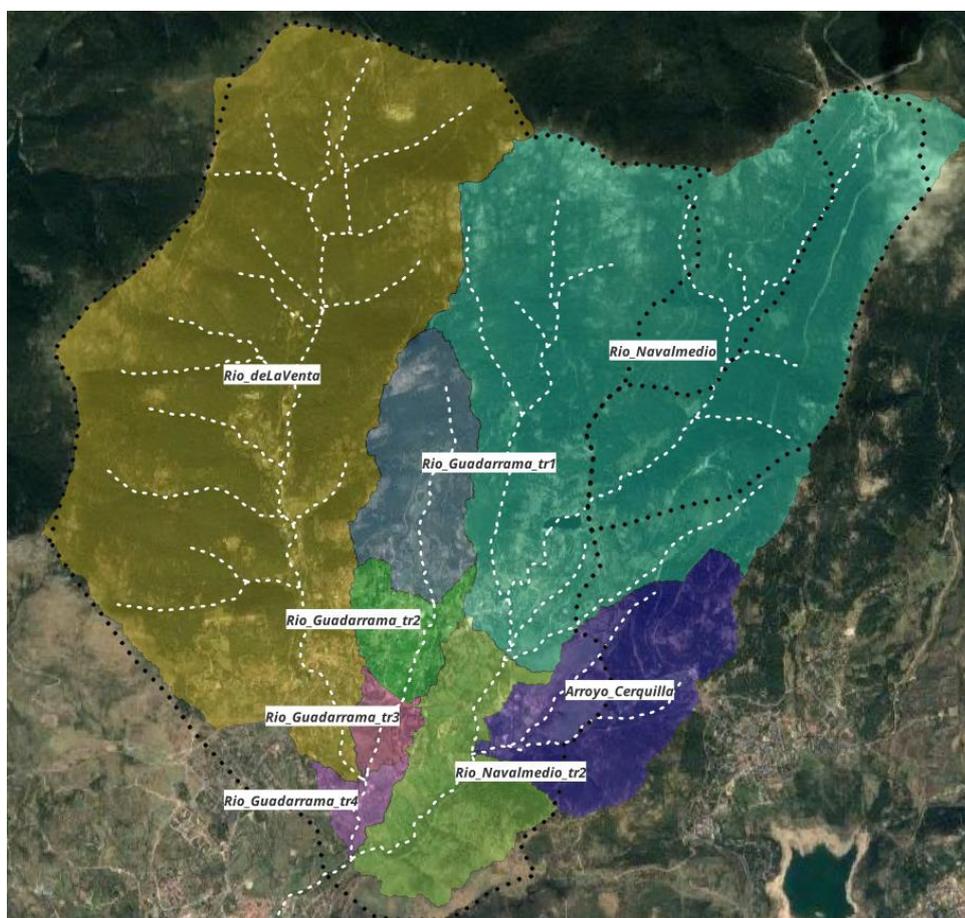


Figura 23. Cuencas del núcleo de Cercedilla

### Justificación de los caudales generados dentro de los nuevos sectores

El cálculo del caudal de aguas pluviales de referencia se basa en el método racional recogido en la Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial". Estos métodos relacionan el caudal de aguas pluviales producido con la intensidad media de precipitación, la superficie de la cuenca de estudio y la escorrentía de esa superficie según el uso que tenga.

Para conocer el caudal de pluviales que deberá canalizarse en cada nuevo sector, se debería contar con la ordenación detallada de los mismos y así poder aplicar los coeficientes de escorrentía correspondientes, en función de los usos. Dada la fase en la que se encuentra el planeamiento, no se cuenta con la ordenación, no obstante, se realizará un cálculo estimativo.

El caudal de avenida se calcula empleando el método racional, cuya expresión es:

$$Q = \frac{CxIxAxKt}{3,6}$$

siendo:

Q (m3/seg) = Máximo caudal posible en el período de retorno considerado

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad media de precipitación (mm/h)

A: Área de la superficie de aportación (km2)

K: coeficiente de uniformidad

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

Para el cálculo de las precipitaciones, se parte de la publicación "Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular", de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, mediante el uso de la aplicación MAXPLU. Según esta publicación, se tienen los siguientes valores de precipitación (Pd) en función del periodo de retorno considerado:

| Precipitación Maxima en 24 h P (mm/día) |    |    |    |     |     |
|---|----|----|----|-----|-----|
| T (años)                                | 5  | 10 | 25 | 100 | 500 |
| Pd (mm/día)                             | 63 | 75 | 90 | 115 | 147 |

Se adopta un periodo de retorno de 25 años, y por tanto, una precipitación de: **Pd<sub>25</sub> = 90 mm**

### Tiempo de concentración

El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del caudal de equilibrio se denomina tiempo de concentración, o lo que es lo mismo, el tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado de la cuenca hasta la salida de la misma.

Está relacionado con la longitud del cauce y con la velocidad media que adquiere el agua dentro de la cuenca. La velocidad a su vez está definida por la pendiente del terreno y la rugosidad de la superficie del mismo.

El tiempo de concentración, siguiendo la instrucción de drenaje, se calcula mediante la ecuación:

$$t = 0,3 \times (L / J^{0,25})^{0,76}$$

siendo:

t (h) = Tiempo de concentración

L (km) = Longitud del cauce principal

J (m/m) = Pendiente media

Según las características del ámbito (orografía, infraestructuras colindantes, etc.) las cuencas vertientes consideradas son, prácticamente, las de los propios Sectores. Teniendo en cuenta todo lo anterior, se obtiene el valor del tiempo de concentración para las cuencas.

### Intensidad de lluvia

La intensidad media de precipitación ( $I_t$ ) para la estimación de caudales de referencia por métodos hidrometeorológicos, y con una duración correspondiente al tiempo de retorno, se obtiene a partir de las siguientes ecuaciones:

$$I_t = \left( \frac{P_d^*}{24} \right) \times \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} \cdot t^{0.1}}{28^{0.1} \cdot I}}$$

donde:

$I_t$  (mm/h) = Intensidad de lluvia o intensidad media de precipitación

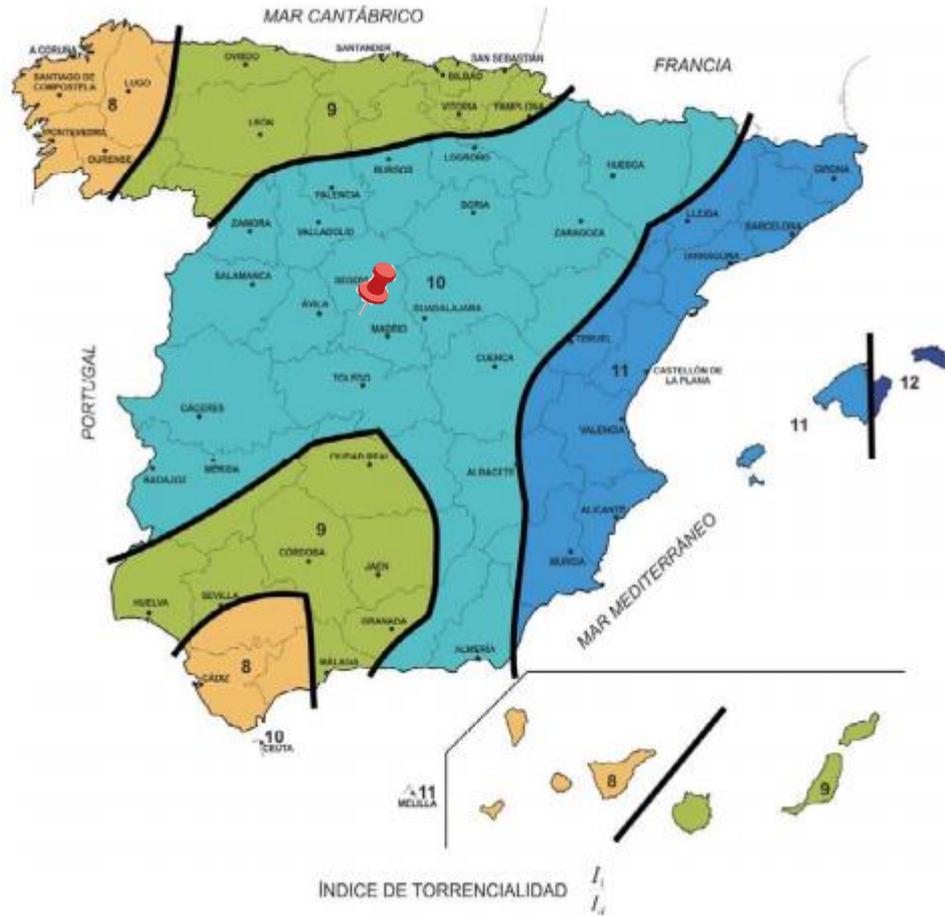
$I_d$  (mm/h) = Intensidad media diaria de precipitación. Se calcula con la expresión:  $I_d = P_d / 24$

$P_d^*$  (mm) = Precipitación total diaria correspondiente al período de retorno considerado corregida por el coeficiente  $1 - (\log A) / 15$ , para cuencas de más de 1 km<sup>2</sup>.

$I_1$  (mm/h) = Intensidad horaria de precipitación. Se calcula mediante el mapa de isolíneas, correspondiendo el valor obtenido a  $I_1 / I_d$

$t$  (h) = Duración del intervalo de precipitación. Equivalente al tiempo de concentración.

Según el mapa de isolíneas de la Península Ibérica,  $I_1 / I_d = 10$ :



### Coefficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía representa la fracción de lluvia que discurre por la superficie de la cuenca, es decir, la parte del total de agua de lluvia que no se infiltra en el terreno y no es retenida, concentrándose y circulando en superficie. Al no tener detallados los usos del suelo dentro de los sectores, se estima un valor del coeficiente de escorrentía de 0,55 como valor intermedio y ponderado en los entre los que corresponderían a zonas verdes, red viaria, residencial, terciario y equipamientos... Éste es, además, un valor habitual en cálculos de este tipo.

### Caudal de aguas pluviales

Una vez disponemos de las áreas de las cuencas consideradas, las intensidades de lluvia y los coeficientes de escorrentía, utilizando el método racional se puede calcular el caudal de aguas pluviales para cada nuevo sector considerado y período de retorno de 25 años.

| SECTOR | Área<br>(Km <sup>2</sup> ) | Longitud<br>(Km) | Diferencia de<br>cotas (m) | Pendiente<br>media (m/m) | Tiempo de<br>concentración (h) | Id<br>(mm/h) | It<br>(mm/h) | C    | Kt    | Q (m3/sg) |
|--------|----------------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|------|-------|-----------|
| SURS-1 | 0,065                      | 0,40             | 38                         | 0,0950                   | 0,234                          | 3,753        | 82,479       | 0,55 | 1,011 | 0,828     |
| SURS-2 | 0,102                      | 0,62             | 41                         | 0,0661                   | 0,350                          | 3,753        | 67,092       | 0,55 | 1,019 | 1,061     |
| SURS-3 | 0,052                      | 0,30             | 36                         | 0,1200                   | 0,180                          | 3,753        | 93,996       | 0,55 | 1,008 | 0,754     |
| SURS-4 | 0,197                      | 0,98             | 54                         | 0,0551                   | 0,512                          | 3,753        | 54,687       | 0,55 | 1,030 | 1,697     |
| SURS-5 | 0,089                      | 0,82             | 35                         | 0,0427                   | 0,470                          | 3,753        | 57,327       | 0,55 | 1,027 | 0,797     |
| SURS-6 | 0,014                      | 0,21             | 18                         | 0,0857                   | 0,146                          | 3,753        | 103,939      | 0,55 | 1,006 | 0,224     |
| SURS-7 | 0,052                      | 0,95             | 15                         | 0,0158                   | 0,635                          | 3,753        | 48,614       | 0,55 | 1,039 | 0,398     |

Tabla 10. Caudal de pluviales en sectores a desarrollar (T = 25 años)

#### Necesidades y diseño de las redes

Las aguas de lluvia serán recogidas y evacuadas al cauce natural más cercano y adecuado para el vertido. En cada nuevo sector a desarrollar se construirá una red de pluviales interna de recogida en colectores generales para conducir las aguas de escorrentía generadas, a los puntos de vertido en los arroyos correspondientes.

En el dimensionamiento de la red de pluviales a disponer cuando los nuevos sectores sean urbanizados, se preverá el desarrollo de sectores anexos y no se dimensionará exclusivamente en función de los caudales internos.

También habrá que tener en cuenta, cuando se disponga de la ordenación detallada y se diseñe la red, que pueden incorporarse a dicha red caudales de zonas situadas fuera del sector, que vierten hacia el mismo.

Asimismo, en caso necesario, será conveniente la implantación de elementos de laminación que recojan las primeras lluvias, que serán además las que presenten una mayor carga de sólidos y contaminantes. De este modo, se atenúa el efecto del cambio de permeabilidad de las zonas urbanizadas, que provoca una llegada más rápida del agua de lluvia a los cauces naturales.

### Capítulo 3. AGUA REGENERADA

Debido a la localización de la Estación Depuradora del municipio y a las características de la trama urbana, tanto en su estado actual como en el estado de completo desarrollo de los sectores contemplados, se descarta la incorporación de una nueva red independiente para el riego de zonas verdes u otros aprovechamientos con agua regenerada.

La EDAR que sirve al municipio se encuentra alejada del núcleo urbano. Por tanto, se concluye que no es compatible la proyección de una infraestructura de aguas regeneradas con este municipio.

## Título V. DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y ZONAS INUNDABLES

El principal impacto que el desarrollo de un Plan puede tener en la red hidrográfica, consiste en el incremento del caudal circulante, lo que en circunstancias de avenidas se puede traducir en un aumento de la llanura de inundación y de los daños causados por la misma. En cualquier caso, y dado que el crecimiento planeado para el municipio no supone una ocupación significativa de nuevos terrenos, este impacto se espera sea limitado.

En conformidad con la ley de aguas vigente, se suele proceder a delimitar el Dominio Público Hidráulico y las Zonas Inundables. Para el Dominio Público Hidráulico, se puede considerar el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 5 años mientras que, para las zonas inundables para la crecida extraordinaria, se determina como la zona anegada por la crecida con periodo de retorno de 500 años. en el **anejo Nº 2 “Cálculos Hidráulicos”**, se detallan los cálculos efectuados a tal efecto.

Capítulo 1. ZONA INUNDABLE

Según el artículo 14 del **Real Decreto 849/1986**, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, 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**

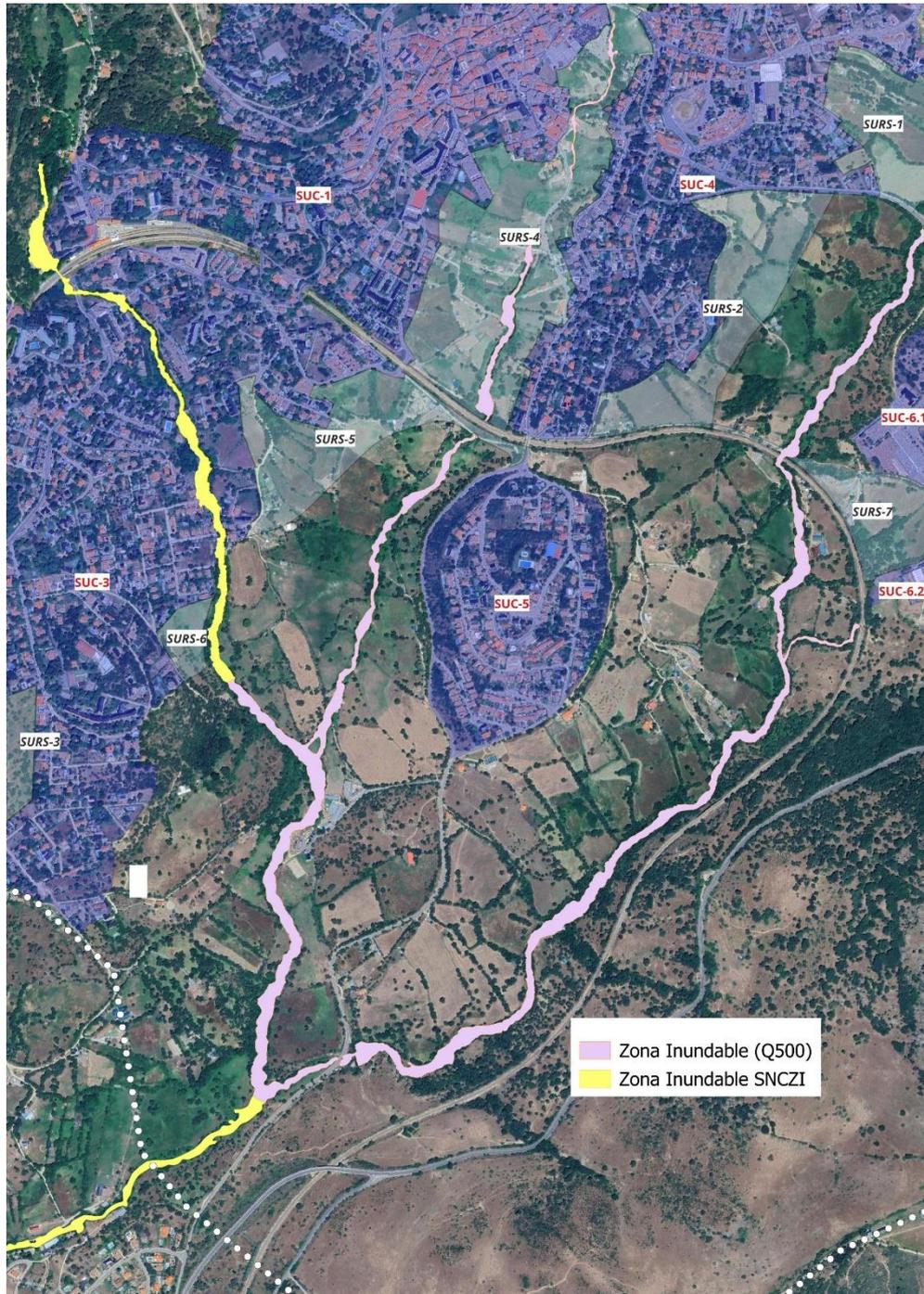


Figura 24. Zona Inundable.

## Capítulo 2. ZONA DE FLUJO PREFERENTE

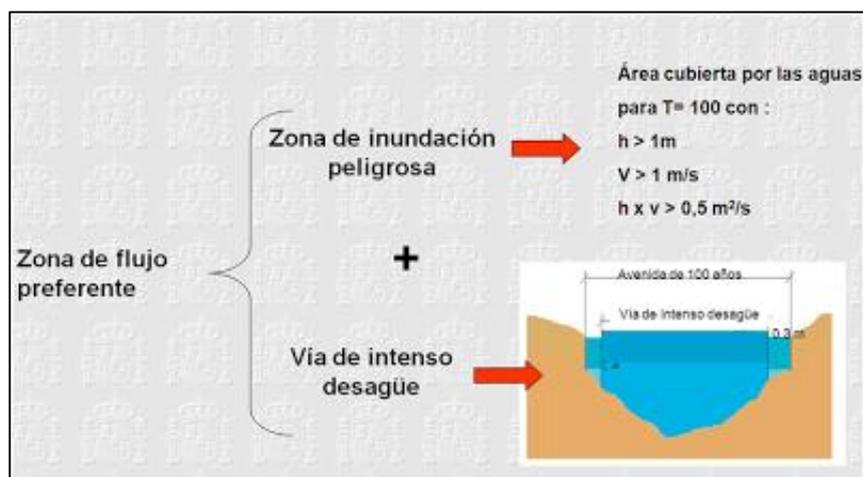
La modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico efectuada a través del Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, introdujo los siguientes conceptos en la zonificación de los espacios fluviales:

**Zona de inundación peligrosa (ZIP):** Zona en la que se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- Que el calado sea superior a 1 m.
- Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
- Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s.

**Vía de intenso desagüe (VID):** Zona por la que pasaría la avenida de **100 años** de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. El cálculo de la VID requiere una simulación independiente, con cálculos reiterativos hasta conseguir que se cumpla la condición de que la diferencia de los calados máximos sea igual a 0,30 m.

**Zona de flujo preferente (ZFP):** Constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, denominada vía de intenso desagüe, con la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, definida como zona de inundación peligrosa o zona de graves daños; definiendo su límite exterior la envolvente de ambas zonas.



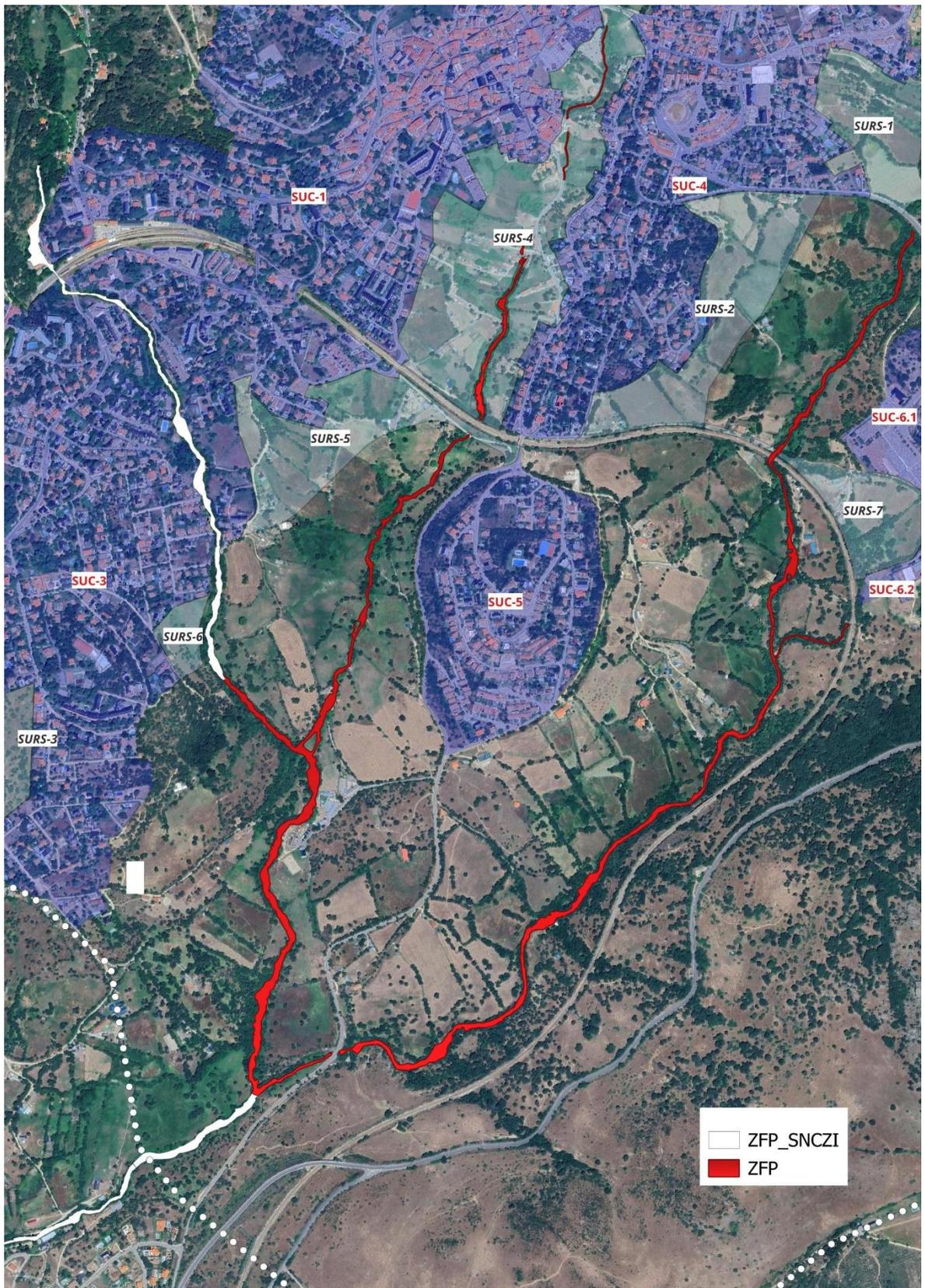


Figura 25. Zona de Flujo Preferente.

### Capítulo 3. DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO

De acuerdo al texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, pertenecen al dominio público hidráulico (DPH) los cauces de corrientes naturales continuos o discontinuos. Estos cauces o álveos están protegidos por una franja lateral de 5 m de anchura, que se denomina zona de servidumbre, y una franja de 100 metros de zona de policía.



Para establecer un trazado en planta del Dominio Público Hidráulico, se ha de calcular la **máxima crecida ordinaria (MCO)**, definida como la media de los máximos caudales en su régimen natural, producidos durante 10 años consecutivos, que sean representativos del comportamiento de la corriente.

El límite así obtenido, debe ser considerado como límite inferior, ya que para llegar al deslinde definitivo del DPH, aparte de los métodos hidrológicos, han de utilizarse criterios fluviomorfológicos, medioambientales y sociales.

Según la publicación del CEDEX "Aspectos prácticos de la definición de la Máxima Crecida Ordinaria" el periodo de retorno de la máxima crecida ordinaria (TMCO) se obtiene según la expresión

$$TMCO_{Cv} = 5$$

Siendo  $C_v$  el coeficiente de variación de la distribución de máximos caudales anuales. La zona de estudio tiene asignado un valor regional estadístico de 0,79, por lo que el periodo de retorno de la máxima crecida ordinaria sería, siguiendo el criterio del CEDEX, de 4 años.

No obstante, para la obtención del caudal que define la máxima crecida ordinaria se considerará un periodo de retorno **más conservador de 5 años**.

Posteriormente se realiza otra simulación bidimensional con los caudales correspondientes, obteniéndose los siguientes resultados:

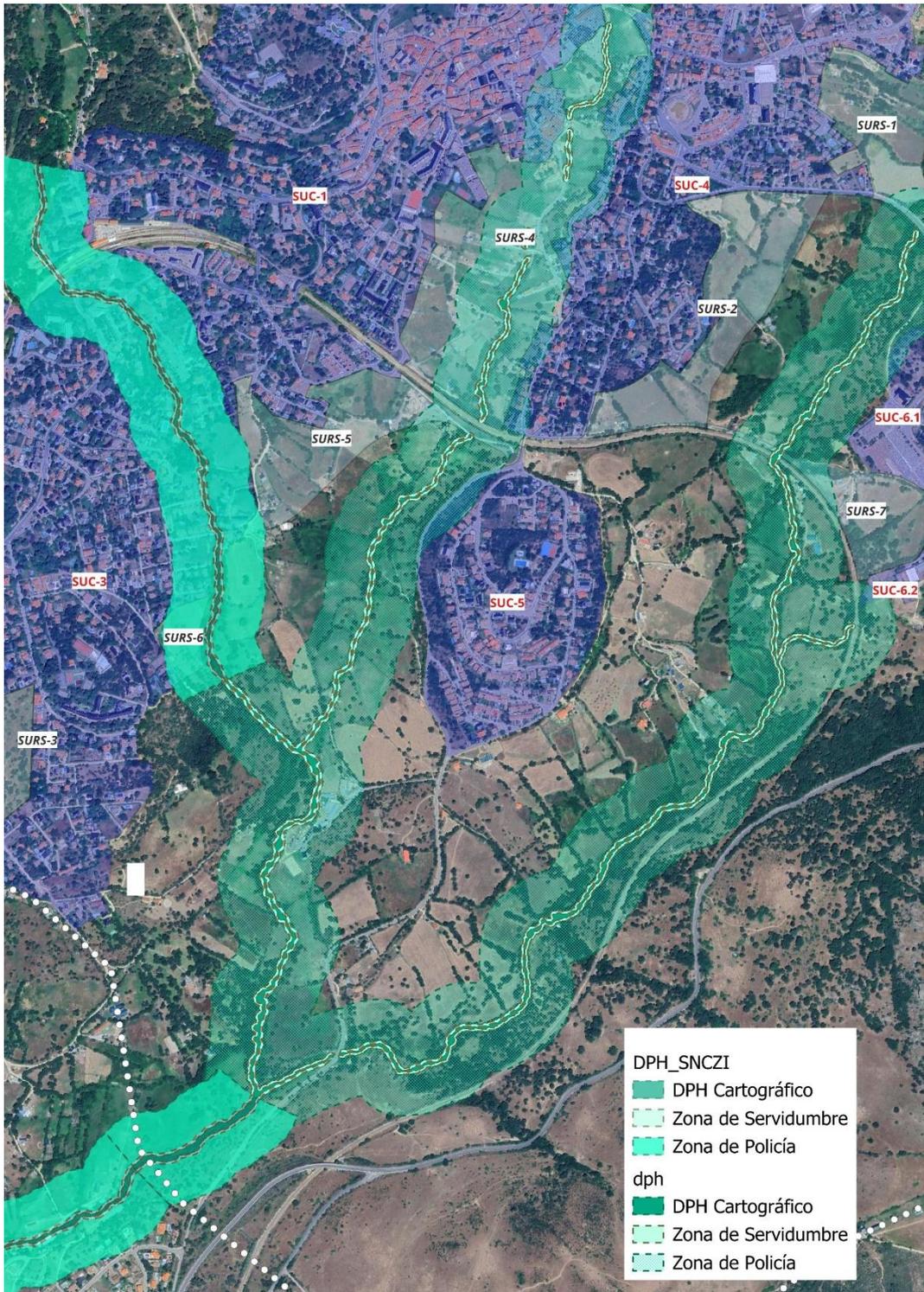


Figura 26. DPH Cartográfico o Probable.

## Título VI. ANEJOS

ANEJO N1      CÁLCULOS HIDROLÓGICOS

ANEJO N2      CÁLCULOS HIDRÁULICOS



## ANEJO Nº1 CÁLCULOS HIDROLÓGICOS



# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| TÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....                             | 1  |
| TÍTULO II. HIDROLOGÍA .....                              | 2  |
| Capítulo 1. Precipitaciones e intensidad de lluvia.....  | 3  |
| Capítulo 2. Cuencas .....                                | 7  |
| Capítulo 3. Caudales .....                               | 9  |
| 3.1. Método Racional .....                               | 9  |
| 3.2. HEC-HMS.....  | 20 |
| TÍTULO III. RESULTADOS.....                              | 27 |
| Capítulo 1. Precipitaciones e Intensidad de Lluvia. .... | 28 |
| Capítulo 2. Cuencas. ....                                | 29 |
| Capítulo 3. Usos del Suelo.....                          | 31 |
| Capítulo 4. Modelo Hidrometeorológico HEC-HMS. ....      | 35 |
| 4.1. Precipitación.....                                  | 35 |
| 4.2. Infiltración .....                                  | 36 |
| 4.3. Propagación .....                                   | 36 |
| Capítulo 5. Caudales. ....                               | 39 |

## Título I. INTRODUCCIÓN

Como se ha indicado en el apartado de descripción de las nuevas actuaciones previstas por el Avance del PGOU, se concentran en suelos pertenecientes a la cuenca del Guadarrama, interfiriendo en las cuencas de los siguientes Ríos, todos ellos incluidos en La Red Hidrológica Principal suministrada por la CHT ([:Visor Confederación Hidrográfica del Tajo \(chtajo.es\)](http://visor.confederacionhidrografica.net))

- a) Río de La Venta
- b) Río Guadarrama
- c) Río Navalmedio

## Título II. HIDROLOGÍA

## Capítulo 1. PRECIPITACIONES E INTENSIDAD DE LLUVIA

La determinación de las precipitaciones máximas correspondientes a los períodos de retorno de 2, 5, 20, 100 y 500 años se lleva a cabo según el método empleado en la Serie Monográfica “Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular” del Ministerio de Fomento.

Dicha publicación tiene en consideración los datos disponibles, convenientemente tratados, de todas las estaciones meteorológicas existentes en la región analizada.

Así pues, la determinación de las precipitaciones máximas para los diversos períodos de retorno se lleva a cabo mediante un ajuste estadístico SQRT-ET, que tiene en cuenta en mayor medida la variabilidad regional al considerar mayor número de estaciones que el ajuste tradicional de Gumbel.

El método propuesto y empleado en la citada publicación del Ministerio de Fomento “Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular” comprende, esquemáticamente, las siguientes fases:

- Selección de estaciones pluviométricas y recopilación de sus datos correspondientes a las máximas lluvias diarias. Se procede a agrupar las 1.545 estaciones básicas con 30 o más años de registro en 26 regiones geométricas, representadas en la figura siguiente, tratando de agrupar zonas de territorio con características meteorológicas comunes, y analizando su homogeneidad con un test estadístico de  $X^2$ .

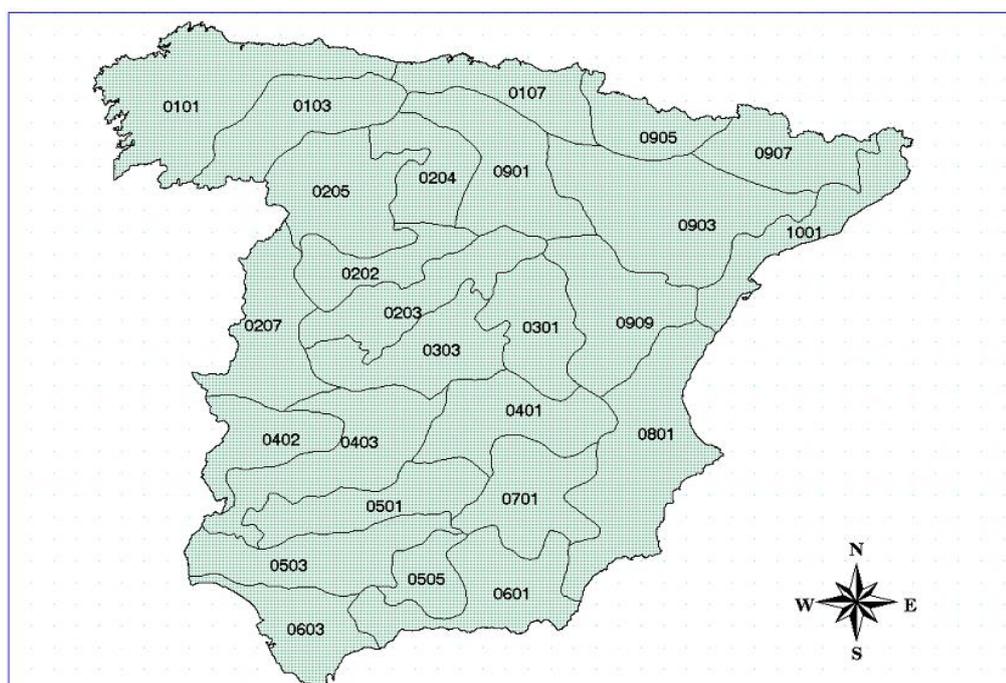


Figura 1. División de la España Peninsular en 26 regiones geográficas con características meteorológicas comunes.

- Modelización estadística de las series anuales de máximas lluvias diarias realizando una estimación regional de parámetros y cuantiles.

Comprende la estimación regional de los parámetros y cuantiles de los siguientes modelos de función de distribución:

- Valores Extremos Generalizados (GEV)
- Log-Pearson III (LP3)
- Valores Extremos con dos Componentes (TCEV)
- SQRT-ET máx

Una vez comparados y analizados los resultados obtenidos se escoge la ley SQRT-ET máx por las siguientes razones:

- Es el único de los modelos analizados que ha sido propuesto específicamente para la modelización estadística de máximas lluvias diarias.
  - Está formulada sólo con dos parámetros, lo que conlleva una completa definición de los cuantiles en función exclusivamente del coeficiente de variación, con lo que se consigue una mayor facilidad de presentación de resultados.
  - Proporciona resultados más conservadores que la tradicional ley de Gumbel.
  - Devuelve valores más conservadores que los otros modelos de ley analizados para las 17 regiones con cuantiles menores, mostrando unos resultados similares en el resto de las regiones.
  - Demuestra una buena capacidad para reproducir las propiedades estadísticas observadas en los datos.
- Análisis de la distribución del valor medio de las series anuales de máximas lluvias diarias, estimado directamente a partir de las muestras.

Los resultados obtenidos mediante el proceso anterior se plasman en un sistema de información geográfica, que puede ser consultado a través de la aplicación informática MAXPLU.

Mediante este software, e introduciendo las coordenadas UTM referidas al huso 30 del punto geográfico analizado, se obtienen los siguientes datos de salida:

- **Pm** valor medio de la precipitación diaria máxima anual (mm/día)
- **Cv** valor del coeficiente de variación
- **PT** precipitación diaria máxima para el periodo de retorno considerado (mm/día)

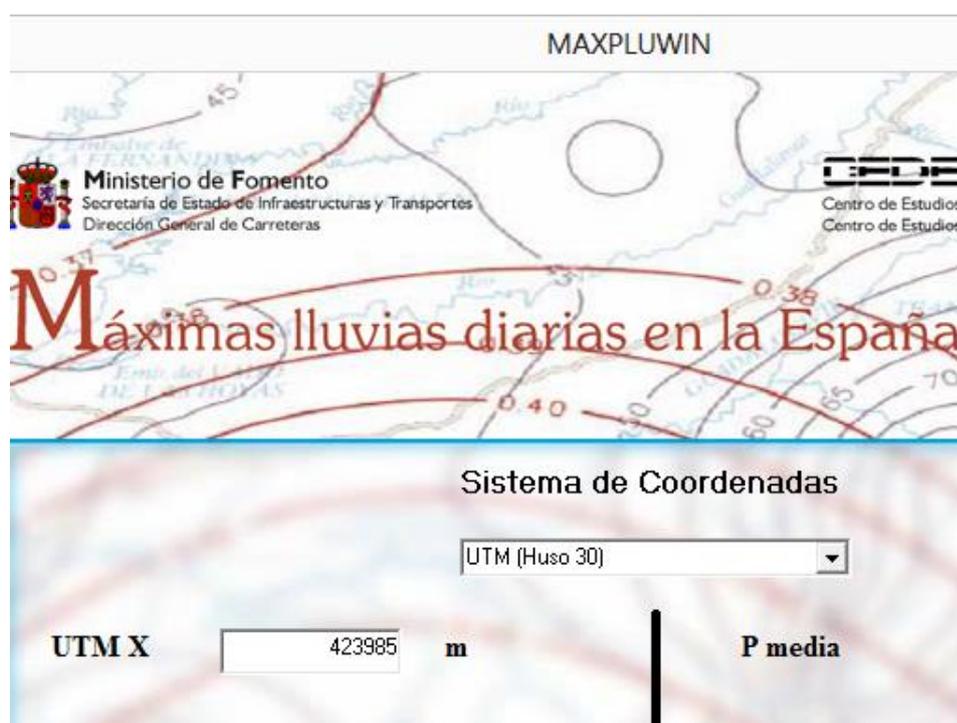


Figura 2. Interfaz para la introducción de datos del programa MAXPLU.

Se han analizado un total de 2 puntos, situados en las dos cuencas principales

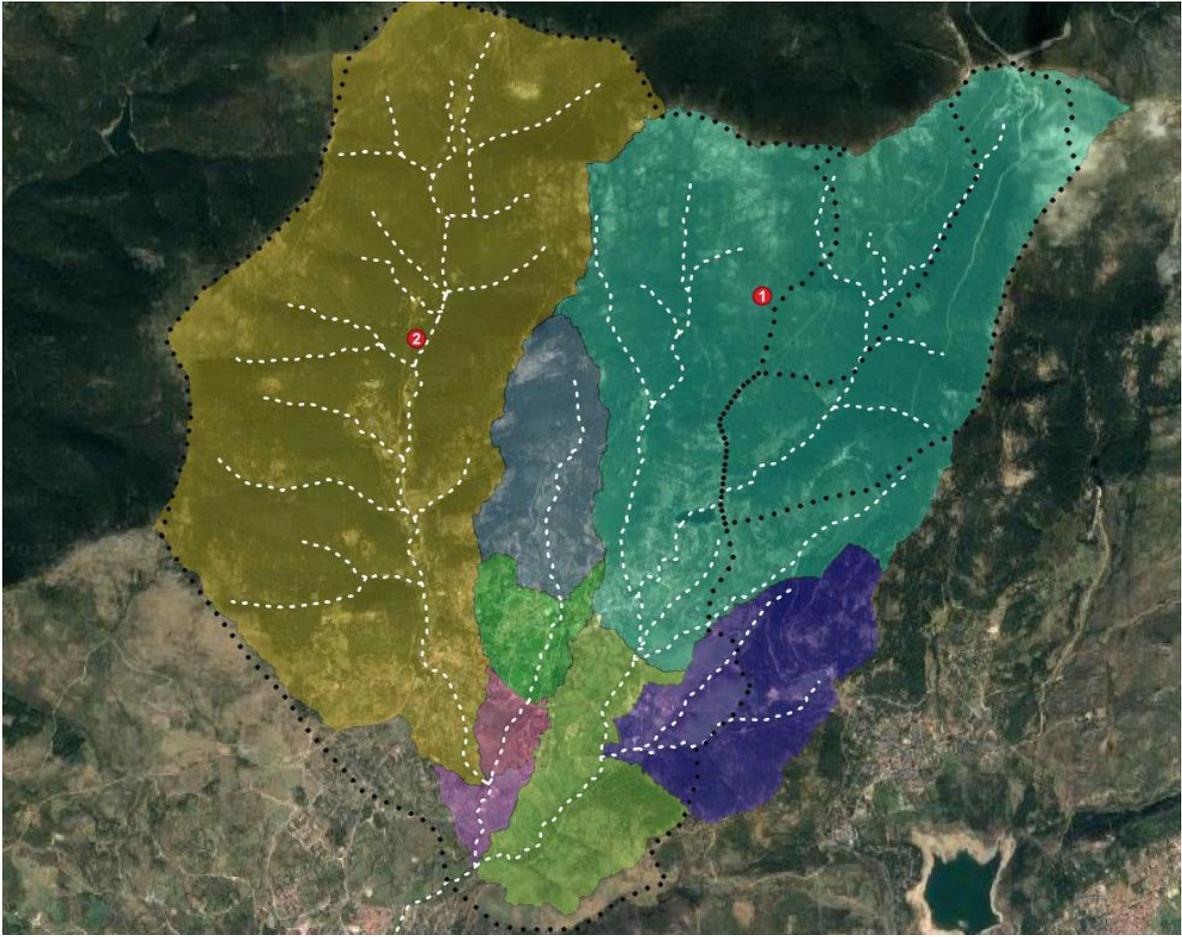


Figura 3. Ubicación de puntos consultados en la aplicación MAXPLU.

En la siguiente tabla, se detallan los resultados obtenidos para periodos de retorno de 5, 100 y 500 años

| PUNTO | Coordenadas UTM H30 |         | Pm<br>(mm/día) | Pt (mm/día) asociado a T años |               |               |
|-------|---------------------|---------|----------------|-------------------------------|---------------|---------------|
|       | X                   | Y       |                | 5                             | 100           | 500           |
| P-1   | 413127              | 4513797 | 65             | <b>79.02</b>                  | <b>142.96</b> | <b>183.03</b> |
| P-2   | 409888              | 4513395 | 62             | 75.37                         | 136.36        | 174.58        |

Se tomará como valor representativo de toda la zona el mayor de los obtenidos, estando del lado de la seguridad en todo momento.

Capítulo 2. CUENCAS

El estudio de cuencas y la posterior determinación de caudales asociados se lleva a cabo mediante herramientas GIS, calculando las cuencas hidrológicas asociadas a los cauces objeto de análisis, sobre el Lidar 1 m (Laser Imaging Detection and Ranging), proporcionada por el IGN

La delimitación de la cuenca vertiente y de la red de drenaje, se realiza mediante el software de información geográfica (GIS), a partir del Modelo Digital del Terreno LIDAR 1m, siguiendo los pasos descritos a continuación.

- **Eliminar depresiones** (Sumideros). Mediante este proceso se corrigen los puntos bajos de la cartografía original, las direcciones de flujo no se pueden calcular en algunas celdas y produce cálculos erróneos de parámetros hidrológicos tales como la acumulación de flujo. Los pozos y sumideros se sustituyen por un plano inclinado que asegure la conectividad hidráulica a la red de drenaje hacia aguas abajo.
- **Dirección de flujo.** Partiendo del MDT, la dirección de flujo está determinada por la dirección del descenso más pronunciado, o la caída máxima, desde cada celda. Se calcula según el siguiente esquema:

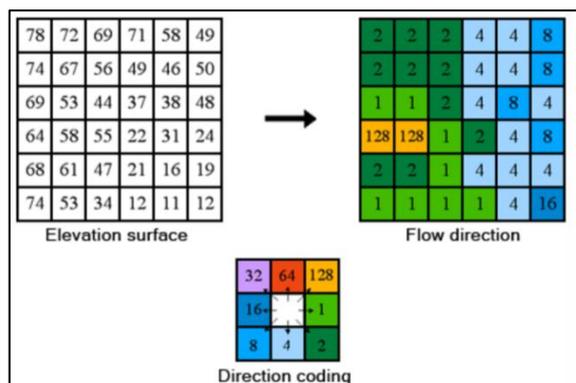


Figura 4. Codificación de la Dirección de Flujo

- **Acumulación de flujo.** Se calcula el flujo acumulado como el peso acumulado de todas las celdas que fluyen en cada celda de pendiente descendente

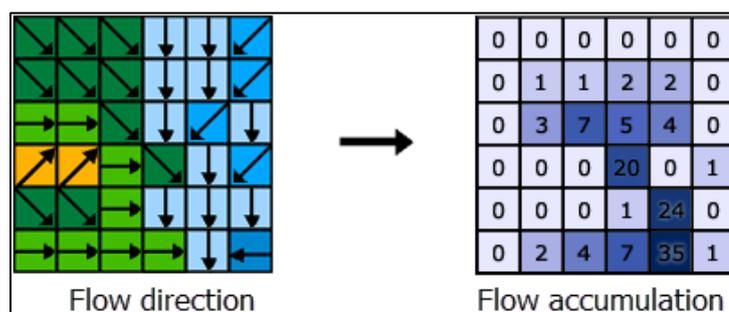


Figura 5. Acumulación de Flujo

- **Red de drenaje.** A partir del flujo acumulado y del concepto de umbral de celdas acumuladas se determina la red de drenaje.
- **Delimitación de la cuenca vertiente:** Finalmente se calculan las cuencas vertientes. No obstante, es importante revisar y corregir las zonas conflictivas sobre la ortofoto y sobre las curvas de nivel, detallando manualmente las direcciones de flujo, para tratar de evitar posibles errores.

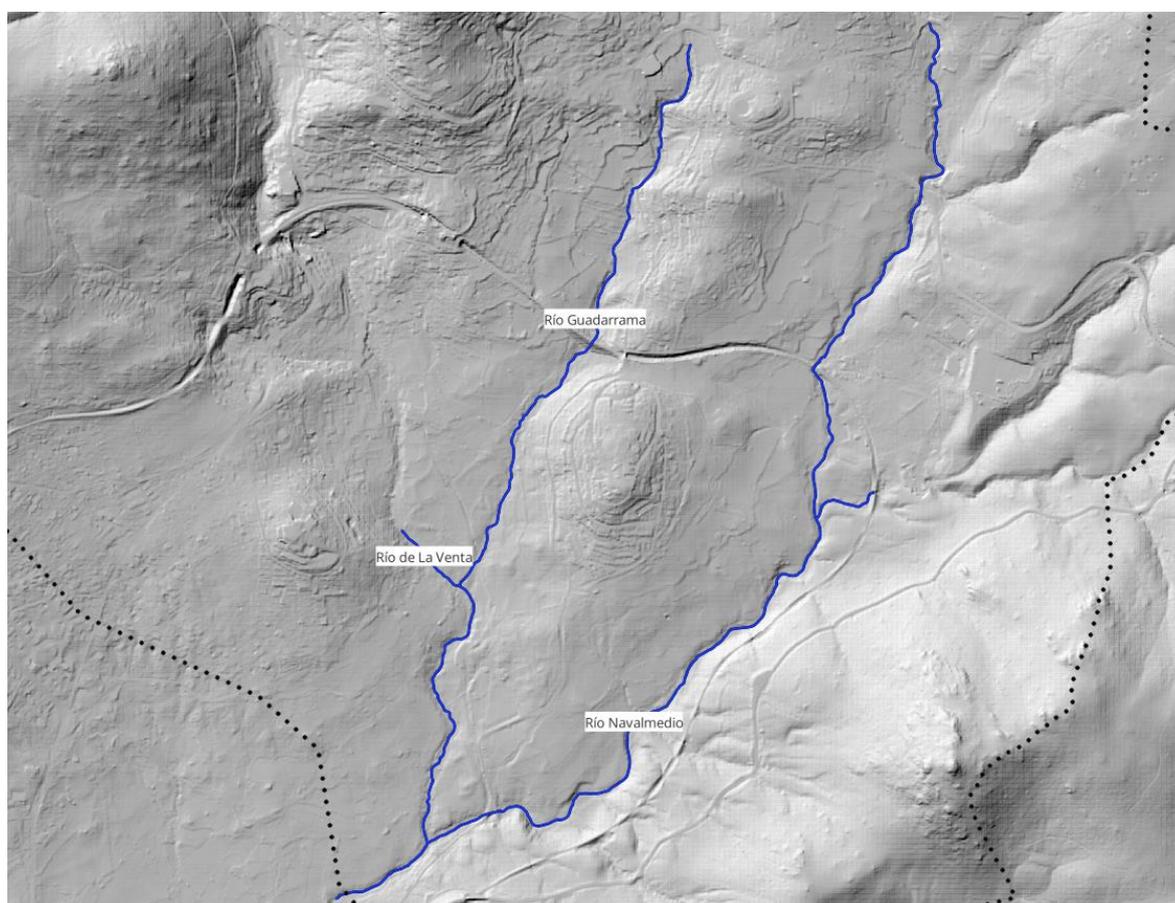


Figura 6. Red principal de drenaje objeto de este estudio.

## Capítulo 3. CAUDALES

### 3.1. Método Racional

Para el cálculo del caudal de la cuenca se ha seguido el método propuesto en la publicación del CEDEX “Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas”. Se han calculado los caudales máximos de cada una de las cuencas, considerándolas como unitarias, mediante el método racional modificado.

Este método parte básicamente de las mismas hipótesis que el clásico método racional, pero incluye un factor corrector de uniformidad que contempla el reparto temporal del aguacero, cuya duración total se considera equivalente al tiempo de concentración, tal como establece también la fórmula racional clásica.

La hipótesis de lluvia neta constante que ésta establece no es real y en la práctica existen variaciones en su reparto temporal que favorecen el desarrollo de los caudales punta. Esto complica el problema de obtener una fórmula simple para análisis de los caudales punta.

Sin embargo este método, dentro de la duración del tiempo de concentración, la variación de la lluvia neta la refleja globalmente, refiriendo los caudales punta determinados considerando esa variación a los caudales homólogos calculados con lluvia neta constante. Así, si se denomina **K** al cociente entre ambos, resulta la ley:

$$Q = \frac{CIA}{3,6} K$$

Siendo:

Q: caudal punta en m<sup>3</sup>/s

I: máxima intensidad media en el intervalo de tiempo igual al tiempo de concentración en mm/h

A: superficie de la cuenca en km<sup>2</sup>

C: coeficiente de escorrentía del intervalo donde se produce I

K: coeficiente de uniformidad

El valor de K depende fundamentalmente del tiempo de concentración, aunque puede variar de unos episodios a otros. A efectos prácticos para su evaluación, este método propone desechar la influencia del resto de variables (torrencialidad, características físicas de la cuenca, etc.) y definirlo únicamente en función del tiempo de concentración mediante la expresión:

$$K = 1 + \frac{T_C^{1,25}}{T_C^{1,25} + 14}$$

Dicha expresión ha sido obtenida mediante comprobaciones empíricas realizadas en diversas estaciones de aforos y de acuerdo con las conclusiones deducidas de los análisis teóricos desarrollados mediante otros métodos hidrometeorológicos.

El tiempo de concentración para cada una de las cuencas consideradas varía en función de sus características geométricas de acuerdo con la fórmula dada por la Instrucción:

$$T = 0.3 \left[ \frac{L}{J^{\frac{1}{4}}} \right]^{0.76} (h)$$

L: Longitud del cauce principal (km)

J: Pendiente media del cauce principal (m/m)

Los valores de longitud de los cauces principales se han tomado como valores medios dentro de las dimensiones de las cuencas en el sentido de drenaje, ya que en algunos casos no existen cauces marcados.

Del mismo modo, las pendientes medias se han obtenido basándose en la diferencia de cota existente entre el inicio y el final de las citadas trayectorias.

### Intensidad de Lluvia

La intensidad de lluvia  $I$  a considerar para el cálculo del caudal según la fórmula propuesta se refiere a un valor medio a lo largo del intervalo de duración igual al tiempo de concentración. Para su estimación este método propone las mismas fórmulas y curvas de la Instrucción 5.2 I.C., si bien considerando que la precipitación media diaria ha sido corregida en función del factor de reparto areal, ( $K_A$ ). Las expresiones para su cálculo son:

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

$I_t$ : intensidad media correspondiente al intervalo de duración  $t$  deseado en mm/h

$I_d = \frac{P_d}{24} \times K_A$ : intensidad media diaria correspondiente al período de retorno considerado en mm/h

$$\begin{array}{l} K_A = 1 \quad \rightarrow \quad A < 1 \\ K_A = 1 - \frac{\log A}{15} \quad \rightarrow \quad 1 \leq A < 3.000 \end{array}$$

$P_d$ : precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno en mm

$\frac{I_1}{I_d}$ : Cociente entre la intensidad horaria y la diaria, independiente del período de retorno. Se obtiene del mapa de isolíneas que se adjunta. Corresponde a la figura 2.4 de la Instrucción 5.2-I.C.

t: duración del intervalo al que se refiere It en horas

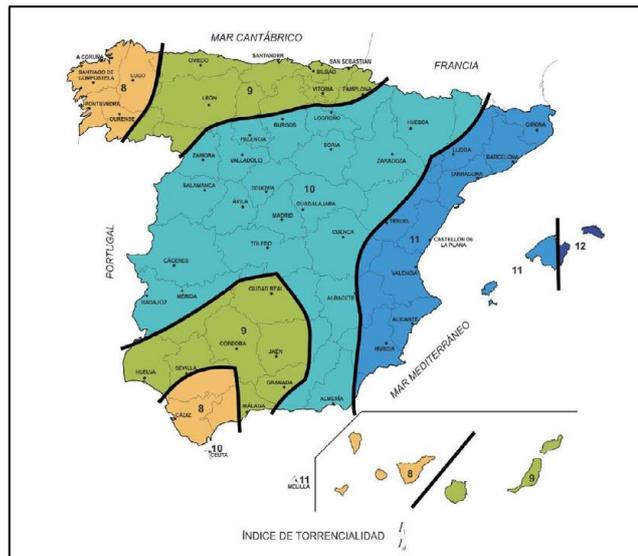


Figura 7. Mapa de Isolinias I1/I0

Por la ubicación geográfica de la actuación, la relación (I1 /I0), denominada **factor de torrencialidad**, adopta un valor de **10** como puede verse en la figura anterior.

**Coefficiente de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía define la porción de la intensidad de lluvia I que genera escorrentía superficial.

La formulación que propone este método coincide con la de la Instrucción 5.2-I.C. y está basada en las relaciones lluvia-escorrentía propuestas por el U.S. Soil Conservation Service (S.C.S. 1972) definidas como:

$$C = 0 \rightarrow \text{si } \frac{Pd}{Po} \leq 1$$

$$C = \frac{\left[ \left( \frac{Pd}{Po} \right) - 1 \right] \times \left[ \left( \frac{Pd}{Po} \right) + 23 \right]}{\left[ \left( \frac{Pd}{Po} \right) + 11 \right]^2} \quad \text{si } \frac{Pd}{Po} > 1$$

Siendo:

**Po (mm):** Umbral de escorrentía.

**Pd (mm):** la precipitación total diaria

El valor del umbral de escorrentía depende de las condiciones de humedad dadas por el complejo suelo-vegetación y de las características de la cuenca en cuanto a: capacidad de infiltración, uso del suelo y actividades agrarias y pendiente del terreno.

La obtención de este parámetro está cuantificada experimentalmente y para su obtención se utilizan los siguientes cuadros:

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS A EFECTOS DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA**

|          | INFILTRACIÓN.<br>(cuando están muy húmedos) | POTENCIA                                    | TEXTURA  | DRENAJE           |
|----------|---|---|--|-------------------|
| <b>A</b> | Rápida                                      | Grande                                      | Arenosa; Areno-limosa  | Perfecto          |
| <b>B</b> | Moderada                                    | Media a grande                              | Franco-arenosa; Franca; Franco-arcillosa-arenosa; Franco-limosa. | Bueno a moderado  |
| <b>C</b> | Lenta                                       | Media a pequeña                             | Franco-arcillosa; Franco-arcillosa-limosa; Arcillo-arenosa       | Imperfecto        |
| <b>D</b> | 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**

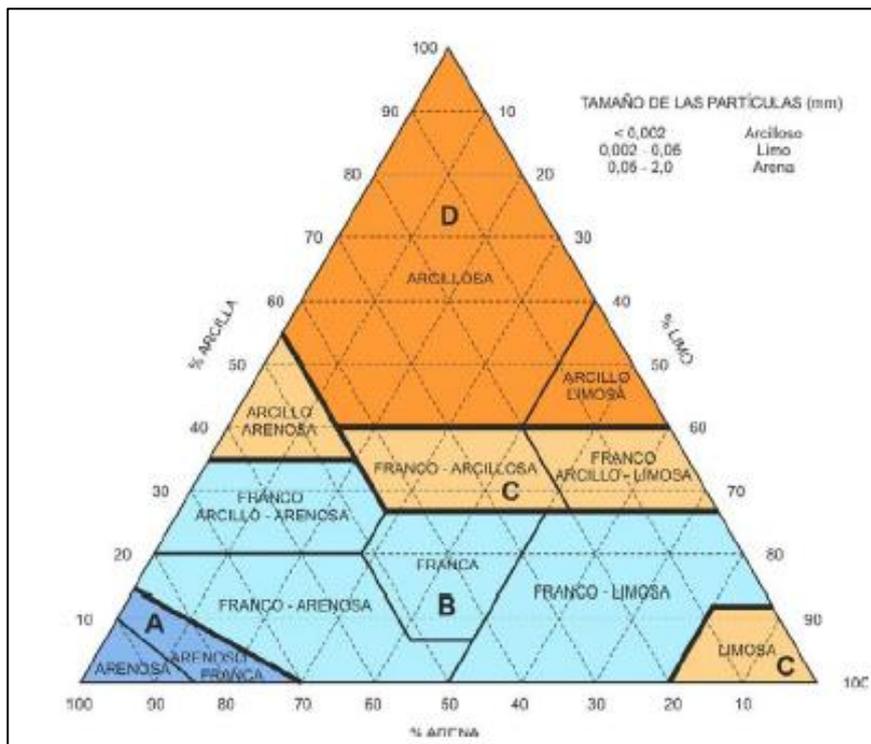


Figura 8. Diagrama de texturas clasificación de suelos.

**ESTIMACIÓN INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA**

Los umbrales de escorrentía para cada una de las cuencas se han obtenido mediante un proceso de algebra de mapas considerando la pendiente, la permeabilidad y los usos del suelo.

Posteriormente a cada polígono obtenido se le aplican los valores del Umbral en mm, recogidos en el Anexo II de la “Guía Metodológica para el desarrollo del SNCZI.”

El coeficiente instantáneo de escorrentía C para un instante dado hasta el cual se ha producido la precipitación P y la escorrentía E, se obtiene derivando la expresión:

$$C = \frac{dE}{dP} = \frac{d(E / P_o)}{d(P / P_o)} = \frac{((P / P_o) - 1) \times ((P / P_o) + 9)}{((P / P_o) + 4)^2}$$

Este coeficiente instantáneo crece a lo largo del aguacero y su valor medio en un intervalo será mayor que el correspondiente a su origen y menor que el del final. El intervalo a considerar será el que proporciona mayor escorrentía, manteniéndose la hipótesis de que éste coincide con el tiempo de concentración.

Según el estudio del CEDEX, en las estaciones pluviométricas españolas la ley que relaciona la precipitación P máxima en el intervalo considerado cumple la ley:

$$P_{\text{máx. Intensidad}} = b \times P_d$$

Dicha corrección se efectúa mediante el producto del valor obtenido en las tablas por el factor corrector  $\beta$  correspondiente a la **zona 32** (ver figura siguiente), y que en el caso analizado adopta un valor de **1.50**. Dicho valor se obtiene al incrementar el  $\beta_{\text{medio}}$  1.00 con la desviación correspondiente a un intervalo de confianza del 90% (0.50).

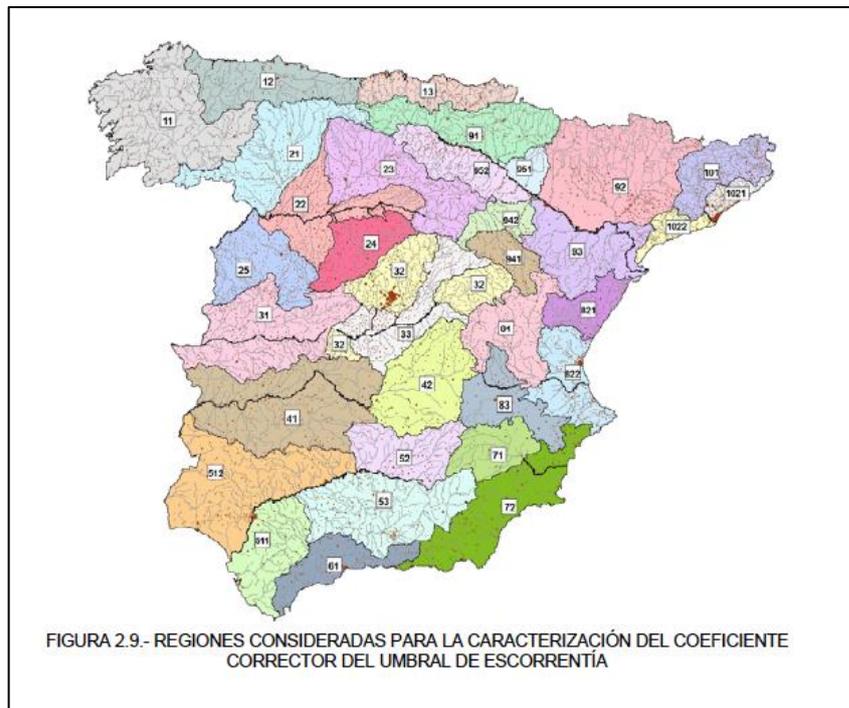


TABLA 2.5.- COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA:  
VALORES CORRESPONDIENTES A CALIBRACIONES REGIONALES

| Región | Valor medio, $\beta_m$ | Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del |                      |                      | Periodo de retorno $T$ (años), $F_T$ |      |      |      |      |
|--------|------------------------|---|----------------------|----------------------|--------------------------------------|------|------|------|------|
|        |                        | 50%<br>$\Delta_{50}$  | 67%<br>$\Delta_{67}$ | 90%<br>$\Delta_{90}$ | 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 |
| 53     | 2,10                   | 0,25  | 0,35                 | 0,60                 | 0,68                                 | 0,87 | 1,16 | 1,38 | 1,56 |

Figura 9. Multiplicador del umbral  $P_0$ . Coeficiente de humedad inicial

Para la determinación del valor del valor inicial del umbral de escorrentía consideraremos las proporciones de los distintos tipos y usos del suelo existentes en cada cuenca atribuyendo a cada uno el valor correspondiente de  $P_0^i$  según la siguiente tabla:

| Código | Uso del 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 |

| Código | Uso del suelo                                   | Práctica de cultivo | Pendiente (%) | Grupo de suelo |    |    |    |
|--------|---|---------------------|---------------|----------------|----|----|----|
|        |   |                     |               | A              | B  | C  | D  |
| 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 |
| 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 |

| Código | Uso del suelo   | Práctica de cultivo | Pendiente (%) | Grupo de suelo |    |    |    |
|--------|---|---------------------|---------------|----------------|----|----|----|
|        |   |                     |               | A              | B  | C  | D  |
| 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 |
| 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  |

| Código | Uso del suelo  | Práctica de cultivo | Pendiente (%) | Grupo de suelo |    |    |    |
|--------|--|---------------------|---------------|----------------|----|----|----|
|        |  |                     |               | A              | B  | C  | D  |
| 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  | Frondosas  |                     |               | 90             | 47 | 31 | 23 |
| 31110  | Perennifolias  |                     |               | 90             | 47 | 31 | 23 |
| 31120  | Caducifolias y marcescentes  |                     |               | 90             | 47 | 31 | 23 |
| 31130  | Otras frondosas de plantación  |                     | ≥ 3           | 79             | 34 | 19 | 14 |
| 31130  | Otras frondosas de plantación  |                     | < 3           | 94             | 42 | 22 | 15 |
| 31140  | Mezcla de frondosas  |                     |               | 90             | 47 | 31 | 23 |
| 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 |

| Código | Uso del suelo  | Práctica de cultivo | Pendiente (%) | Grupo de suelo |     |     |     |
|--------|--|---------------------|---------------|----------------|-----|-----|-----|
|        |  |                     |               | A              | B   | C   | D   |
| 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  | Claras 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   |
| 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   |

| Código | Uso del suelo   | Práctica de cultivo | Pendiente (%) | Grupo de suelo |    |    |   |
|--------|---|---------------------|---------------|----------------|----|----|---|
|        |   |                     |               | A              | B  | C  | D |
| 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 |
| 41100  | Humedades y zonas pantanosas                          |                     |               | 2              | 2  | 2  | 2 |
| 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 |
| 51120  | Embalses  |                     |               | 0              | 0  | 0  | 0 |
| 52100  | Lagunas costeras                                      |                     |               | 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 1. Valor inicial del umbral de escorrentía (mm)

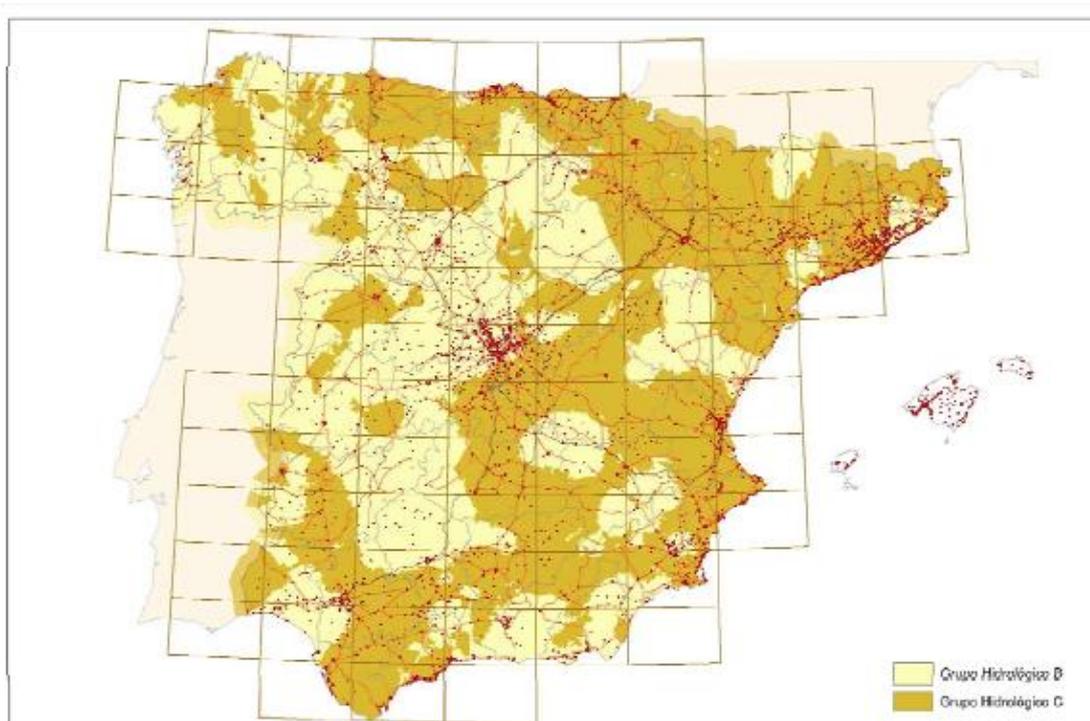


Figura 10. Grupos Hidrológicos del suelo 5.2-IC

### 3.2. HEC-HMS

Mediante el **método racional** obtenemos el caudal pico del Hidrograma pero, para el posterior cálculo bidimensional es necesario disponer del desarrollo completo del Hidrograma generado por la tormenta de diseño.

El HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System) es un programa de simulación hidrológica tipo evento, lineal y semidistribuido, desarrollado para estimar las hidrógrafas de salida en una cuenca o varias subcuencas (caudales máximos y tiempos al pico) a partir de condiciones extremas de lluvias, aplicando para ello algunos de los métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión en escorrentía directa

Las diversas fases de trabajo del programa pueden esquematizarse así:

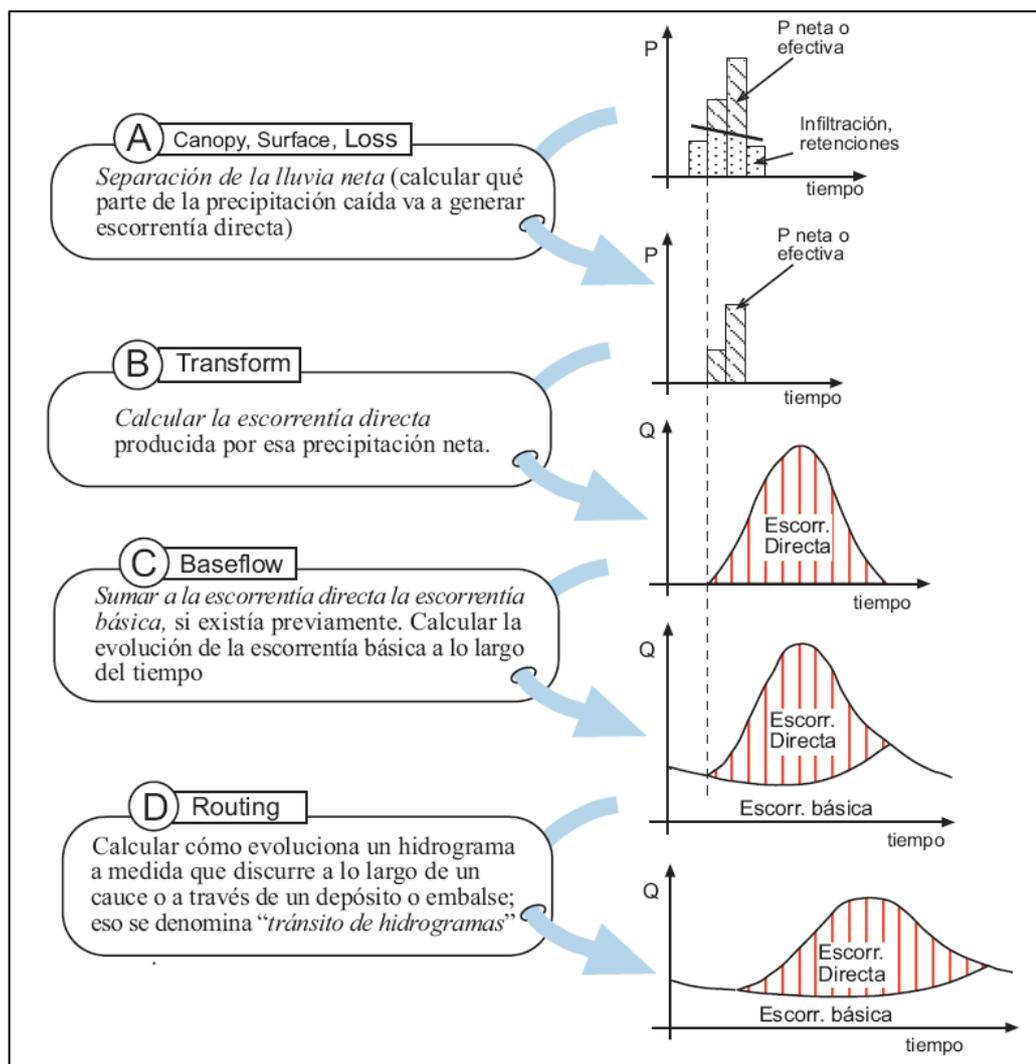


Figura 11. Fases de trabajo HEC-HMS

El programa realiza los cálculos de las tres primeras fases (A, B, C) para cada subcuenca, y calcula la última fase (D) para cada tránsito a lo largo de un cauce (la evolución del hidrograma que, generado en la salida de una subcuenca, circula por otra distinta). En los puntos de unión, suma los caudales generados por varios

elementos. Finalmente nos proporciona los hidrogramas generados (en tabla y en gráfico) para cada subcuena y para el total de la cuenca.

### Precipitación

A partir de los datos obtenidos en el análisis pluviométrico es preciso obtener una precipitación de diseño y su distribución en el tiempo.

Los valores de la precipitación máxima diaria obtenidos anteriormente son los siguientes:

| Pm<br>(mm/día) | Pt (mm/día) asociado a T años |        |        |
|----------------|-------------------------------|--------|--------|
|                | 5                             | 100    | 500    |
| 65             | 79.02                         | 142.96 | 183.03 |

Previamente se debe disponer de una curva IDF (intensidad, duración, frecuencia), adoptando la propuesta por Témez:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\left( \frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)}$$

A partir de esta fórmula obtendremos los correspondientes hietogramas de diseño que permitan conocer y evaluar la distribución temporal de la precipitación.

Existen varios tipos de hietogramas de diseño, pero debido a su mejor ajuste a las tormentas de la zona mediterránea se elige el modelo de **Bloques Alternativos**.

Se va a obtener un hietograma para cada periodo de retorno considerado, mediante la utilización de las Curvas IDF de Témez.

Este hietograma sintético se basa en asumir como hipótesis fundamental que para cualquier intervalo de tiempo la intensidad media de precipitación será la más desfavorable, por lo que para cualquier duración de tormenta se debe cumplir la curva IDF anterior.

Para calcular el desarrollo de curva se fijan un número “n” de intervalos de tiempo con una duración “t”, por lo que la duración total de la tormenta será n veces el intervalo t.

Las alturas de los bloques (hi) corresponden a las intensidades de precipitación y se definen:

$$\text{Altura del Bloque Mayor} = h_1 = i(\Delta t)$$

$$\text{Altura de los dos Bloques Mayores} = \frac{h_1 + h_2}{2} = i(2\Delta t)$$

$$\text{Altura de los } x \text{ Bloques Mayores} = \frac{1}{x} \sum_{j=1}^x h_j = i(x\Delta t)$$

Si despejamos la altura del bloque:

$$hx = xi(x\Delta t) - (x - 1)i[(x - 1)\Delta t]$$

Para el cálculo de los histogramas sintéticos por bloques alternativos se utiliza la aplicación Bloques, desarrolla por el Instituto FLUMEN perteneciente a la Universidad Politécnica de Barcelona.

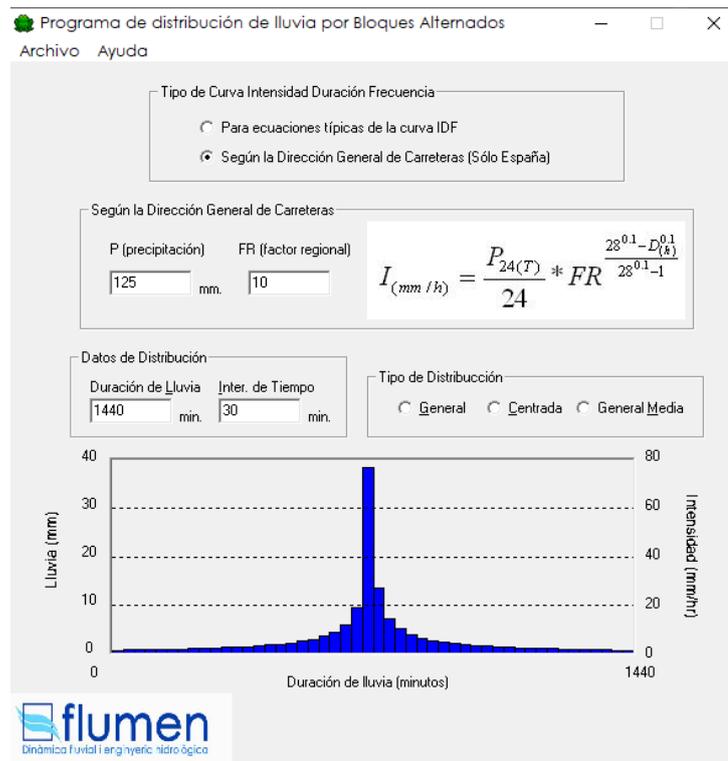


Figura 12. Interfaz del programa Bloques

Obteniéndose los siguientes Hietogramas para los distintos periodos de retorno, correspondientes a una tormenta de 24 horas de duración.

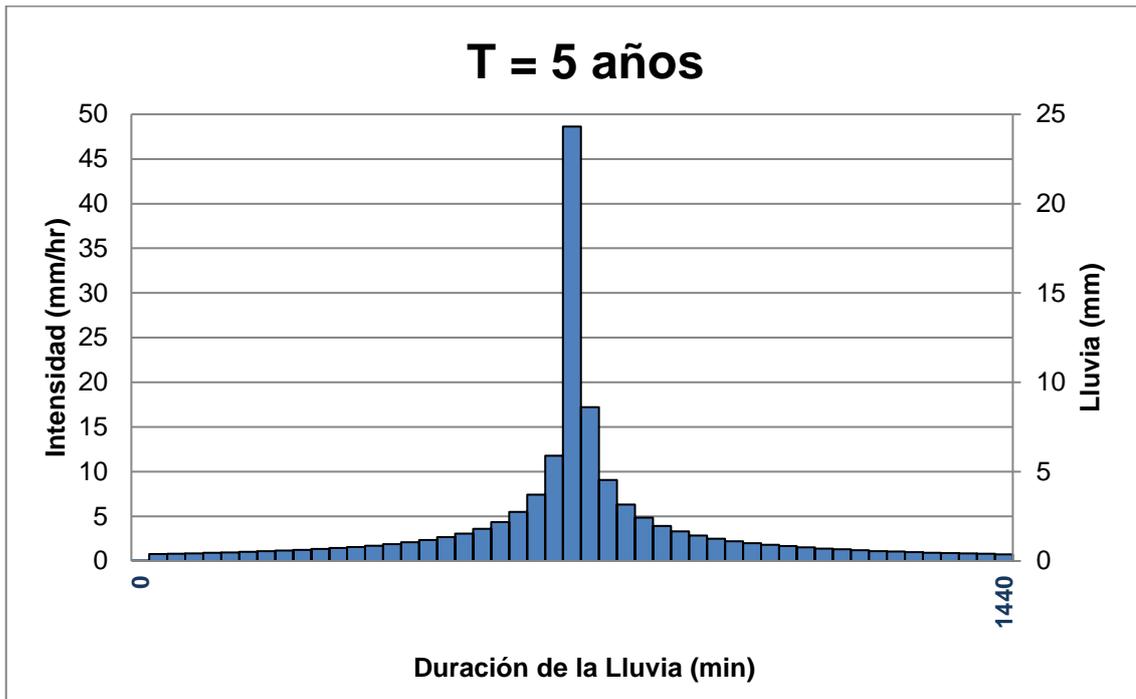


Figura 13. Hietograma por bloques alternativos periodo retorno de 5 años

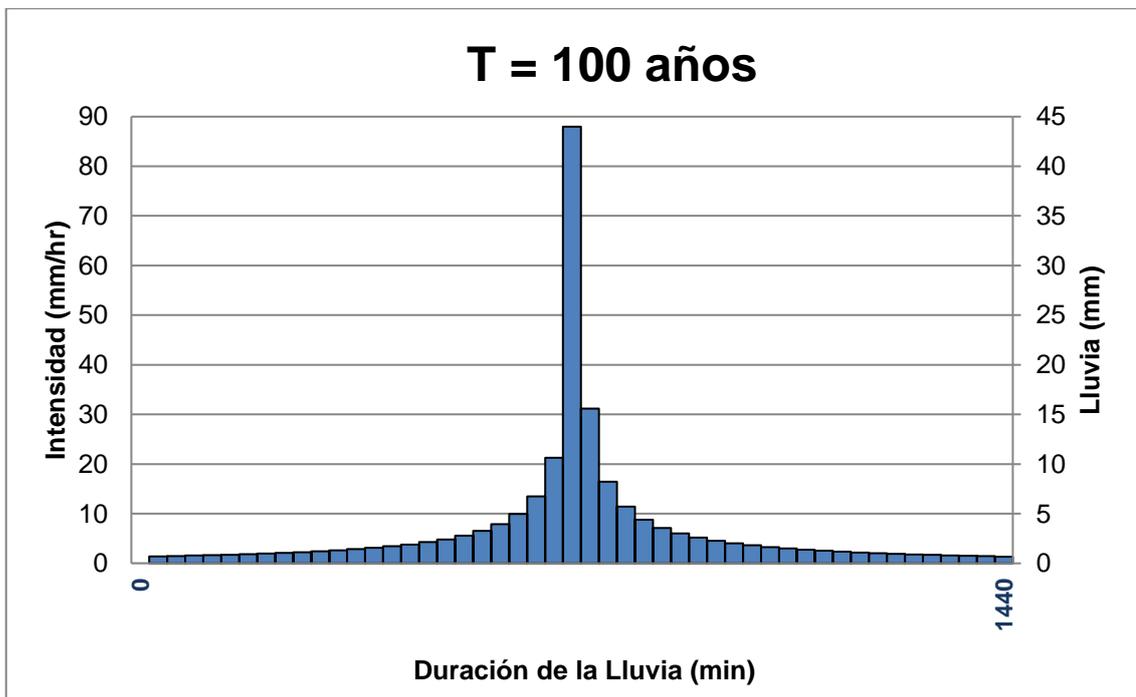


Figura 14. Hietograma por bloques alternativos periodo retorno de 100 años

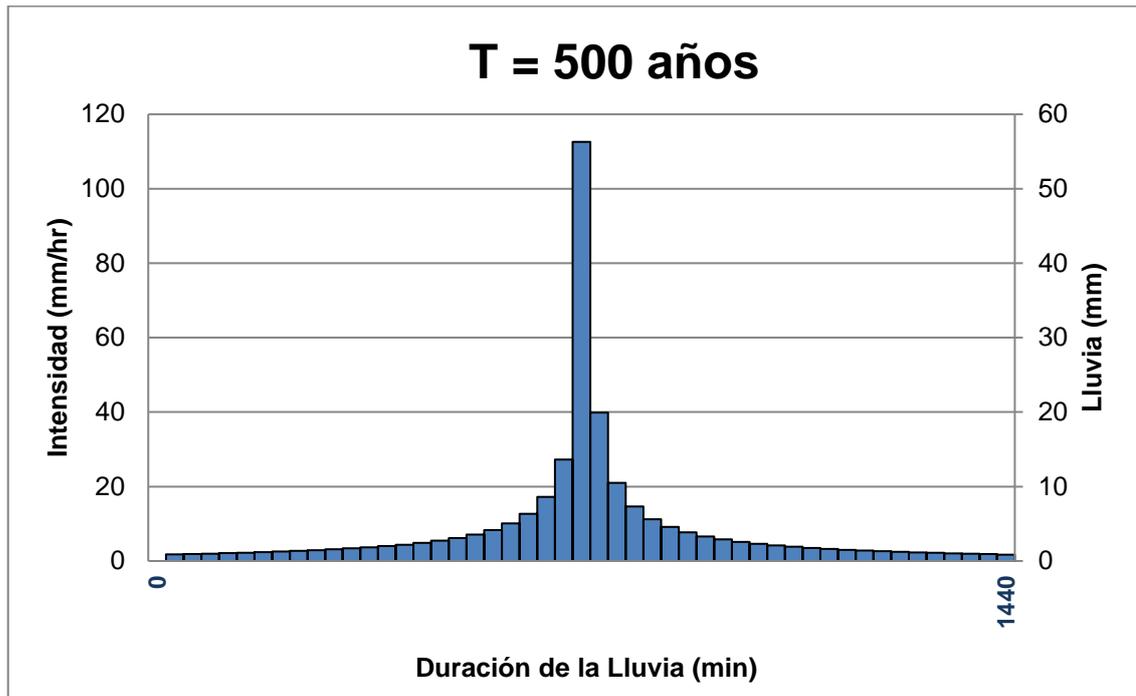


Figura 15. Hietograma por bloques alternativos periodo retorno de 500 años

### Infiltración

El programa Hec-HMS permite diferentes métodos para determinar este concepto, pero en este caso se adopta el modelo de infiltración del Soil Conservation Service.

Las curvas del SCS se obtienen del nivel de escorrentía medio P0 de cada cuenca, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CN = \frac{5080}{P0 + 50.8}$$

### Propagación

Una vez modelizada la tormenta de diseño, se debe determinar el desarrollo de la escorrentía superficial y su concentración.

Tras analizar numerosos hidrogramas unitarios (HU) de cuencas rurales de reducido tamaño se ha optado por el método de Clark. El método se basa en la distribución de la superficie de la cuenca entre líneas Isócronas para computar el volumen de agua caído sobre cada una de esas superficies y considera el retardo producido por el tránsito del agua a lo largo de la cuenca

Este método supone que la cuenca considerada funciona como un depósito. Un aumento del caudal de entrada de un depósito se refleja en el caudal de salida amortiguado y retardado.

El modo más simple de considerar este fenómeno es considerar un depósito lineal (lineal reservoir): eso significa que existe una relación lineal entre el volumen almacenado en el depósito y el caudal de salida:

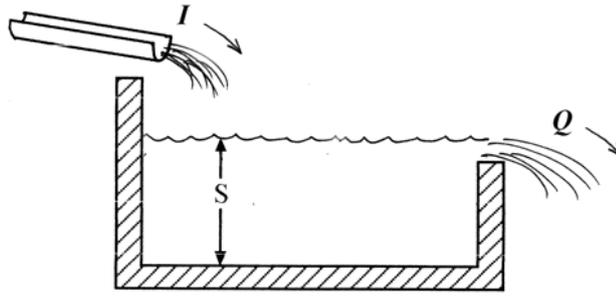


Figura 16. En un depósito lineal, el caudal de salida ( $Q$ ) es proporcional al volumen almacenado ( $S$ ).

Volumen Almacenado:

$$S = Q \cdot R$$

Dónde:

- $S$ : Volumen almacenado
- $Q$ : Caudal de salida.
- $R$ : Constante de proporcionalidad.

Variación de volumen y caudal:

$$V_{in} - V_{out} = \Delta S$$

Dividimos por  $\Delta t$  (Caudal=volumen/tiempo)

$$I - Q = \Delta S / \Delta t$$

Dónde:

- $V_{in}$ = Volumen que entra en un  $\Delta t$
- $V_{out}$ = Volumen que sale en el mismo  $\Delta t$
- $\Delta S$ = Variación del volumen en ese  $\Delta t$
- $I$  = Caudal de entrada medio en ese  $\Delta t$
- $Q$  = Caudal de salida medio en ese  $\Delta t$

Si sustituimos las ecuaciones anteriores y despejamos  $Q$

$$Q_i = \frac{I_{i-1} + I_1}{2} \times c + Q_{i-1} \times (1 - c) \quad \text{siendo} \quad c = \frac{2 \times \Delta t}{2R \times \Delta t}$$

Dónde:

- $I_{i-1}, I_i$  = Caudal de entrada en los tiempos  $t_{i-1}, t_i$
- $Q_{i-1}, Q_i$  = Caudal de salida en los tiempos  $t_{i-1}, t_i$
- $\Delta t$  = Incremento de tiempo entre los tiempos  $t_{i-1}, t_i$
- $R$  = Coeficiente de almacenamiento de la cuenca

La mayor dificultad de este procedimiento es que necesita un coeficiente de almacenamiento  $R$  (en horas) que ha aparecido al describir el fundamento del método: representa el retardo que la cuenca impone a la escorrentía superficial para desplazarse. Puede calcularse disponiendo de un hidrograma real de esa cuenca o evaluarse de algún modo. Algunos autores suponen que es similar al lag o tiempo de retardo, o que es una fracción del tiempo de concentración, multiplicando éste por un factor **del orden de 0,75** para cuencas naturales y **0.3** para cuencas urbanas.

## Título III. RESULTADOS

Capítulo 1. PRECIPITACIONES E INTENSIDAD DE LLUVIA.

| PUNTO | Coordenadas UTM H30 |         | Pm<br>(mm/día) | Pt (mm/día) asociado a T años |        |        |
|-------|---------------------|---------|----------------|-------------------------------|--------|--------|
|       | X                   | Y       |                | 5                             | 100    | 500    |
| P-1   | 413127              | 4513797 | 65             | 79.02                         | 142.96 | 183.03 |

| Tiempo de concentración |           |            |               |
|-------------------------|-----------|------------|---------------|
| Cuenca                  | L<br>(km) | i<br>(m/m) | Tc<br>(horas) |
| Arroyo_Cerquilla        | 3.50      | 0.088      | 1.233         |
| Rio_de La Venta         | 5.10      | 0.137      | 1.510         |
| Rio_Guadarrama_tr1      | 1.70      | 0.242      | 0.588         |
| Rio_Guadarrama_tr2      | 1.09      | 0.051      | 0.563         |
| Rio_Guadarrama_tr3      | 0.90      | 0.044      | 0.501         |
| Rio_Guadarrama_tr4      | 0.98      | 0.033      | 0.566         |
| Rio_NAVALMEDIO          | 7.20      | 0.104      | 2.069         |
| Rio_NAVALMEDIO_tr2      | 2.90      | 0.032      | 1.293         |

| INTENSIDAD DE LLUVIA |          |       |                                 |        |        |                             |       |       |        |       |       |                            |       |        |
|----------------------|----------|-------|---------------------------------|--------|--------|-----------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|----------------------------|-------|--------|
| Cuenca               | S (ha)   | Ka    | Máxima precipitación diaria -Pd |        |        | Intensidad Media diaria -Id |       |       | Tc (h) | I1/ld | It/ld | Intensidad media It (mm/h) |       |        |
|                      |          |       | T=5                             | T=100  | T=500  | T=5                         | T=100 | T=500 |        |       |       | T=5                        | T=100 | T=500  |
| Arroyo_Cerquilla     | 343.62   | 0.964 | 76.20                           | 137.85 | 176.49 | 3.2                         | 5.74  | 7.35  | 1.23   | 10.00 | 8.84  | 28.07                      | 50.78 | 65.02  |
| Rio_de La Venta      | 1,876.84 | 0.915 | 72.31                           | 130.82 | 167.49 | 3.0                         | 5.45  | 6.98  | 1.51   | 10.00 | 7.83  | 23.59                      | 42.67 | 54.63  |
| Rio_Guadarrama_tr1   | 226.26   | 0.976 | 77.15                           | 139.58 | 178.70 | 3.2                         | 5.82  | 7.45  | 0.59   | 10.00 | 13.51 | 43.44                      | 78.59 | 100.62 |
| Rio_Guadarrama_tr2   | 99.63    | 1.000 | 79.02                           | 142.96 | 183.03 | 3.3                         | 5.96  | 7.63  | 0.56   | 10.00 | 13.84 | 45.57                      | 82.45 | 105.56 |
| Rio_Guadarrama_tr3   | 44.37    | 1.000 | 79.02                           | 142.96 | 183.03 | 3.3                         | 5.96  | 7.63  | 0.50   | 10.00 | 14.76 | 48.59                      | 87.91 | 112.55 |
| Rio_Guadarrama_tr4   | 43.43    | 1.000 | 79.02                           | 142.96 | 183.03 | 3.3                         | 5.96  | 7.63  | 0.57   | 10.00 | 13.80 | 45.44                      | 82.21 | 105.25 |
| Rio_NAVALMEDIO       | 1,716.86 | 0.918 | 72.52                           | 131.19 | 167.96 | 3.0                         | 5.47  | 7.00  | 2.07   | 10.00 | 6.45  | 19.48                      | 35.24 | 45.12  |
| Rio_NAVALMEDIO_tr2   | 270.79   | 0.971 | 76.74                           | 138.84 | 177.75 | 3.2                         | 5.78  | 7.41  | 1.29   | 10.00 | 8.59  | 27.48                      | 49.72 | 63.66  |

## Capítulo 2. CUENCAS.

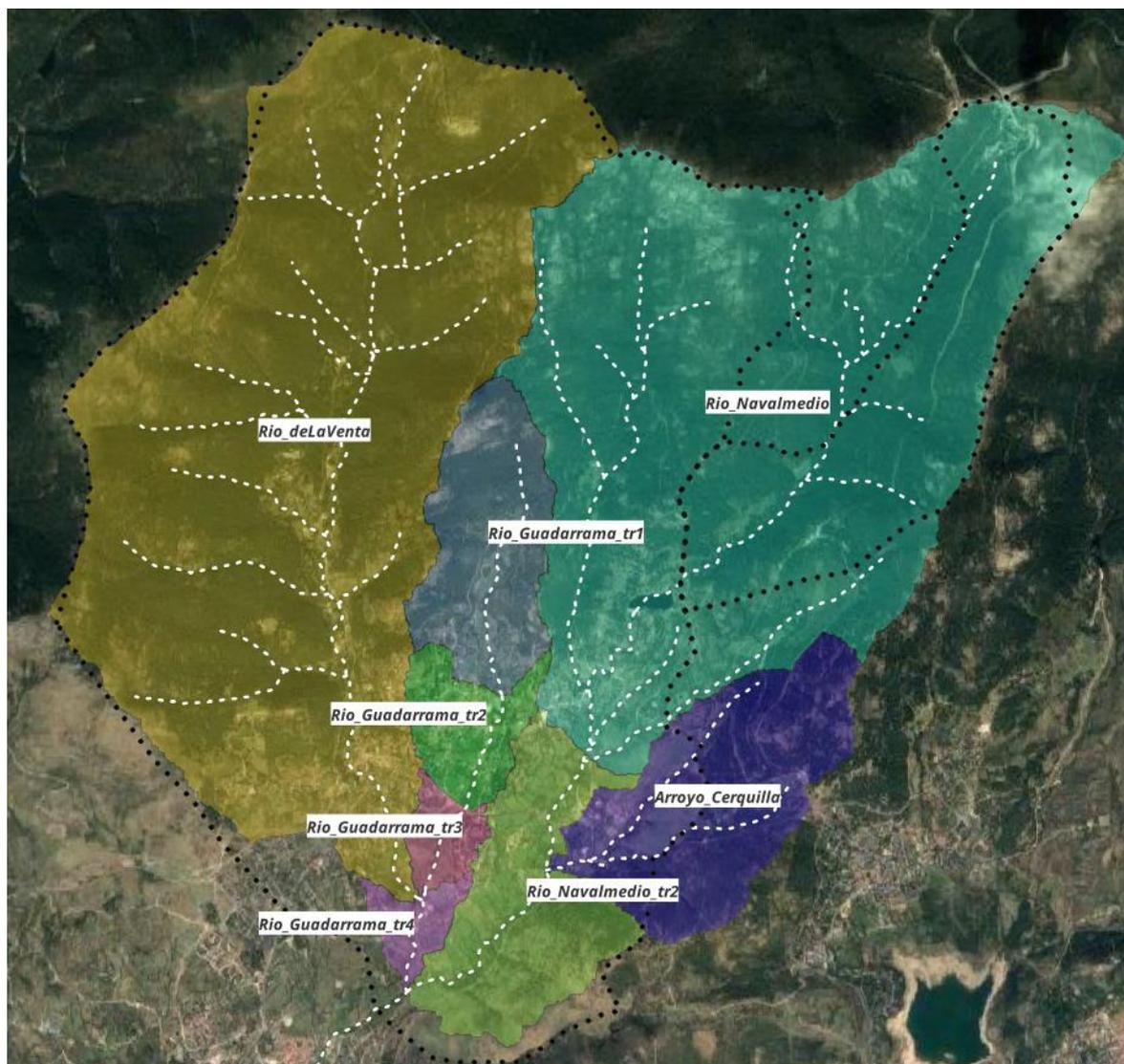


Figura 17. Cuencas consideradas en el cálculo.

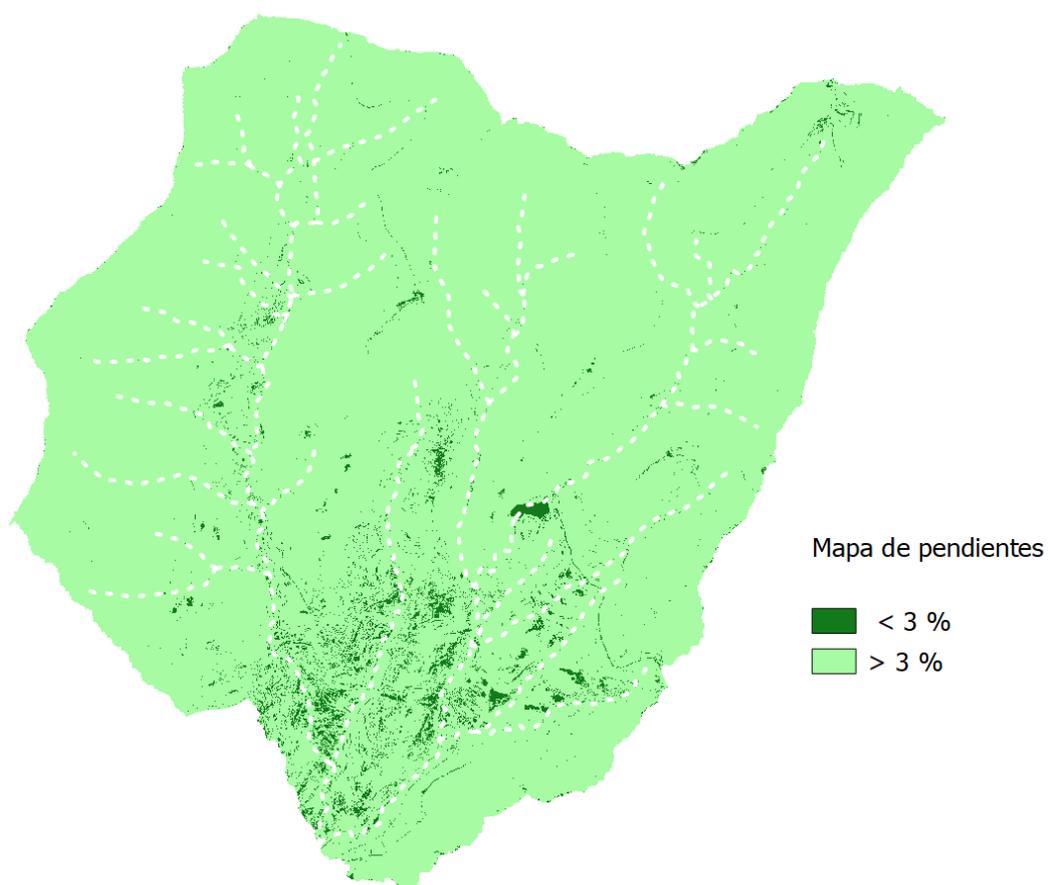


Figura 18. Mapa de pendientes.

| Características Cuenca |          |              |            |        |         |                   |         |       |
|------------------------|----------|--------------|------------|--------|---------|-------------------|---------|-------|
| Cuenca                 | S (Km 2) | Cota inicial | Cota final | Az (m) | L (m)   | Anchura media (m) | i (m/m) | Ka    |
| Arroyo_Cerquilla       | 3.44     | 1416         | 1107       | 309.00 | 3500.00 | 981.78            | 0.088   | 0.964 |
| Rio_de La Venta        | 18.77    | 1786         | 1087       | 699.00 | 5100.00 | 3,680.08          | 0.137   | 0.915 |
| Rio_Guadarrama_tr1     | 2.26     | 1593         | 1182       | 411.00 | 1700.00 | 1,330.94          | 0.242   | 0.976 |
| Rio_Guadarrama_tr2     | 1.00     | 1182         | 1126       | 56.00  | 1090.00 | 914.06            | 0.051   | 1.000 |
| Rio_Guadarrama_tr3     | 0.44     | 1126         | 1087       | 39.00  | 896.00  | 495.25            | 0.044   | 1.000 |
| Rio_Guadarrama_tr4     | 0.43     | 1087         | 1055       | 32.00  | 980.00  | 443.17            | 0.033   | 1.000 |
| Rio_NAVALMEDIO         | 17.17    | 1896         | 1149       | 747.00 | 7200.00 | 2,384.53          | 0.104   | 0.918 |
| Rio_NAVALMEDIO_tr2     | 2.71     | 1149         | 1055       | 94.00  | 2900.00 | 933.76            | 0.032   | 0.971 |

Figura 19. Resumen de Características Físicas de las cuencas.

Capítulo 3. USOS DEL SUELO

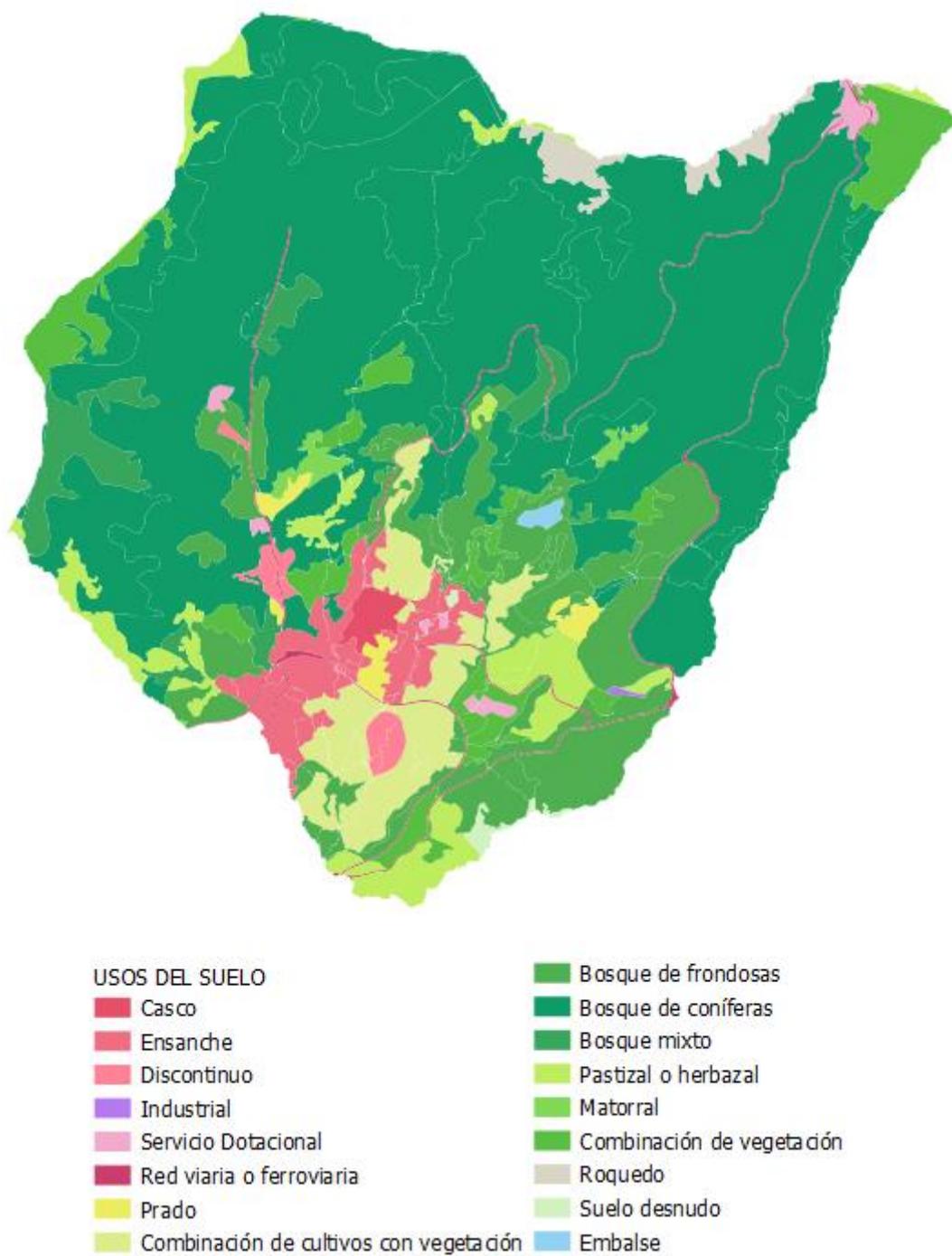


Figura 20. Mapa de Usos del suelo actuales.

| SITUACIÓN ACTUAL                       |                      |                |    |       |              |                        |              |
|--|----------------------|----------------|----|-------|--------------|------------------------|--------------|
| USO SUELO                              | AREA                 | %              | i  | SUELO | P0           | Coefficiente B (CEDEX) | P0 Corregido |
| <b>Arroyo_Cerquilla</b>                | <b>3,436,216.00</b>  | <b>100%</b>    |    |       | <b>39.96</b> | <b>1.50</b>            | <b>59.94</b> |
| Bosque de coníferas                    | 726,994.50           | 21.16%         |    | B     | 47           |                        |              |
| Bosque de frondosas                    | 1,679,573.77         | 48.88%         |    | B     | 47           |                        |              |
| Combinación de cultivos con vegetación | 2,461.81             | 0.07%          | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Combinación de vegetación              | 278,925.08           | 8.12%          | >3 | B     | 33           |                        |              |
| Industrial                             | 17,770.27            | 0.52%          |    | B     | 4            |                        |              |
| Matorral                               | 0.11                 | 0.00%          | >3 | B     | 34           |                        |              |
| Pastizal o herbazal                    | 483,429.01           | 14.07%         | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Prado                                  | 88,720.07            | 2.58%          | >3 | B     | 33           |                        |              |
| Red viaria o ferroviaria               | 90,971.82            | 2.65%          |    | B     | 1            |                        |              |
| Servicio dotacional                    | 49,460.24            | 1.44%          |    | B     | 14           |                        |              |
| Suelo desnudo                          | 17,909.32            | 0.52%          | >3 | B     | 2            |                        |              |
| <b>Rio_deLaVenta</b>                   | <b>18,768,416.00</b> | <b>100.00%</b> |    |       | <b>42.74</b> | <b>1.50</b>            | <b>64.11</b> |
| Bosque de coníferas                    | 13,404,714.16        | 71.42%         |    | B     | 47.00        |                        |              |
| Bosque de frondosas                    | 976,550.07           | 5.20%          |    | B     | 47.00        |                        |              |
| Bosque mixto                           | 1,201,459.65         | 6.40%          |    | B     | 47           |                        |              |
| Combinación de cultivos con vegetación | 109,682.06           | 0.58%          | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Combinación de vegetación              | 783,001.41           | 4.17%          | >3 | B     | 33           |                        |              |
| Discontinuo                            | 182,533.93           | 0.97%          |    | B     | 14           |                        |              |
| Ensanche                               | 788,322.44           | 4.20%          | >3 | B     | 14           |                        |              |
| Matorral                               | 170,006.05           | 0.91%          | >3 | B     | 34           |                        |              |
| Pastizal o herbazal                    | 867,051.87           | 4.62%          | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Prado                                  | 110,450.01           | 0.59%          | >3 | B     | 33           |                        |              |
| Red viaria o ferroviaria               | 109,204.34           | 0.58%          |    | B     | 1            |                        |              |
| Servicio dotacional                    | 65,440.01            | 0.35%          |    | B     | 14           |                        |              |
| <b>Rio_Guadarrama_tr1</b>              | <b>2,262,592.00</b>  | <b>100%</b>    |    |       | <b>39.07</b> | <b>1.50</b>            | <b>58.61</b> |
| Bosque de coníferas                    | 1,033,637.04         | 45.68%         |    | B     | 47.00        |                        |              |
| Bosque de frondosas                    | 449,198.40           | 19.85%         |    | B     | 47.00        |                        |              |
| Casco                                  | 4,984.39             | 0.22%          |    | B     | 1            |                        |              |
| Combinación de cultivos con vegetación | 388,085.74           | 17.15%         | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Combinación de vegetación              | 218,176.59           | 9.64%          | >3 | B     | 33           |                        |              |
| Ensanche                               | 81,909.68            | 3.62%          |    | B     | 14           |                        |              |
| Matorral                               | 632.96               | 0.03%          | >3 | B     | 34           |                        |              |
| Pastizal o herbazal                    | 60,143.03            | 2.66%          | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Red viaria o ferroviaria               | 25,824.17            | 1.14%          |    | B     | 1            |                        |              |
| <b>Rio_Guadarrama_tr2</b>              | <b>996,324.00</b>    | <b>100%</b>    |    |       | <b>16.72</b> | <b>1.50</b>            | <b>25.08</b> |
| Bosque de coníferas                    | 38,935.4             | 3.91%          |    | B     | 47.00        |                        |              |
| Bosque de frondosas                    | 15,221.2             | 1.53%          |    | B     | 47.00        |                        |              |
| Casco                                  | 228,717.2            | 22.96%         |    | B     | 1            |                        |              |
| Combinación de cultivos con vegetación | 40,174.0             | 4.03%          | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Combinación de vegetación              | 66,980.7             | 6.72%          | >3 | B     | 33           |                        |              |
| Ensanche                               | 455,360.0            | 45.70%         | <3 | B     | 14           |                        |              |
| Prado                                  | 128,307.4            | 12.88%         | >3 | B     | 33           |                        |              |
| Red viaria o ferroviaria               | 13,749.4             | 1.38%          |    | B     | 1            |                        |              |
| Servicio dotacional                    | 8,878.7              | 0.89%          |    | B     | 14           |                        |              |

| SITUACIÓN ACTUAL                       |                      |             |    |       |              |                        |              |
|--|----------------------|-------------|----|-------|--------------|------------------------|--------------|
| USO SUELO                              | AREA                 | %           | i  | SUELO | P0           | Coefficiente B (CEDEX) | P0 Corregido |
| <b>Rio_Guadarrama_tr3</b>              | <b>443,748.00</b>    | <b>288%</b> |    |       | <b>23.00</b> | <b>1.50</b>            | <b>34.50</b> |
| Bosque de frondosas                    | 153.1                | 0.03%       |    | B     | 47.00        |                        |              |
| Casco                                  | 4.0                  | 0.00%       |    | B     | 1            |                        |              |
| Combinación de cultivos con vegetación | 318,418.8            | 71.76%      | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Discontinuo                            | 78,223.8             | 17.63%      |    | B     | 24           |                        |              |
| Ensanche                               | 41,311.9             | 9.31%       |    | B     | 24           |                        |              |
| Red viaria o ferroviaria               | 5,636.4              | 1.27%       |    | B     | 1            |                        |              |
| <b>Rio_Guadarrama_tr4</b>              | <b>434,304.00</b>    | <b>99%</b>  |    |       | <b>31.03</b> | <b>1.50</b>            | <b>46.54</b> |
| Bosque de frondosas                    | 166,209.1            | 38.27%      |    | B     | 47.00        |                        |              |
| Combinación de cultivos con vegetación | 225,949.3            | 50.92%      | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Discontinuo                            | 18,100.0             | 4.08%       |    | B     | 14           |                        |              |
| Ensanche                               | 24,045.5             | 5.42%       |    | B     | 14           |                        |              |
| <b>Rio_NAVALMEDIO</b>                  | <b>17,168,636.00</b> | <b>100%</b> |    |       | <b>42.96</b> | <b>1.50</b>            | <b>64.43</b> |
| Bosque de coníferas                    | 12,408,217.3         | 72.27%      |    | B     | 47.00        |                        |              |
| Bosque de frondosas                    | 2,010,980.4          | 11.71%      |    | B     | 47.00        |                        |              |
| Bosque mixto                           | 206,064.9            | 1.20%       |    | B     | 47           |                        |              |
| Combinación de cultivos con vegetación | 239,377.9            | 1.39%       | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Combinación de vegetación              | 937,054.6            | 5.46%       | >3 | B     | 33           |                        |              |
| Embalse                                | 74,920.9             | 0.44%       |    | B     | 0            |                        |              |
| Ensanche                               | 97,102.1             | 0.57%       |    | B     | 14           |                        |              |
| Matorral                               | 84,445.4             | 0.49%       | >3 | B     | 34           |                        |              |
| Pastizal o herbazal                    | 231,535.4            | 1.35%       | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Prado                                  | 29,697.6             | 0.17%       | >3 | B     | 33           |                        |              |
| Red viaria o ferroviaria               | 208,615.4            | 1.22%       |    | B     | 1            |                        |              |
| Roquedo                                | 489,663.1            | 2.85%       | >3 | B     | 2            |                        |              |
| Servicio dotacional                    | 136,591.7            | 0.80%       |    | B     | 14           |                        |              |
| Suelo desnudo                          | 14,369.4             | 0.08%       | >3 | B     | 2            |                        |              |
| <b>Rio_NAVALMEDIO_tr2</b>              | <b>2,707,900.00</b>  | <b>100%</b> |    |       | <b>26.80</b> | <b>1.50</b>            | <b>40.20</b> |
| Bosque de frondosas                    | 555,442.5            | 20.51%      |    | B     | 47.00        |                        |              |
| Combinación de cultivos con vegetación | 870,065.7            | 32.13%      | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Combinación de vegetación              | 269,821.6            | 9.96%       | >3 | B     | 33           |                        |              |
| Discontinuo                            | 81,774.7             | 3.02%       |    | B     | 14           |                        |              |
| Ensanche                               | 139,317.1            | 5.14%       |    | B     | 14           |                        |              |
| Matorral                               | 5.5                  | 0.00%       | >3 | B     | 34           |                        |              |
| Pastizal o herbazal                    | 602,481.2            | 22.25%      | >3 | B     | 23           |                        |              |
| Red viaria o ferroviaria               | 81,776.0             | 3.02%       |    | B     | 1            |                        |              |
| Servicio dotacional                    | 24,446.8             | 0.90%       |    | B     | 14           |                        |              |
| Suelo desnudo                          | 82,768.7             | 3.06%       | >3 | B     | 2            |                        |              |

Figura 21. Cálculo de P0.

| Cuenca             | Coef de Escorrentia -C (Actual) |      |      |
|--------------------|---------------------------------|------|------|
|                    | 5                               | 100  | 500  |
| Arroyo_Cerquilla   | 0.04                            | 0.19 | 0.26 |
| Rio_de La Venta    | 0.02                            | 0.15 | 0.22 |
| Rio_Guadarrama_tr1 | 0.05                            | 0.20 | 0.27 |
| Rio_Guadarrama_tr2 | 0.28                            | 0.48 | 0.57 |
| Rio_Guadarrama_tr3 | 0.18                            | 0.37 | 0.46 |
| Rio_Guadarrama_tr4 | 0.11                            | 0.27 | 0.35 |
| Rio_NAVALMEDIO     | 0.02                            | 0.15 | 0.22 |
| Rio_NAVALMEDIO_tr2 | 0.14                            | 0.31 | 0.39 |

Figura 22. Coeficientes de escorrentía.

## Capítulo 4. MODELO HIDROMETEREOLÓGICO HEC-HMS.

A partir de la metodología expuesta en los apartados anteriores, se modelizará cada cuenca con Hec-Hms individualmente para cada periodo de retorno. Los datos de entrada y los resultados obtenidos se detallan a continuación.

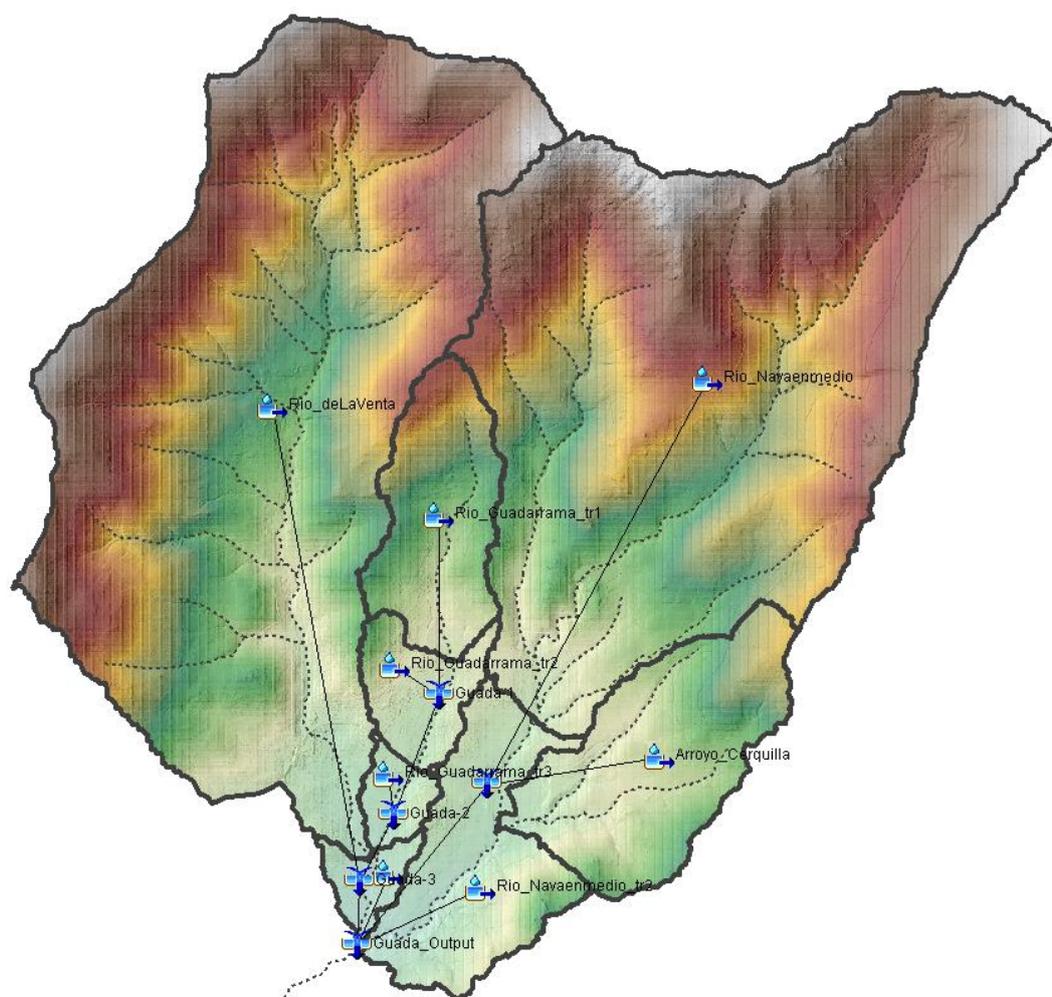


Figura 23. Modelo Hidrometeorológico HEC-HMS.

### 4.1. Precipitación

Para la distribución de la precipitación a lo largo del tiempo se aplican los Hietogramas sintéticos calculados en el apartado 2.3.3 del presente anejo.

## 4.2. Infiltración

Para la distribución de la precipitación a lo largo del tiempo se aplican los Hietogramas sintéticos calculados en el apartado 2.3.3 del presente anejo.

Las curvas del SCS se obtienen del nivel de escorrentía medio P0 de cada cuenca, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CN = \frac{5080}{P0 + 50.8}$$

| Cuenca             | P0 Corregido | CN    |
|--------------------|--------------|-------|
| Arroyo_Cerquilla   | 59.94        | 45.87 |
| Rio_de La Venta    | 64.11        | 44.21 |
| Rio_Guadarrama_tr1 | 58.61        | 46.43 |
| Rio_Guadarrama_tr2 | 25.08        | 66.95 |
| Rio_Guadarrama_tr3 | 34.50        | 59.56 |
| Rio_Guadarrama_tr4 | 46.54        | 52.19 |
| Rio_NAVALMEDIO     | 64.43        | 44.08 |
| Rio_NAVALMEDIO_tr2 | 40.20        | 55.83 |

## 4.3. Propagación

Una vez adoptado el Hidrograma unitario en el punto 2.3.5, hemos de determinar el tiempo de concentración para cada cuenca

| Cuenca             | Tc (min) | S (Km 2) |
|--------------------|----------|----------|
| Arroyo_Cerquilla   | 74.0     | 3.44     |
| Rio_de La Venta    | 90.6     | 18.77    |
| Rio_Guadarrama_tr1 | 35.3     | 2.26     |
| Rio_Guadarrama_tr2 | 33.8     | 1.00     |
| Rio_Guadarrama_tr3 | 30.0     | 0.44     |
| Rio_Guadarrama_tr4 | 34.0     | 0.43     |
| Rio_NAVALMEDIO     | 124.1    | 17.17    |
| Rio_NAVALMEDIO_tr2 | 77.6     | 2.71     |

Posteriormente se realiza la simulación para obtener los hidrogramas de avenida correspondientes a los periodos de retorno de 5, 100 y 500 años.

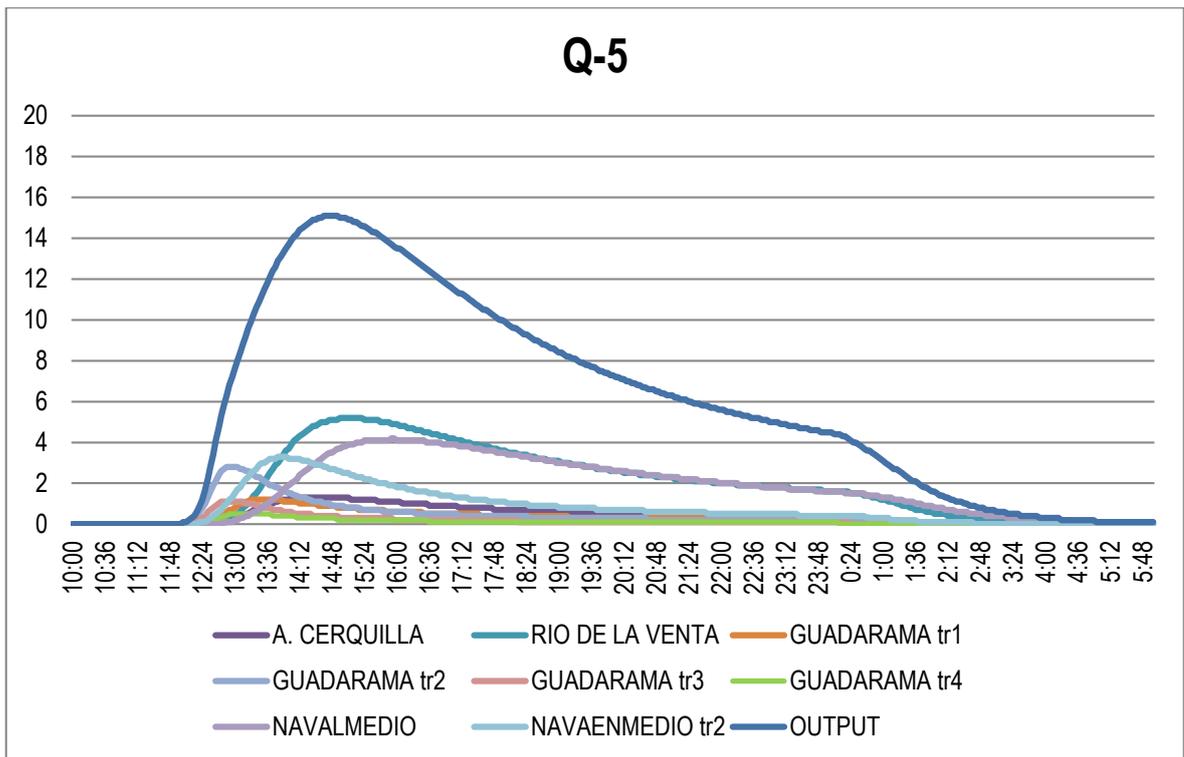


Figura 24. Hidrograma de Vertido para t= 5 años.

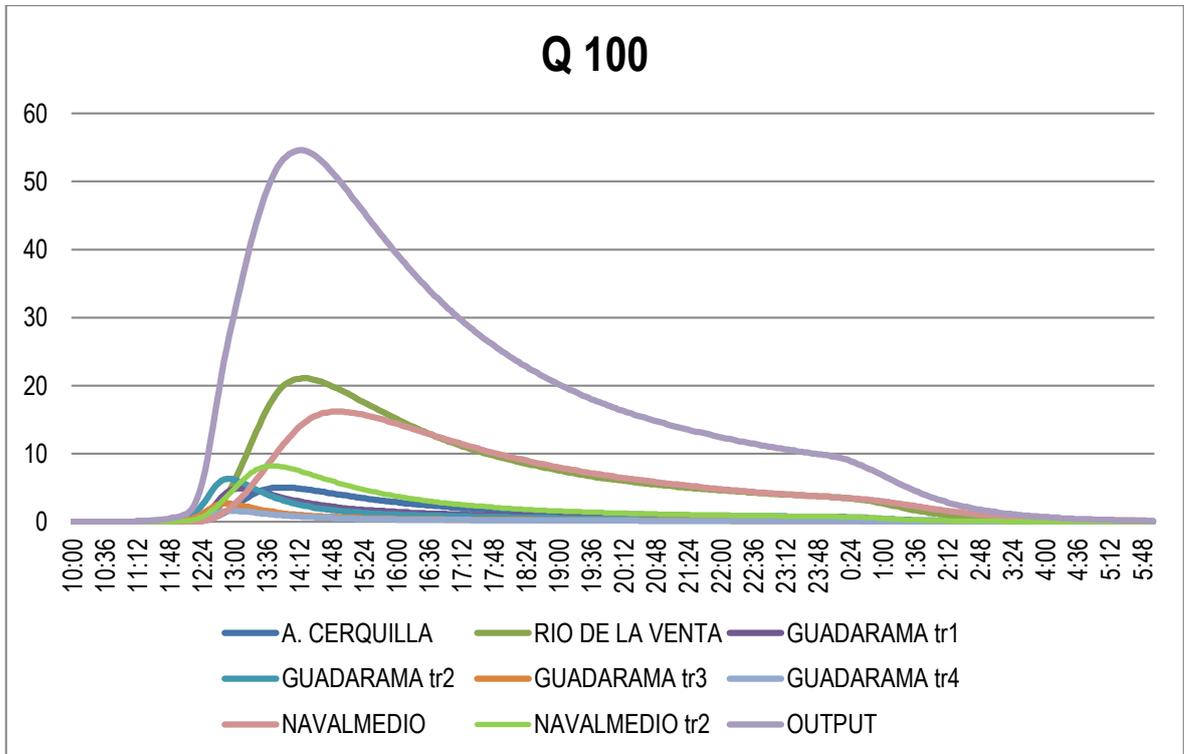


Figura 25. Hidrograma de Vertido para t= 100 años.

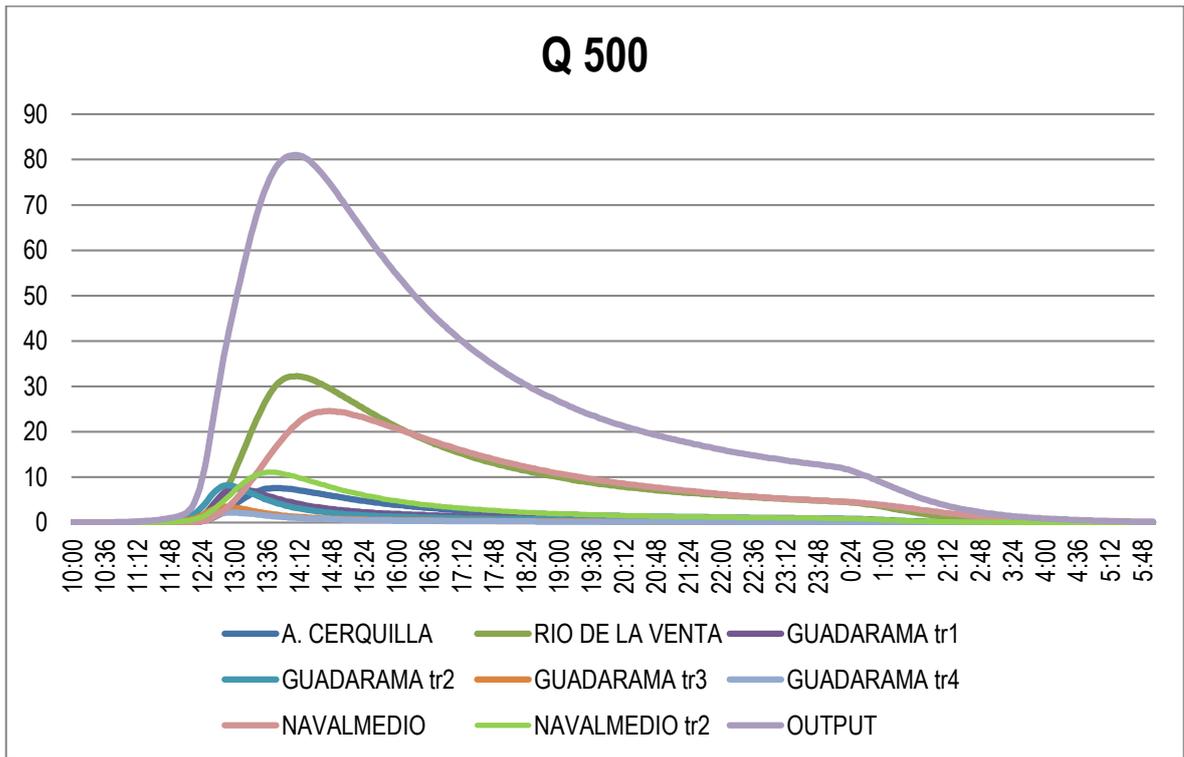


Figura 26. Hidrograma de Vertido para t= 500 años.

Capítulo 5. CAUDALES.

| Caudales Punta (m3/s) |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|
| Cuenca                | 5    | 100  | 500  |
| Arroyo_Cerquilla      | 1.3  | 5.0  | 7.6  |
| Rio_de La Venta       | 5.2  | 21.1 | 32.3 |
| Rio_Guadarrama_tr1    | 1.2  | 4.9  | 7.5  |
| Rio_Guadarrama_tr2    | 2.8  | 6.3  | 8.2  |
| Rio_Guadarrama_tr3    | 1.1  | 2.7  | 3.5  |
| Rio_Guadarrama_tr4    | 0.5  | 1.6  | 2.2  |
| Rio_NAVALMEDIO        | 4.2  | 16.2 | 24.6 |
| Rio_NAVALMEDIO_tr2    | 2.8  | 8.2  | 11.1 |
| Guadarrama_OUTPUT     | 15.1 | 54.6 | 81.0 |

Figura 27. Caudales punta.

Para la calibración de los resultados se contrastan los resultados a la salida de la cuenca (Guadarrama Output), con los publicados por el SNCZI en el siguiente estudio:

| Inventario de tramos con estudios |   |
|-----------------------------------|---|
| Identificador de tramo            | 21173-2   |
| Identificador de estudio          | 21173   |
| Tipo estudio                      | DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO  |
| Cauce                             | RÍO GUADARRAMA  |
| Estudio                           | 3M061 - Río Guadarrama, desde su nacimiento hasta el límite de la provincia de Madrid   |
| Documento                         | ESTUDIO Y DELIMITACIÓN DEL D.P.H. Y ZONAS INUNDABLES DEL TRAMO DEL RÍO GUADARRAMA Y OTROS CAUCES EN VARIOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE LA PROVINCIA DE MADRID |
| Organismo                         | MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO   |
| Fecha documento                   | 01/12/2009  |
| Escala representación             | 1:1000  |
| Precisión                         | 1:1000  |
| Clave expediente                  | 03.803-333/0411   |
| ¿Zonas disponibles en visor?      | SI  |
| Observaciones                     |   |
| Provincia tramo                   | Madrid  |
| Comunidad Autónoma                | Comunidad de Madrid   |
| Demarcación                       | TAJO  |

Obteniéndose los siguientes resultados:

| SNCZI                                 | Q (m3/s) (Actual) |        |        |
|---------------------------------------|-------------------|--------|--------|
|                                       | 5                 | 100    | 500    |
| Guadarrama Output                     | 15.100            | 54.600 | 81.000 |
| GUADARRAMA ( ES030-13-04.2-02 ) SNCZI | 11.290            | 47.350 | 65.740 |

Como puede Observarse, los valores obtenidos, aunque ligeramente superiores a los publicados por el organismo de cuenca, mantienen el mismo orden de magnitud, por lo que se consideran adecuados para los cálculos hidráulicos.



## ANEJO Nº2 CÁLCULOS HIDRÁULICOS



# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| TÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....                                     | 1  |
| TÍTULO II. MODELO HIDRÁULICO .....                               | 2  |
| <b>Capítulo 1. Iber</b> .....                                    | 3  |
| <b>Capítulo 2. Modelo Digital del Terreno</b> .....              | 6  |
| <b>Capítulo 3. Parámetros de Iber</b> .....                      | 8  |
| 3.1. Condiciones de Contorno: .....                              | 10 |
| 3.2. Estructuras (Culverts).....                                 | 11 |
| <b>Capítulo 4. Postproceso y exportación de resultados</b> ..... | 14 |
| TÍTULO III. DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO PROBABLE .....            | 15 |
| <b>Capítulo 1. Máxima Crecida Ordinaria</b> .....                | 17 |
| TÍTULO IV. ZONA DE FLUJO PREFERENTE .....                        | 19 |
| TÍTULO V. ZONA INUNDABLE .....                                   | 22 |

## Título I. INTRODUCCIÓN

A partir de los caudales obtenidos anteriormente en el Estudio Hidrológico, se procede a continuación a efectuar los correspondientes cálculos hidráulicos.

Para llevar a cabo el estudio, y derivado de la topografía de la zona y la geomorfología fluvial, se escoge un modelo bidimensional, ya que es posible el desbordamiento de los cauces y resulta necesario conocer el comportamiento del flujo en esa situación.

Se ha realizado una simulación hidráulica bidimensional para los tres periodos de retorno correspondientes a 5, 100 y 500 años, para lo que se ha utilizado el modelo numérico de simulación "Iber".

## Título II. MODELO HIDRÁULICO

## Capítulo 1. IBER

Para la modelación hidráulica bidimensional se elige la utilización del programa Iber, el cual es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no-permanente y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. La interfaz de Iber está basada en GID ([www.gidhome.com](http://www.gidhome.com)), el software de Pre-proceso y Post-proceso desarrollado por el CIMNE (Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería). El programa surge para poder disponer de una herramienta con la cual realizar simulaciones hidráulicas que faciliten la aplicación de la legislación española.

Los campos de aplicación de Iber son:

- Simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales.
- Evaluación de zonas inundables. Cálculo de las zonas de flujo preferente.
- Cálculo hidráulico de encauzamientos.
- Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre.
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios.
- Estabilidad de los sedimentos del lecho.
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular.

El modelo Iber consta de 3 módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Todos los módulos trabajan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares o cuadriláteros.

El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad bidimensionales, también conocidas como ecuaciones de Saint Venant 2D. Dichas ecuaciones asumen las siguientes hipótesis:

- Distribución de presión hidrostática
- Distribución uniforme de velocidad en profundidad

La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios y zonas costeras.

La hipótesis de distribución uniforme de velocidad en profundidad se cumple de forma habitual en ríos y estuarios, siempre y cuando no existan procesos relevantes de estratificación debido a diferencias de salinidad, de temperatura o al viento.

En la actualidad, los modelos numéricos basados en las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad bidimensionales son los más utilizados en estudios de evaluación de zonas inundables, dinámica fluvial, corrientes de marea, transporte de sedimentos y calidad de aguas.

El hecho esencial en los modelos llamados de aguas poco profundas, es que el grosor de la capa de fluido es pequeño comparado con la escala longitudinal horizontal.

El **módulo hidrodinámico** de Iber tiene la capacidad de considerar los siguientes procesos:

- Flujo no estacionario en régimen rápido y en régimen lento
- Formación de resaltos hidráulicos no estacionarios
- Fricción de fondo según formulación de Manning
- Frentes de inundación no estacionarios
- Tensiones turbulentas calculadas según diversos modelos de turbulencia: Viscosidad turbulenta constante, Modelo parabólico, Modelo de longitud de mezcla, Modelo k-e
- Variación temporal de la cota del fondo debido a transporte de sedimentos
- Condiciones de contorno abierto tipo: Hidrograma (entrada / salida), Marea, Vertido crítico, Vertedero, Curva de gasto
- Condiciones de contorno tipo pared: Deslizamiento libre, Fricción de pared según ley logarítmica
- Condiciones de contorno internas: Puentes (coeficiente de pérdida de carga / coeficiente de arrastre), Vertedero, Compuerta, Muro / Dique encauzamiento.
- Infiltración según las formulaciones de Green-Ampt, Horton, Lineal
- Rozamiento superficial por viento según formulación de Van Dorn
- Salida de resultados de Riesgo según RDPH
- Utilidades para el cálculo de la zona de flujo preferente según RDPH

El entorno Iber consta de una interfaz amigable que resulta sencilla de manejar. Incluye módulos de preproceso de datos y postproceso de resultados basados en el sistema GID, y ambos módulos son compatibles con entornos SIG, con la facilidad de importado y exportado de datos que ello conlleva.

En el preproceso se introducen los datos, manejando dos conceptos; el de la introducción de geometría y mallado con las condiciones de contorno oportunas.

La introducción de la geometría consiste en introducir en el modelo una representación más o menos idealizada del problema a estudiar. Se crea y se edita el modelo y se le asignan las condiciones de contorno y propiedades.

Una vez realizado esto, ha de mallarse la superficie. Se efectúa por tanto una discretización del modelo generado a partir de la geometría. Se crea y edita una malla que recoge las características de la geometría. Sobre esta malla se realiza el cálculo.

El postproceso es el proceso posterior al cálculo numérico, y que nos permite volcar los resultados que necesitemos de manera gráfica y muy visual, además de permitirnos obtener resultados numéricos en puntos concretos para poder analizar que está ocurriendo realmente.

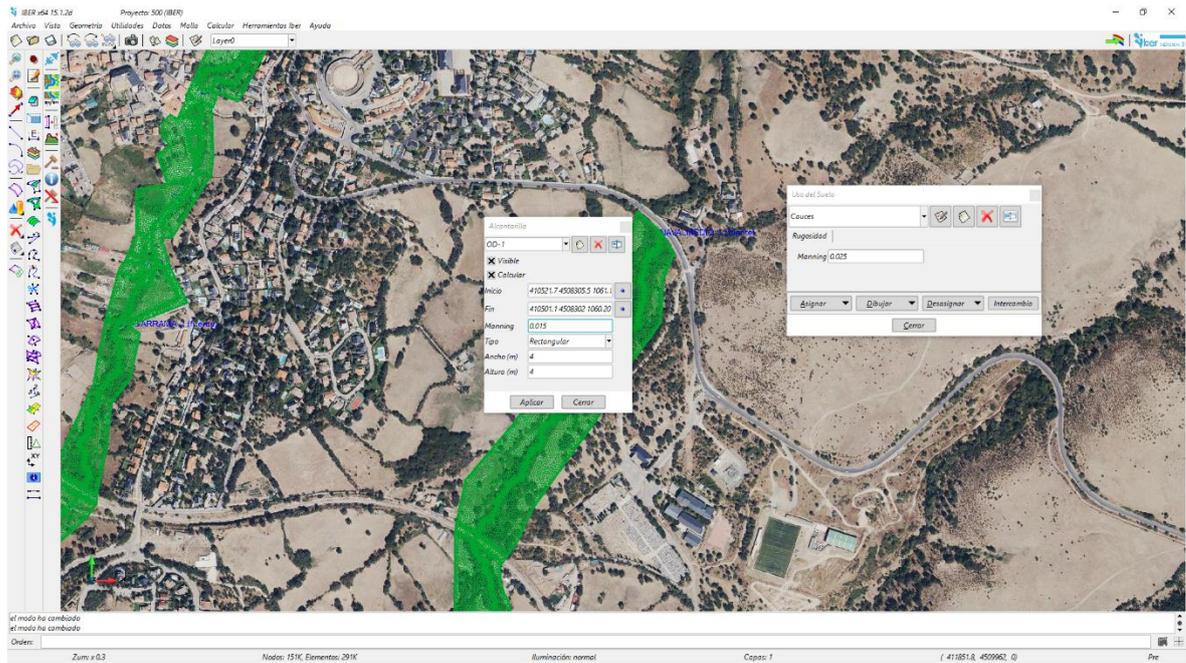


Figura 1. Interfaz del programa Iber

## Capítulo 2. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

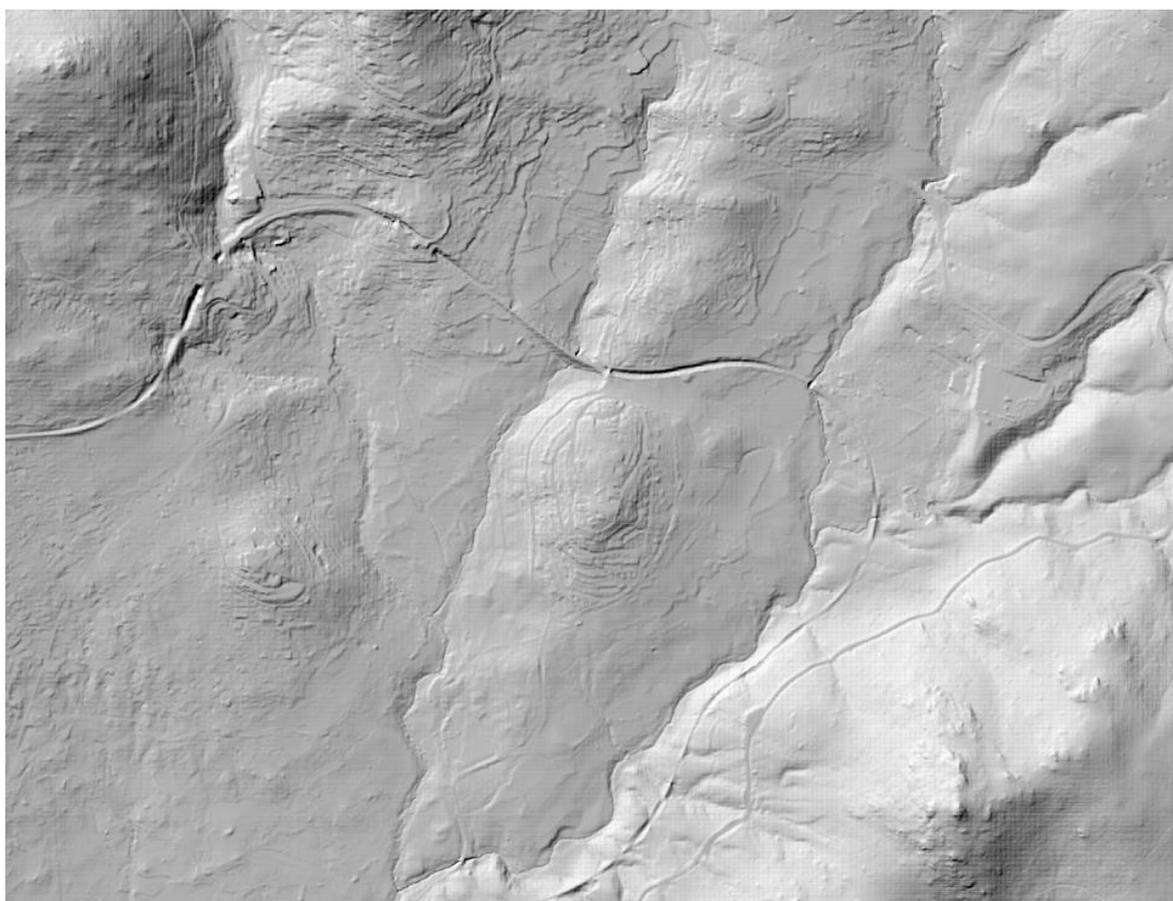
La cartografía utilizada en un estudio de Inundabilidad resulta un parámetro fundamental que va a condicionar la calidad final de los resultados del mismo.

En el presente punto se definen las principales características de la cartografía empleada, así como su tratamiento para la generación de los modelos digitales del terreno y datos de entrada a los modelos hidráulicos, de manera que los resultados de los mismos sean acordes con la escala de trabajo.

La cartografía que se ha tomado como punto de partida es un Modelo de Elevación Digital LIDAR, con tamaño de celda de 1 x 1 metro, lo que va a proporcionar una buena exactitud en los cálculos.

El sistema de referencia planimétrico es ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989).

El primer paso en el procesamiento es el recorte del MDT al ámbito en el que se va a efectuar el estudio bidimensional, es decir, a la zona ocupada por escorrentía en las proximidades del área de estudio. En la siguiente imagen se muestra el MDT así obtenido:



*Figura 2.* MDT utilizado en el cálculo.

A continuación, el MDT se corrige para poder ser usado en IBER, en este sentido se han llevado a cabo los siguientes trabajos:

- Eliminación de depresiones y huecos en los solapes.
- Eliminación de puentes.
- Incorporación de obras de drenaje y tramos soterrados.
- Horadar cauces e inclusión de líneas de rotura.

### Capítulo 3. PARÁMETROS DE IBER

A continuación, se definen los parámetros empleados en Iber para la realización de la simulación hidráulica.

- **Cotas:** MDT Lidar con celdas de 1 x 1 metros.
- **Mallado:** No estructurado con lado mínimo 1m y máximo 4 m.



Figura 3. Mallado usado en el cálculo.

- **Datos del problema, Tiempos de cálculo:**
  - Instante inicial: 43.200 seg (12:00 h). Inicio del Hidrograma.
  - Instante final: 86.400 seg (00:00 h). Fase de declive del hidrograma.
  - Intervalo de resultados: 300 seg.(5 min)

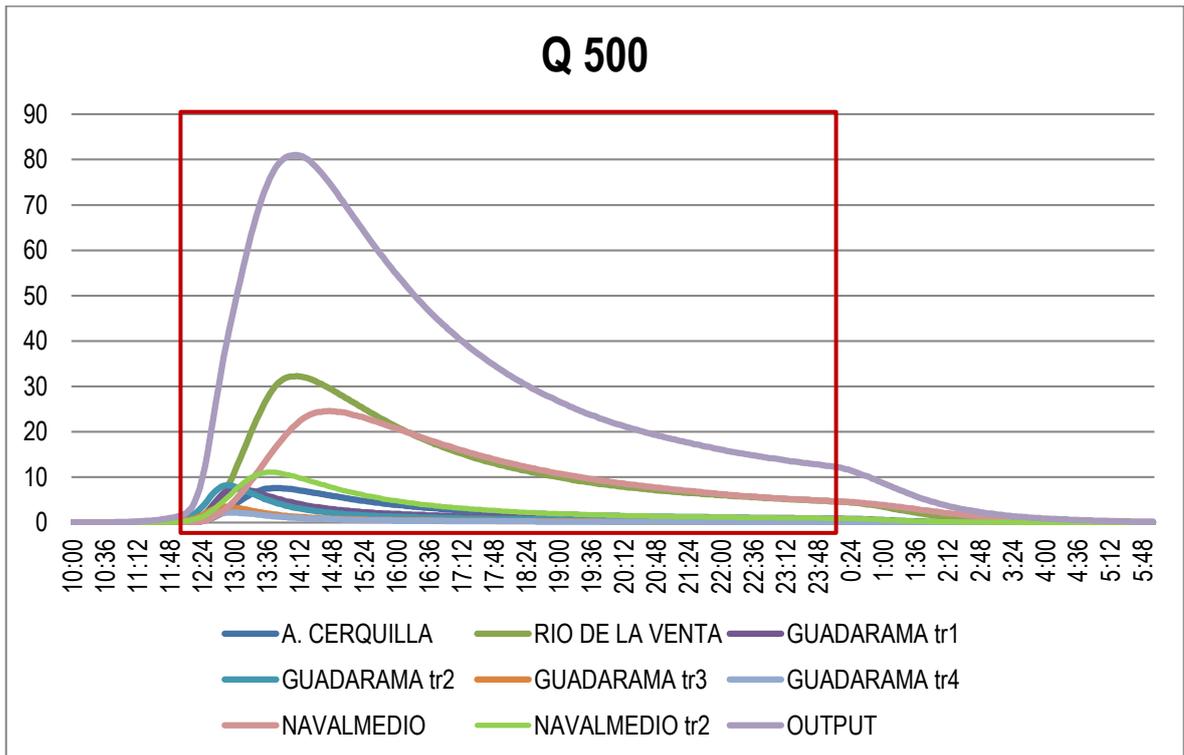
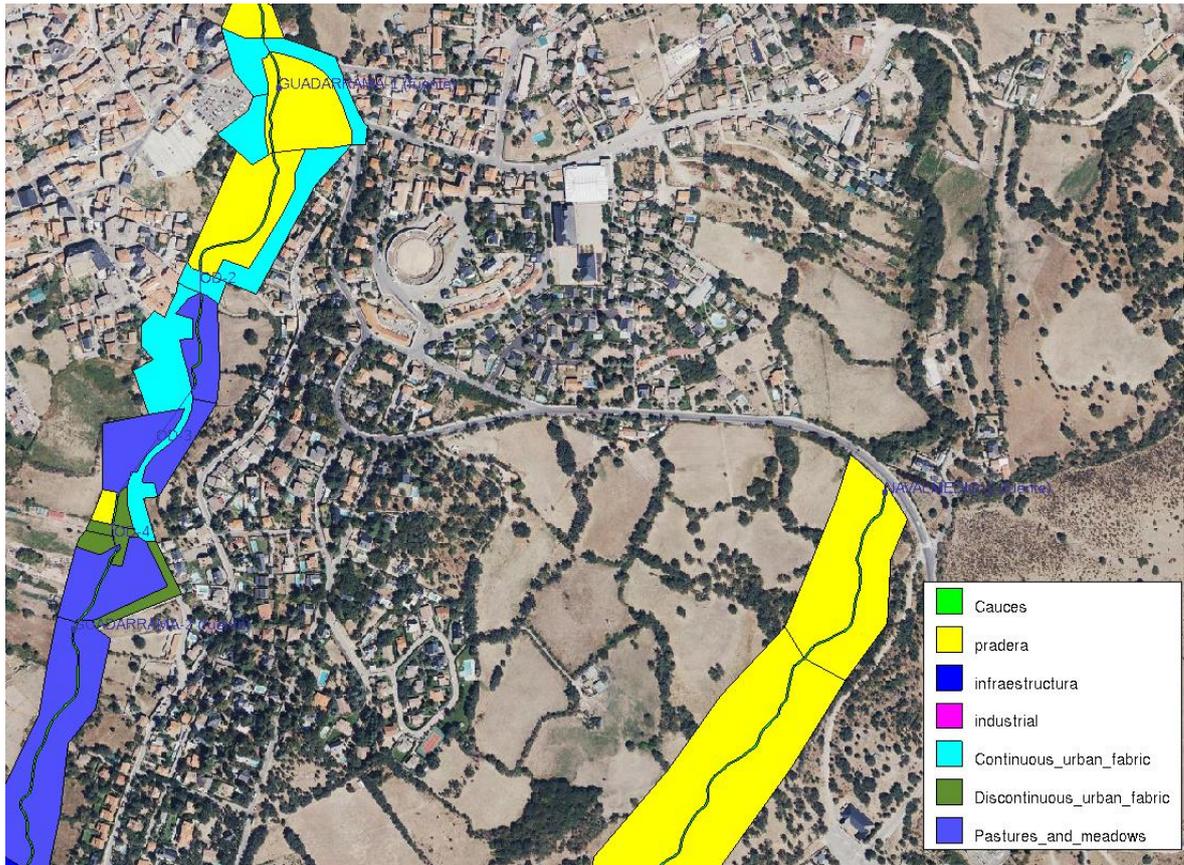


Figura 4. Parámetros de tiempo utilizados en la simulación

- Rugosidad:** A partir de la información de los usos del suelo, se creó una capa a la que se le ha asignado un coeficiente de rugosidad, tomando como criterio la tabla del anejo V de la “Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables”, también se han tenido en cuenta los valores indicados por el organismo de cuenca. se han tenido en cuenta los valores de rugosidad

| USO                | Mnng  |
|--------------------|-------|
| Cauces Naturales   | 0.025 |
| Cultivos           | 0.040 |
| Industrial         | 0.100 |
| Red Viaria         | 0.100 |
| Pastizales         | 0.045 |
| Urbano Discontinuo | 0.090 |
| Matorral           | 0.060 |
| Urbano Continuo    | 0.100 |
| ODT Hormigón       | 0.015 |
| ODT-Piedra         | 0.025 |



### 3.1. Condiciones de Contorno:

#### 3.1.1. Entrada de caudal

Para cada arroyo estudiado se introduce el Hidrograma obtenido para el periodo de retorno correspondiente (5, 100 y 500 años), según el esquema de la página siguiente:

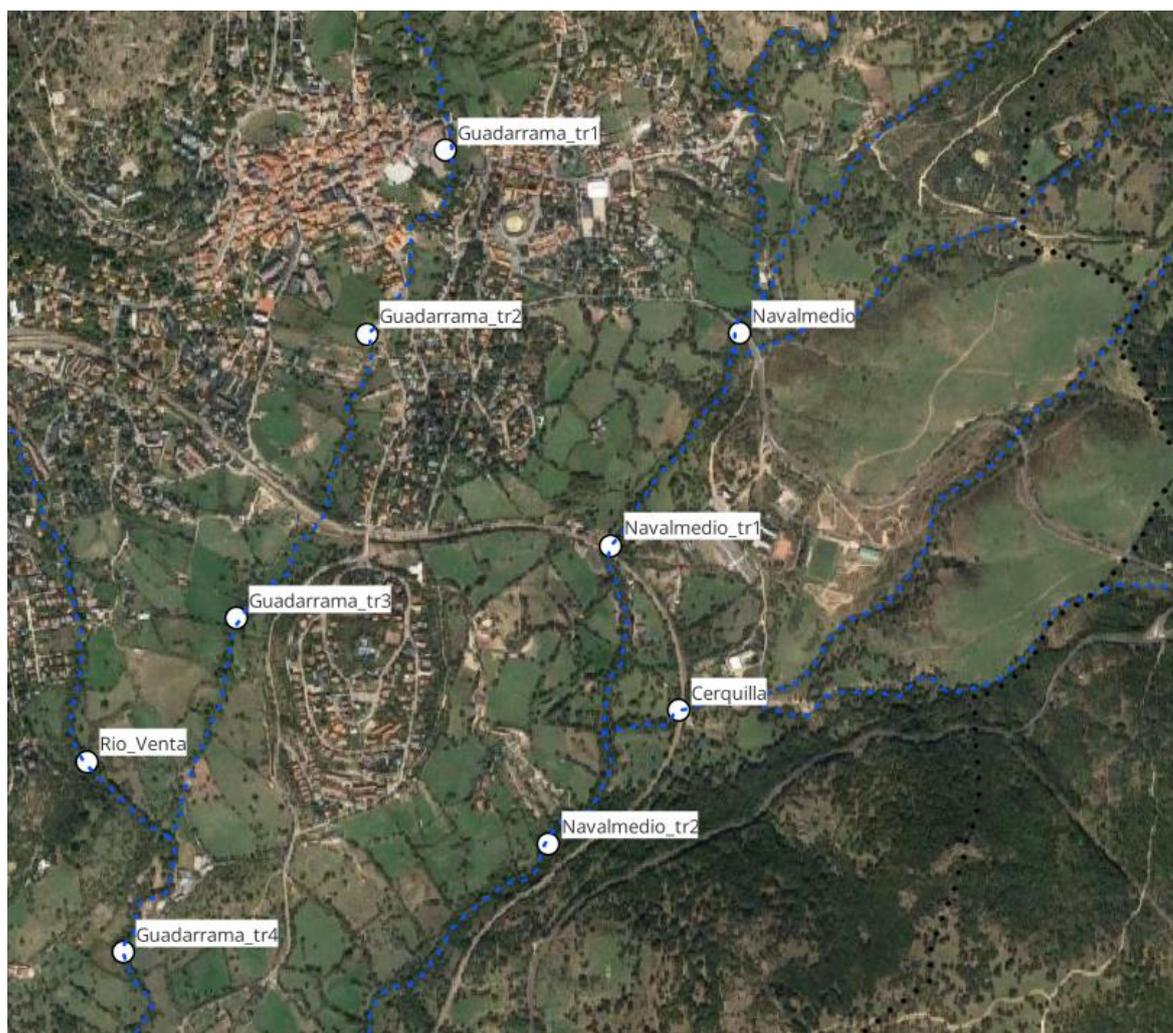


Figura 6. Entradas de caudales

### 3.1.2. Salida de caudales

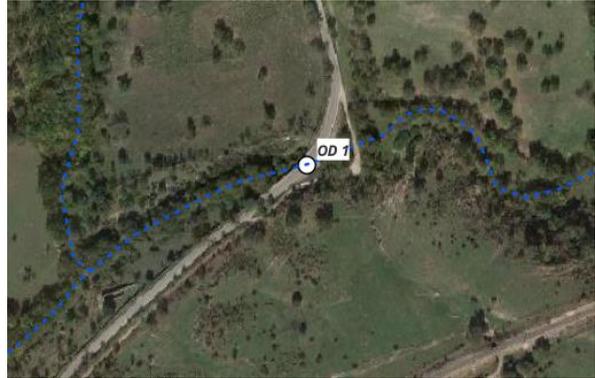
Para todos los arroyos se ha considerado un régimen crítico.

### 3.2. Estructuras (Culverts)

Para conseguir un modelo hidráulico correcto y acorde a la realidad, se han introducido en Iber las siguientes obras de paso:

### 3.2.1. Río Navalmedio

1. Obra de paso bajo el Camino Viejo del Escorial. Se introduce como un cajón de 3 x 4 m.

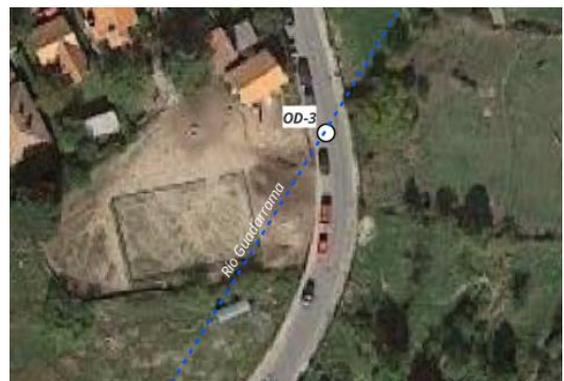


### 3.2.2. Río Guadarrama

2. Obra de paso bajo Travesía Arroyo. Se introduce como un cajón de escollera de 2 x 1.5 m.



3. Obra de paso bajo la Calle del Arroyo. Se introduce como un tucó de hormigón de 1.5 m.



4. Obra de paso bajo la Calle del Arroyo. Se introduce como caño de escollera de 1.5 x 2 m



5. Obra de paso bajo FFCC. Se introduce como caño de escollera de 3 x 3 m



## Capítulo 4. POSTPROCESO Y EXPORTACIÓN DE RESULTADOS.

Se han realizado tres simulaciones independientes, correspondientes a los periodos de retorno de 5, 100 y 500 años.

Los resultados se exportan en forma de capas Raster donde se representan las envolventes de calados y velocidades. A partir de estos ficheros se generan el resto de planos que acompañan a este documento.

## Título III. DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO PROBABLE

De acuerdo al texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, pertenecen al dominio público hidráulico (DPH) los cauces de corrientes naturales continuos o discontinuos. Estos cauces o álveos están protegidos por una franja lateral de 5 m de anchura, que se denomina zona de servidumbre, y una franja de 100 metros de zona de policía.

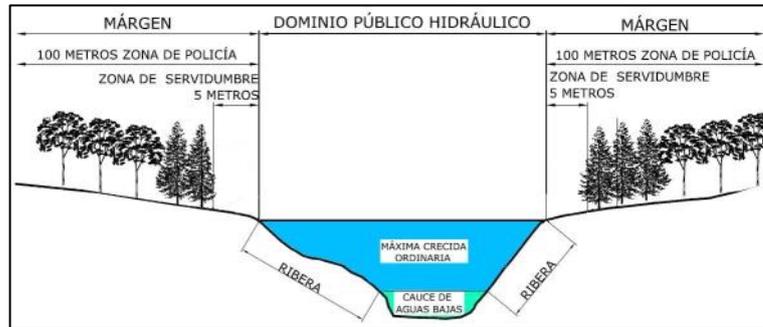


Figura 7. Esquema del DPH.

En una imagen tomada del visor de SNCZI puede verse que, en el término municipal de Cercedilla de Madrid, ya se encuentra delimitado el DPH en un tramo del Río de la Venta, y en el Río Guadarrama aguas debajo de la confluencia con el Río Navalmedio.

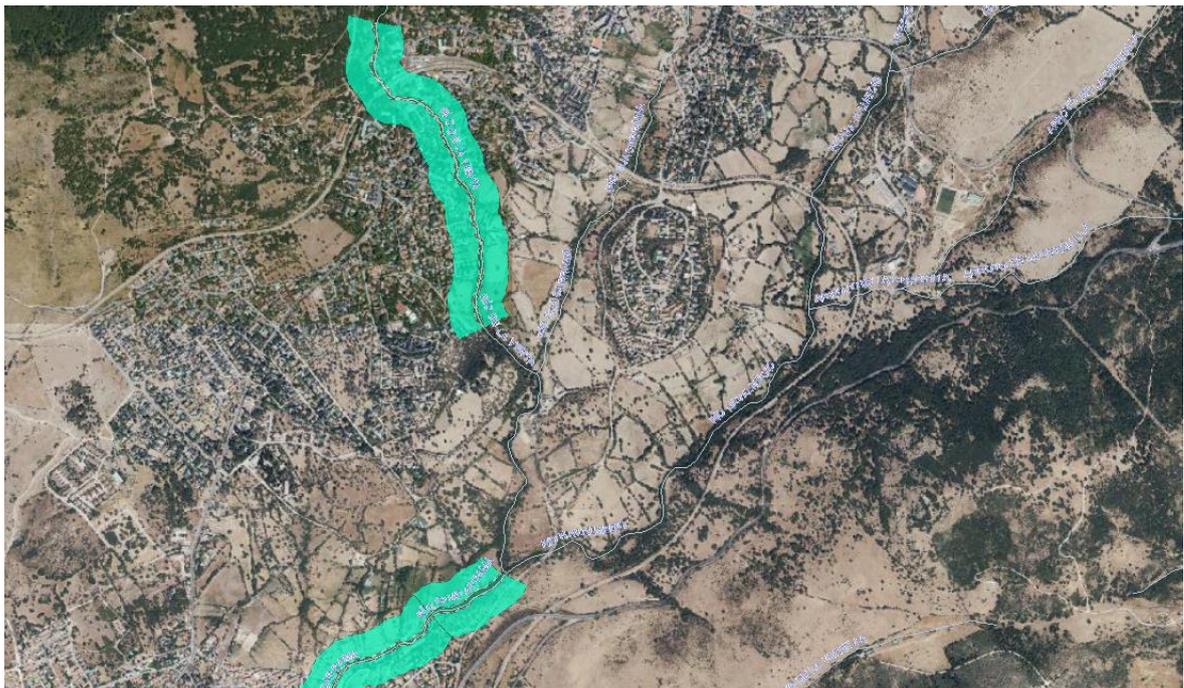


Figura 8. Visor SNCZI

## Capítulo 1. MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA

Para establecer un primer trazado aproximado en planta del Dominio Público Hidráulico, se ha de calcular la máxima crecida ordinaria (MCO), definida como la media de los máximos caudales en su régimen natural, producidos durante 10 años consecutivos, que sean representativos del comportamiento de la corriente.

El límite así obtenido, debe ser considerado como límite inferior, ya que para llegar al deslinde definitivo del DPH, aparte de los métodos hidrológicos aquí descritos, han de utilizarse criterios fluviomorfológicos, medioambientales y sociales.

Según la publicación del CEDEX “Aspectos prácticos de la definición de la Máxima Crecida Ordinaria” el periodo de retorno de la máxima crecida ordinaria (TMCO) se obtiene según la expresión

$$TMCO C_v = 5.$$

Siendo  $C_v$  el coeficiente de variación de la distribución de máximos caudales anuales. La zona de estudio tiene asignado un valor regional estadístico de 0,79, por lo que el periodo de retorno de la máxima crecida ordinaria sería, siguiendo el criterio del CEDEX, de 4 años.

No obstante, para la obtención del caudal que define la máxima crecida ordinaria se considerará un periodo de retorno **más conservador de 5 años**.

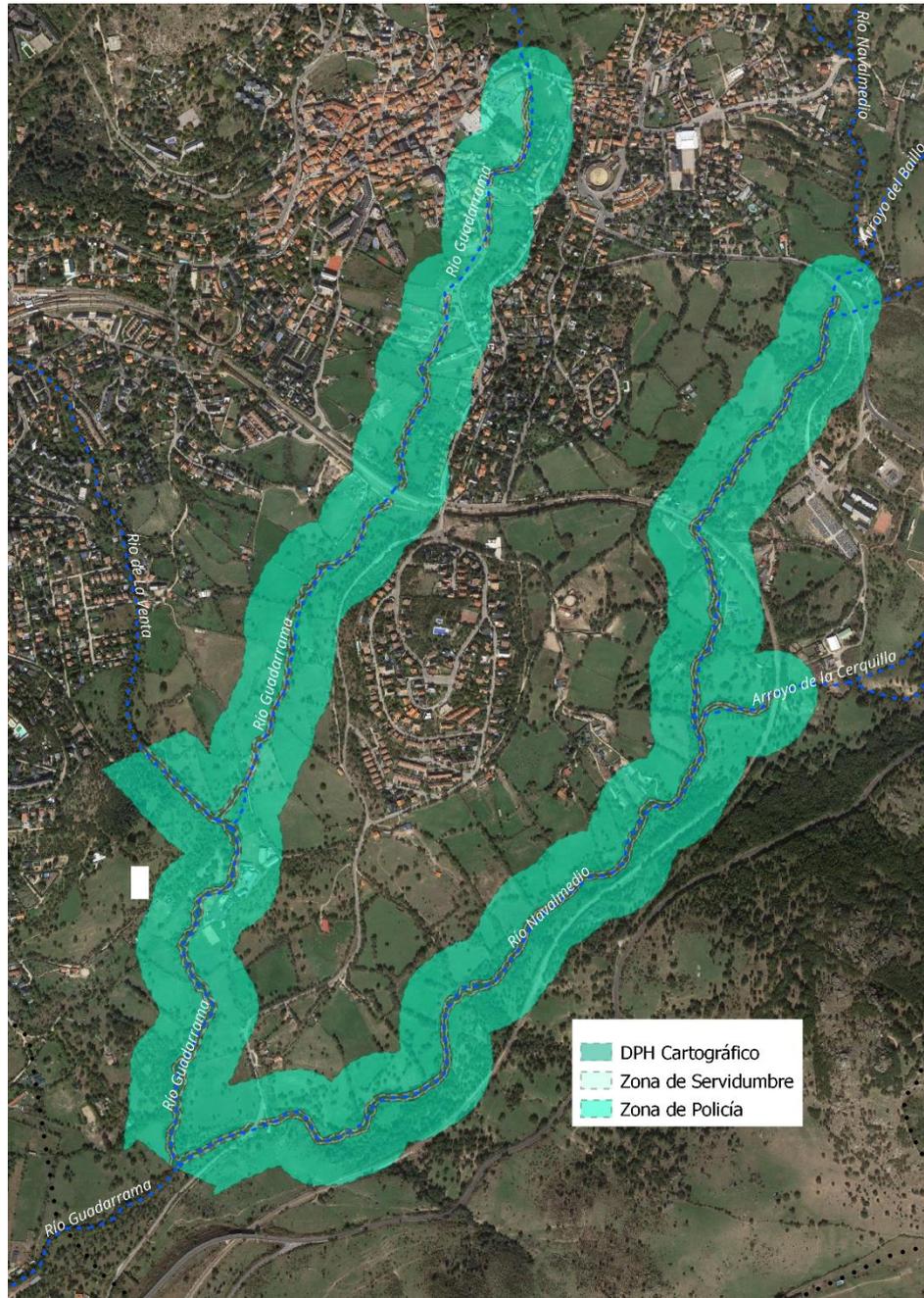


Figura 9. DPH Cartográfico o Probable.

## Título IV. ZONA DE FLUJO PREFERENTE.

La modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico efectuada a través del Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, introdujo los siguientes conceptos en la zonificación de los espacios fluviales:

**Zona de inundación peligrosa (ZIP):** Zona en la que se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- Que el calado sea superior a 1 m.
- Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
- Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s.

**Vía de intenso desagüe (VID):** Zona por la que pasaría la avenida de **100 años** de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. El cálculo de la VID requiere una simulación independiente, con cálculos reiterativos hasta conseguir que se cumpla la condición de que la diferencia de los calados máximos sea igual a 0,30 m.

**Zona de flujo preferente (ZFP):** Constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, denominada vía de intenso desagüe, con la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, definida como zona de inundación peligrosa o zona de graves daños; definiendo su límite exterior la envolvente de ambas zonas.

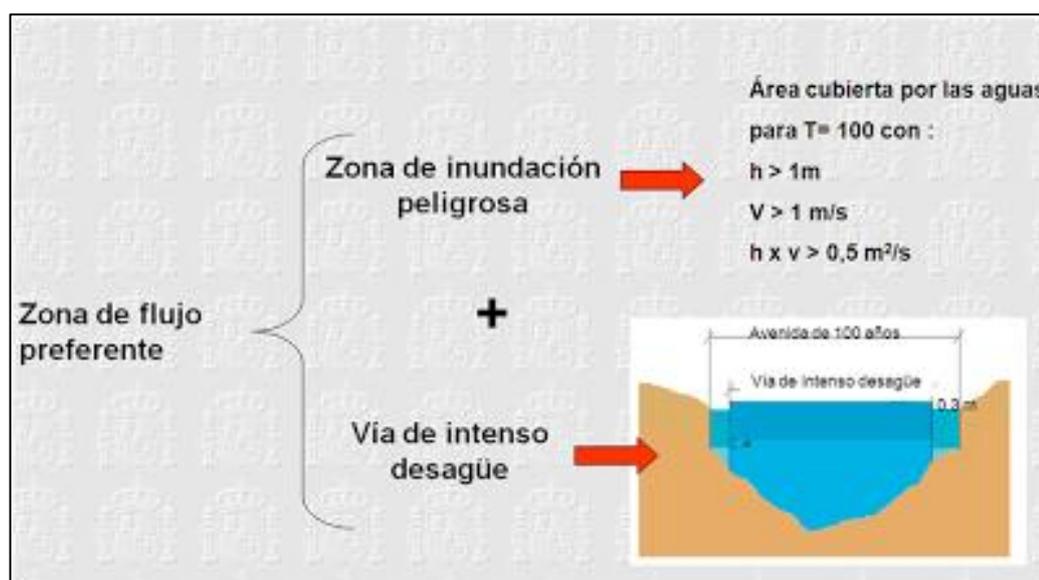


Figura 10. Esquema del cálculo de la zona de flujo preferente.

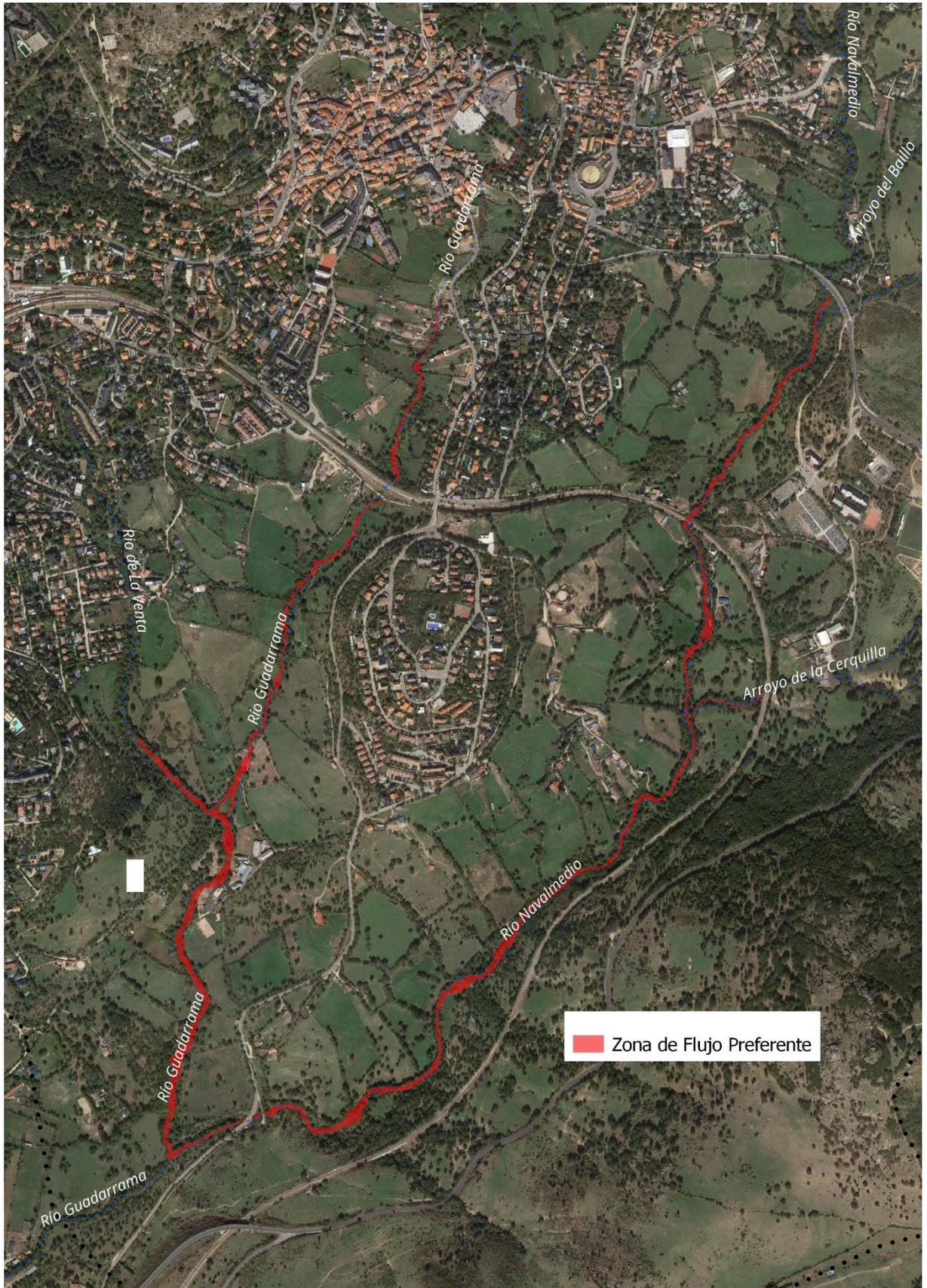


Figura 11. ZFP

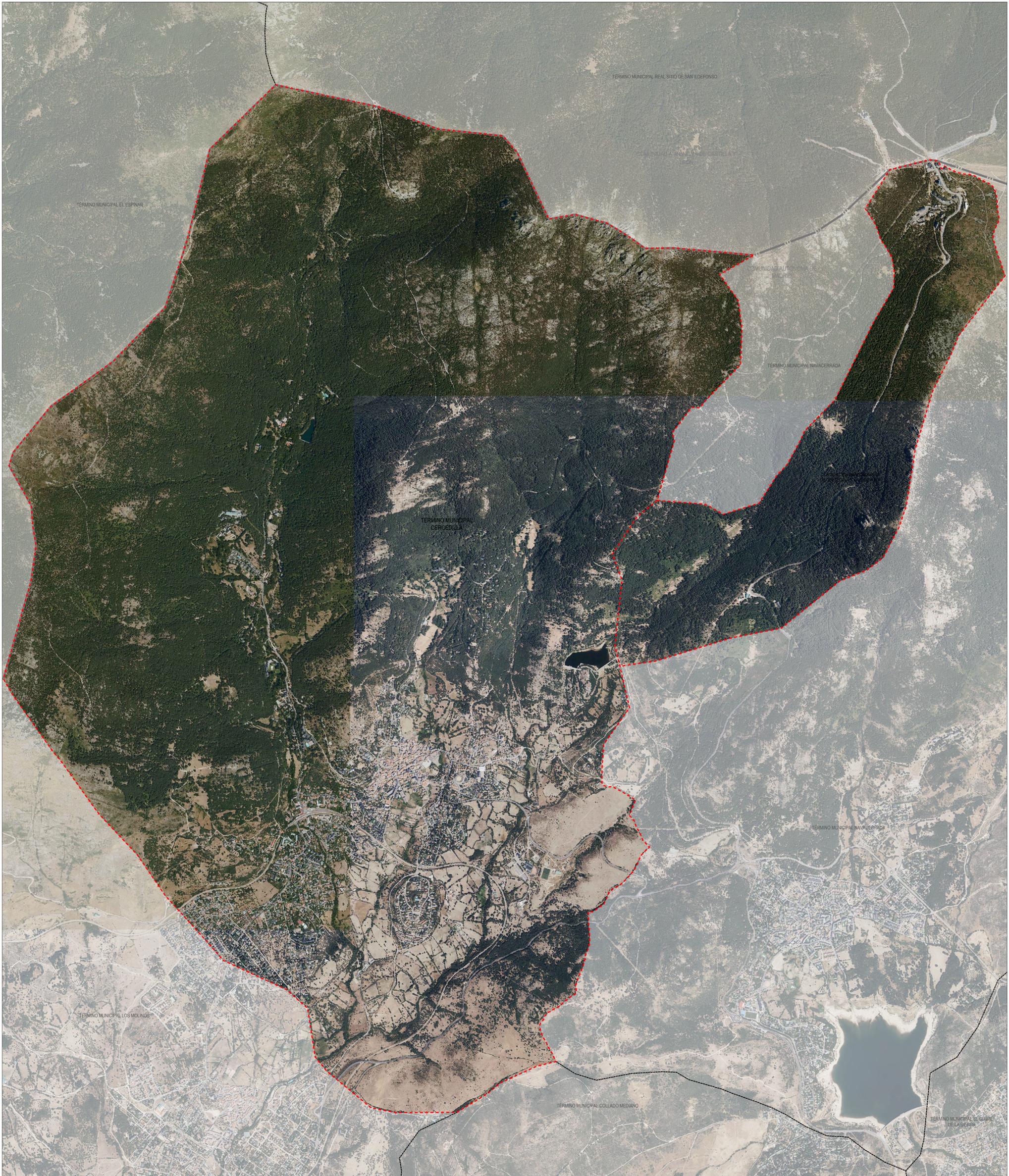
## Título V. ZONA INUNDABLE



## Título VII. PLANOS

| Nº PLANO | ESCALA   | TÍTULO DEL PLANO                         |
|----------|----------|--|
| EH-01    | 1:15.000 | Situación y emplazamiento.               |
| EH-02    | 1:15.000 | Clasificación del Suelo.                 |
| EH-03    | 1:5.000  | Zona Inundable (T = 500).                |
| EH-04    | 1:5.000  | Dominio público hidráulico cartográfico. |
| EH-05    | 1:5.000  | Zona de flujo preferente.                |

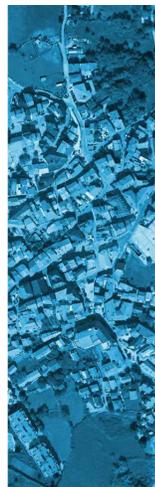




ORTOFOTOGRAFÍA

- - - - - Límite de la Comunidad Autónoma  
 - - - - - Límite de Término Municipal de Cercedilla  
 - - - - - Límite de Término Municipal

— Municipios de la Comunidad de Madrid  
 ■ Zona Sierra Central  
 ■ Municipio de Cercedilla  
 ■ Municipio de Madrid



PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE CERCEDILLA (MADRID)

DOCUMENTO DE AVANCE

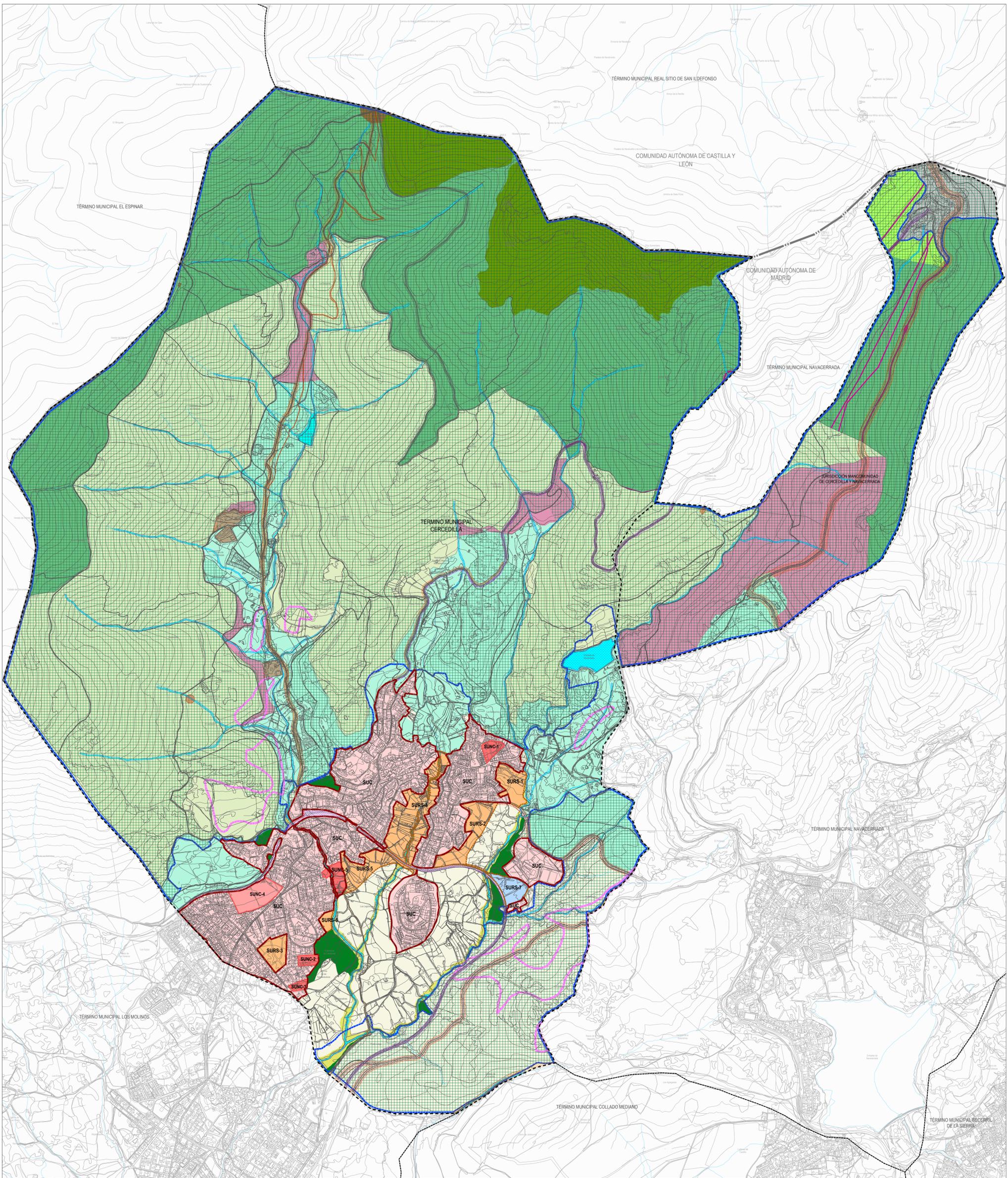
EH-01

OCTUBRE 2024

E 1:15.000

Situación y Emplazamiento

Promotor: AYUNTAMIENTO DE CERCEDILLA  
 Equipo Redactor: omicron ingeniería  
 Dirección Técnica (Redactores):  
 Magdalena Barreales Ingeniero de C.C.P.  
 Rubén Fernández Arquitecto  
 Pedro Taramón Arquitecto



**CLASIFICACIÓN Y CATEGORÍA DEL SUELO**

| SUELO URBANO (SU) |   |
|-------------------|---|
|                   | SU Límite del Suelo Urbano                      |
|                   | SUC Suelo Urbano Consolidado                    |
|                   | SUNC(R) Suelo Urbano No Consolidado Residencial |
|                   | SUNC(D) Suelo Urbano No Consolidado Dotacional  |

| SUELO URBANIZABLE (SUR) |  |
|-------------------------|--|
|                         | SURS (R) Suelo Urbanizable Sectorizado Residencial                 |
|                         | SURS (M) Suelo Urbanizable Sectorizado Mixto (Terciano-Industrial) |

| SUELO URBANO |              |  |
|--------------|--------------|--|
|              | SNUP-E-ZUR-A | Parque Nacional. Zona de Uso Restringido A                       |
|              | SNUP-E-ZUR-B | Parque Nacional. Zona de Uso Restringido B                       |
|              | SNUP-E-ZUR-C | Parque Nacional. Zona de Uso Restringido C                       |
|              | SNUP-E-ZUM-B | Parque Nacional. Zona de Uso Moderado B                          |
|              | SNUP-E-ZUE   | Parque Nacional. Zona de Uso Especial                            |
|              | SNUP-E-A2    | Parque Regional. Reserva Natural Educativa. Zona A2              |
|              | SNUP-E-ZCMUT | PORN. Zona de Conservación y Mantenimiento de usos tradicionales |
|              | SNUP-E-ZAORN | PORN. Zona de Aprovechamiento Ordenado de los Recursos Naturales |
|              | SNUP-E-ZT    | PORN. Zona de Transición   |

| SUELO NO URBANIZABLE DE PROTECCIÓN PRESERVADO (SNUP-PP) |             |                         |
|---|-------------|-------------------------|
|   | SNUP-PP-BR  | Bosques de Ribera       |
|   | SNUP-PP-PAI | Protección Paisajística |

|  |            |  |
|--|------------|--|
|  | SNUP-E-ZE  | PORN. Zona Especial  |
|  | SNUP-E-MUP | Montes de Utilidad Pública                                     |
|  | SNUP-E-M   | Montes Preservados   |
|  | SNUP-E-Z   | ZEC. Zona Especial de Conservación "Cuenca del río Guadarrama" |
|  | SNUP-E-CR  | Cauces y Riberas   |
|  | SNUP-E-VP  | Vías Pecuarias   |
|  | SNUP-E-CU  | Cultural   |
|  | SNUP-E-CA  | Carreteras   |
|  | SNUP-E-FE  | Ferrocarriles  |

| OTRAS DELIMITACIONES |   |  |
|----------------------|---|--|
|                      | Límite de la Comunidad Autónoma           |  |
|                      | Límite de Término Municipal de Cercedilla |  |
|                      | Límite de Término Municipal               |  |

**PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE CERCEDILLA (MADRID)**

DOCUMENTO DE AVANCE

**EH-02**

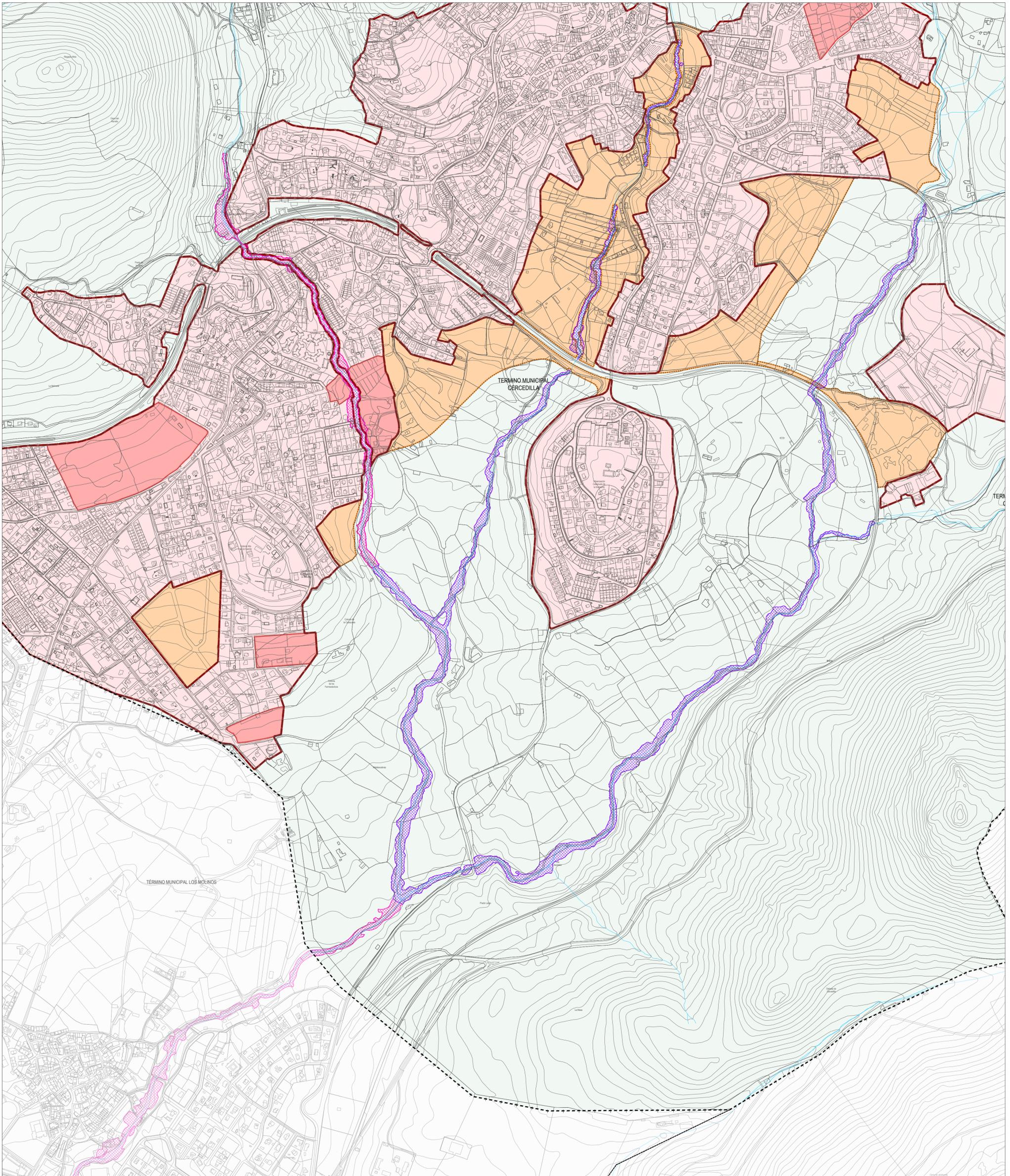
OCTUBRE 2024 E 1:15.000

**Clasificación del Suelo**

Promotor: AYUNTAMIENTO DE CERCEDILLA

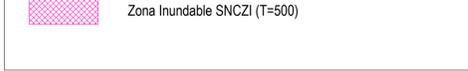
Equipo Redactor: cominercio

Dirección Técnica (Redactores): Magdalena Barnates Ingeniero de C.C.P. Rubén Fernández Arquitecto Pedro Tarazon Arquitecto

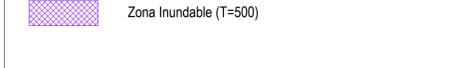


**ZONA INUNDABLE**

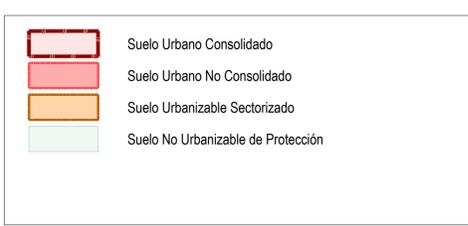
SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES (SNCZI)



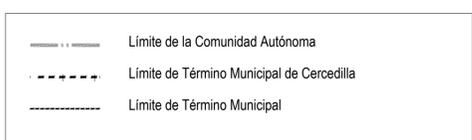
CÁLCULO AVANCE DEL PGOU



**CLASIFICACIÓN DE SUELO**



**OTRAS DELIMITACIONES**



**PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE CERCEDILLA (MADRID)**

DOCUMENTO DE AVANCE

**EH-03**

OCTUBRE 2024

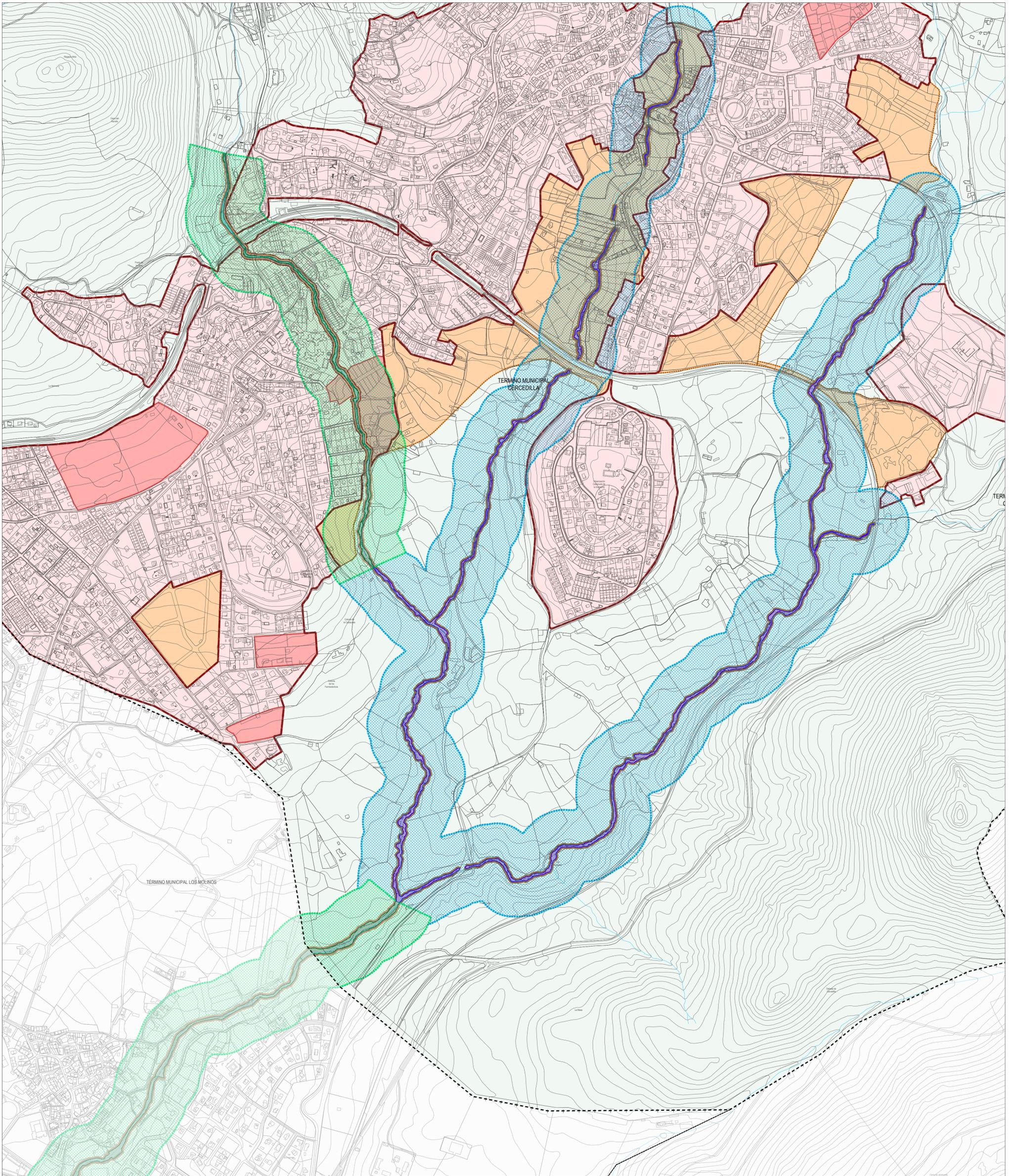
E 1:5.000

**Zona Inundable. T= 500**

Promotor: AYUNTAMIENTO DE CERCEDILLA

Equipo Redactor: Omicron Ingeniería

Dirección Técnica (Redactores): Magdalena Barrios Ingeniero de C.C.P. Rubén Fernández Arquitecto Pedro Tarancón Arquitecto



**DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO CARTOGRÁFICO**

SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES (SNCZI)

|  |   |
|--|---|
|  | Zona de Policía SNCZI                         |
|  | Dominio Público Hidráulico Cartográfico SNCZI |
|  | Zona de Servidumbre SNCZI                     |

**CÁLCULO AVANCE DEL PGOU**

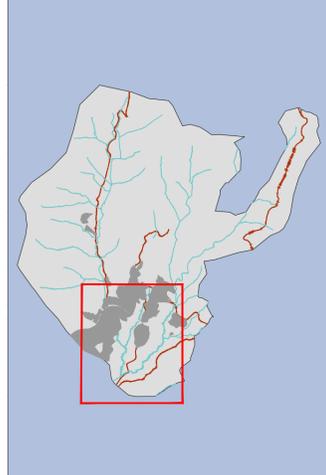
|  |   |
|--|---|
|  | Zona de Policía                         |
|  | Dominio Público Hidráulico Cartográfico |
|  | Zona de Servidumbre                     |

**CLASIFICACIÓN DE SUELO**

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
|  | Suelo Urbano Consolidado           |
|  | Suelo Urbano No Consolidado        |
|  | Suelo Urbanizable Sectorizado      |
|  | Suelo No Urbanizable de Protección |

**OTRAS DELIMITACIONES**

|  |   |
|--|---|
|  | Límite de la Comunidad Autónoma           |
|  | Límite de Término Municipal de Cercedilla |
|  | Límite de Término Municipal               |



**PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE CERCEDILLA (MADRID)**

DOCUMENTO DE AVANCE

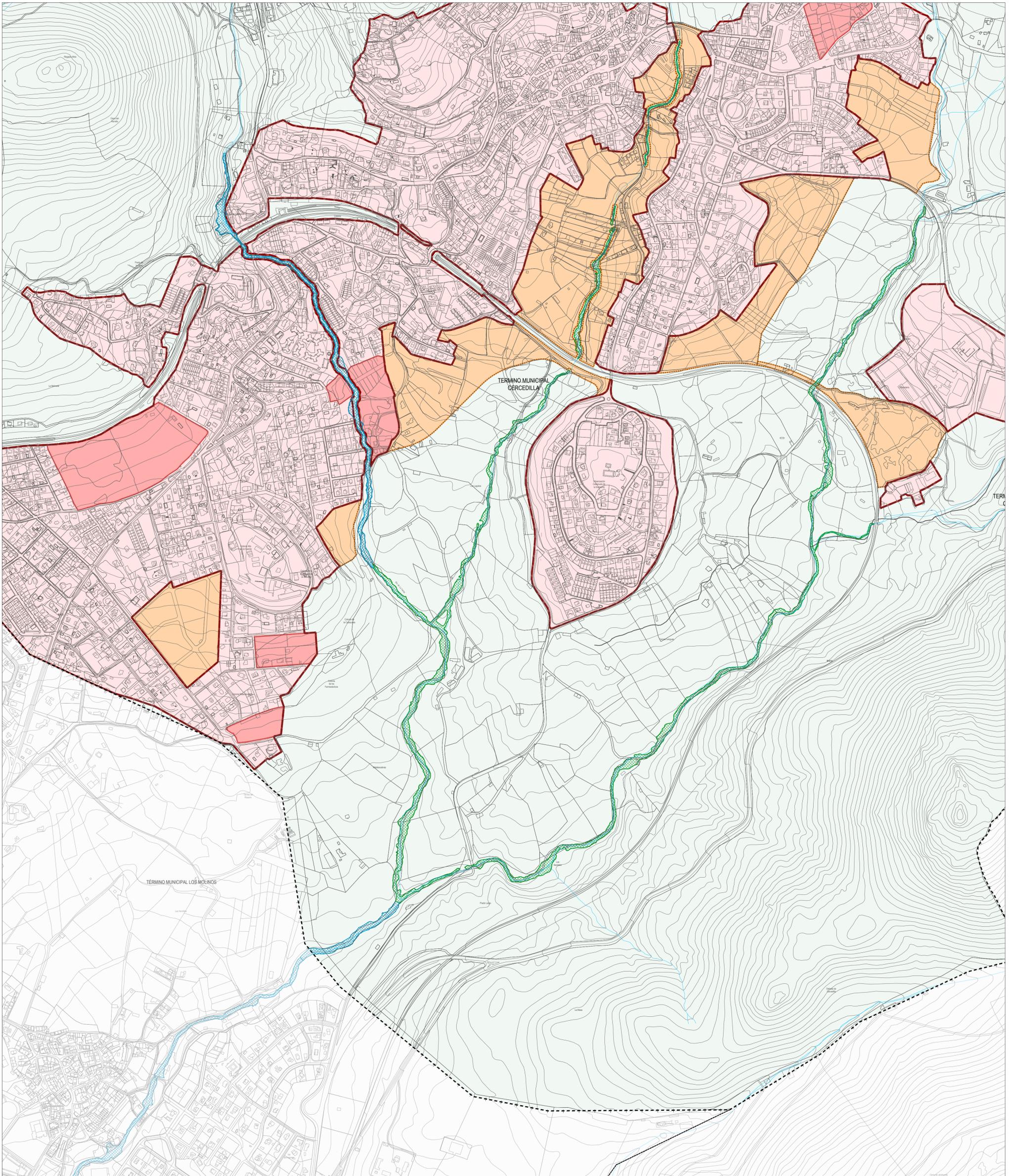
**EH-04**

OCTUBRE 2024

E 1:5.000

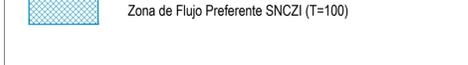
**Dominio Público Hidráulico Cartográfico**

Promotor: AYUNTAMIENTO DE CERCEDILLA  
 Equipo Redactor:   
 Dirección Técnica (Redactores):  
 Magdalena Barreales Ingeniero de C.C.P.  
 Rubén Fernández Arquitecto  
 Pedro Tarancón Arquitecto

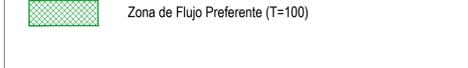


**ZONA DE FLUJO PREFERENTE**

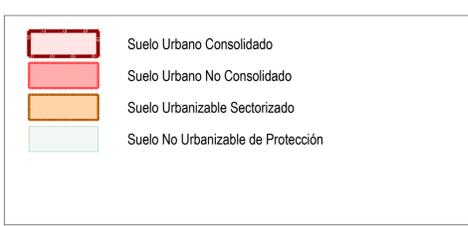
**SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES (SNCZI)**



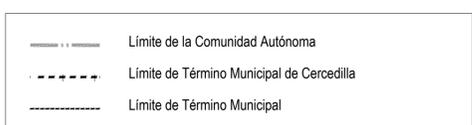
**CÁLCULO AVANCE DEL PGOU**



**CLASIFICACIÓN DE SUELO**



**OTRAS DELIMITACIONES**



**PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE CERCEDILLA (MADRID)**

DOCUMENTO DE AVANCE

**EH-05**

OCTUBRE 2024

E 1:5.000

**Zona de Flujo Preferente. T= 100**

Promotor: AYUNTAMIENTO DE CERCEDILLA

Equipo Redactor: Omicron Ingeniería

Dirección Técnica (Redactores):  
 Magdalena Barreales Ingeniero de C.C.P.  
 Rubén Fernández Arquitecto  
 Pedro Tarancón Arquitecto