

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:



omicron
amepro

PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE CERCEDILLA (MADRID)

DOCUMENTO DE AVANCE

BLOQUE IV – VOLUMEN 3

ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

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 Ibarguren 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
Ingeniero de Caminos
Ingeniero de Caminos
Ingeniero de Caminos
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

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

TOMO I. ESTUDIO HIDROLÓGICO

ÍNDICE

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

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 Km², y un trozo de terreno en jurisdicción mancomunada con el municipio de Navacerrada, con una superficie de 5,09 Km², 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 Majalasna 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.

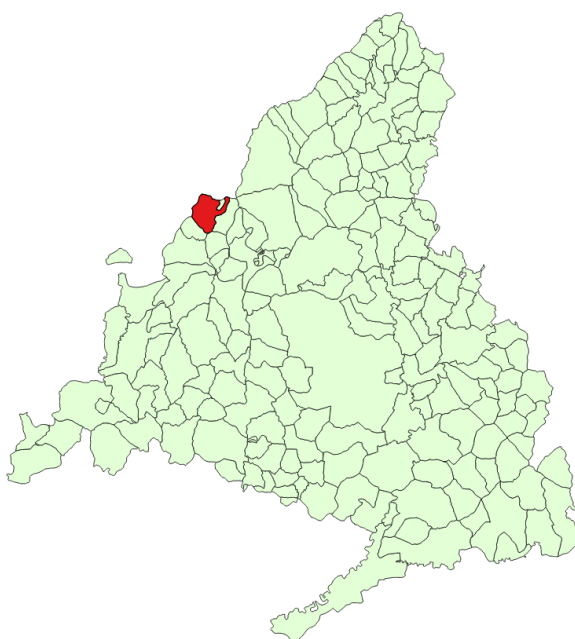


Figura 1. Encuadre geográfico TM Cercedilla +Los Baldíos. Fuente: Comunidad de Madrid.



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.

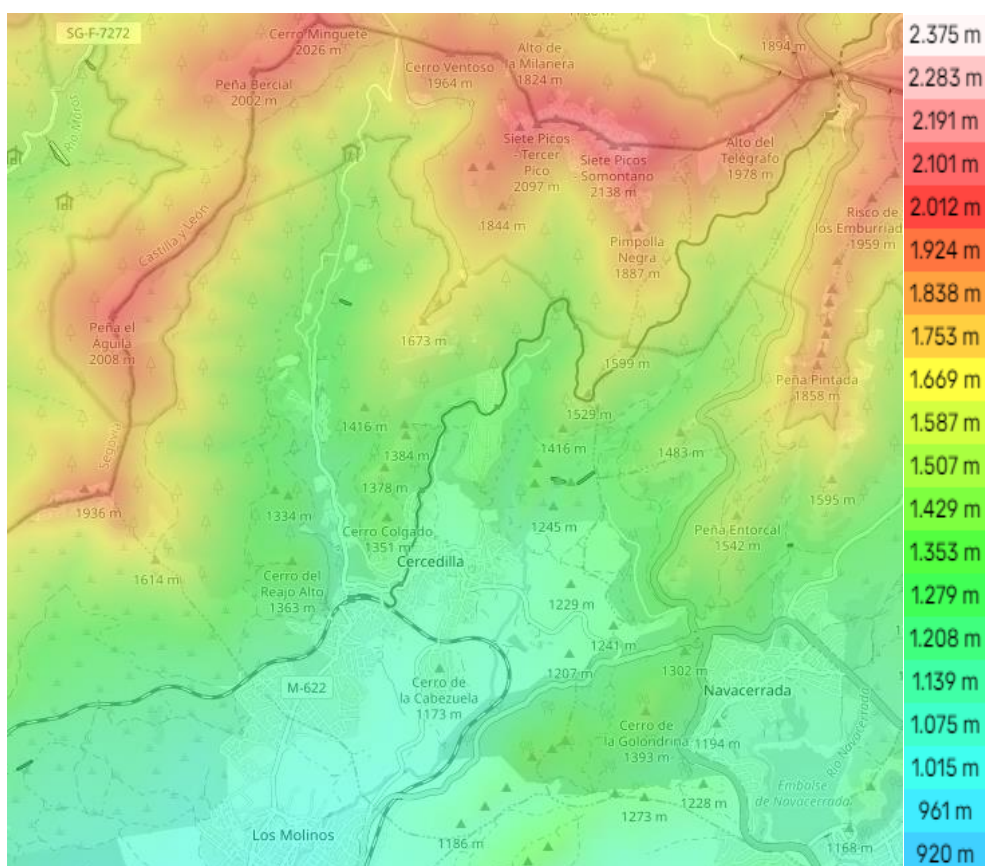


Figura 3. Topografía del área de estudio. Fuente: www.topographic-map.com.

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.

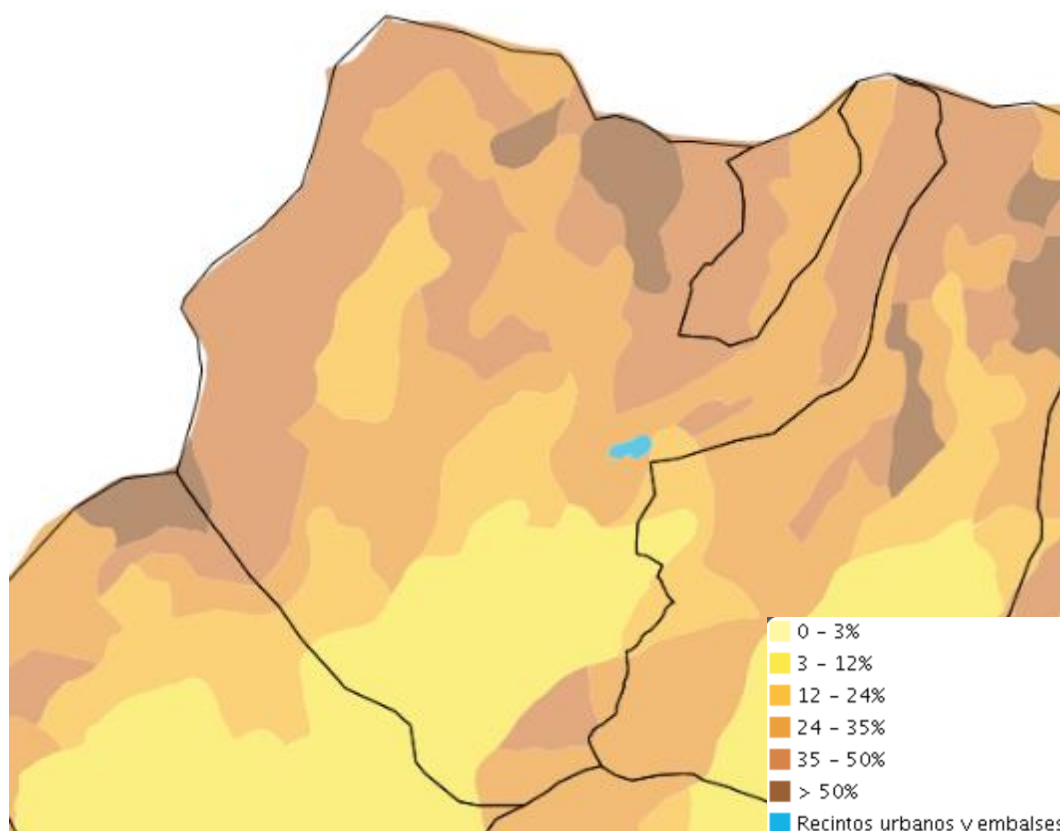


Figura 4. Relieve del municipio de Cercedilla. Pendientes. Fuente: Visor CartoMadrid.

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/m² en la zona del puerto de montaña y 1030 l/m² en el entorno de los núcleos de población.

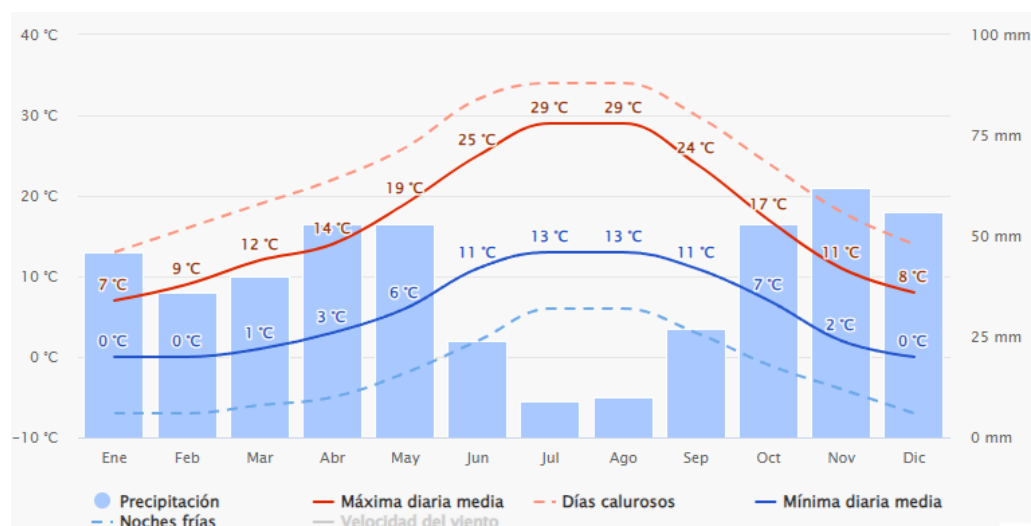


Figura 5. Diagrama climático para el Municipio de Cercedilla. Fuente: Meteoblue.

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 Olla 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 cristalitos 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 isótropos).

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 ortonseises 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.

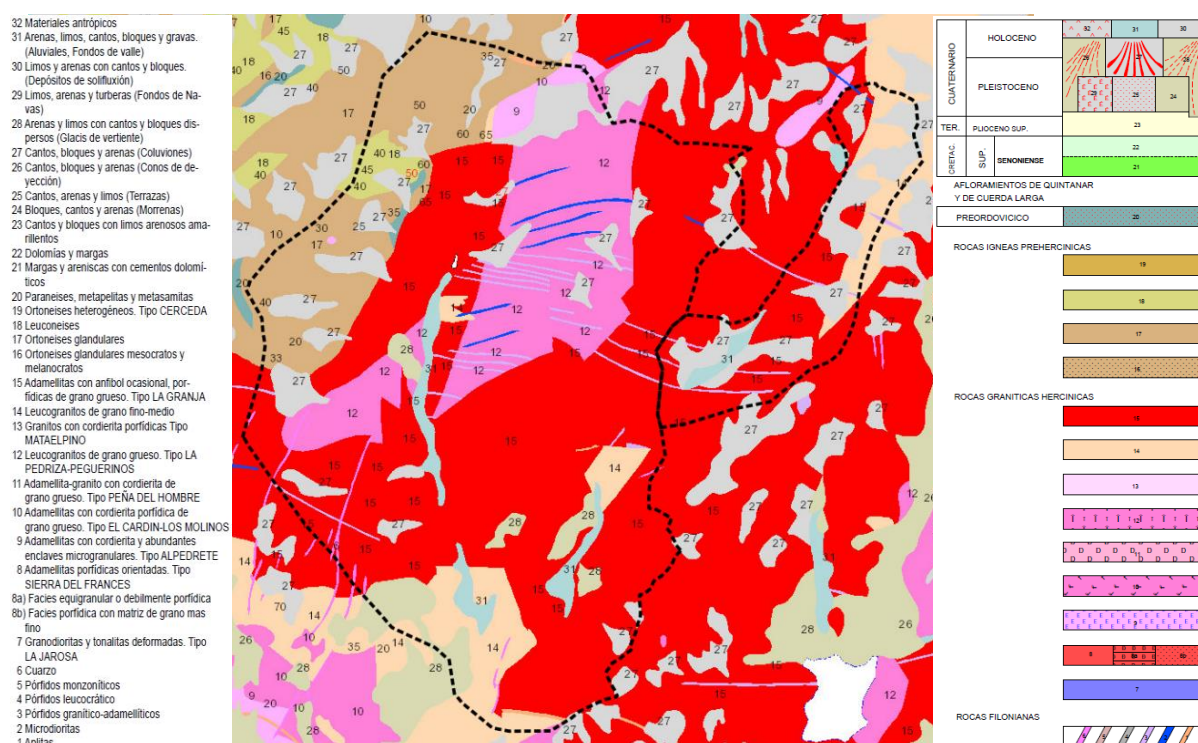


Figura 6. Mapa geológico. TM Cercedilla + Los Baldíos. Fuente: IGME.

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

- 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, guirnalda y rosetones, césped almohadillado, etc.
- 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: guirnalda y rosetones, soliflucción.
- 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 centrífugas 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.

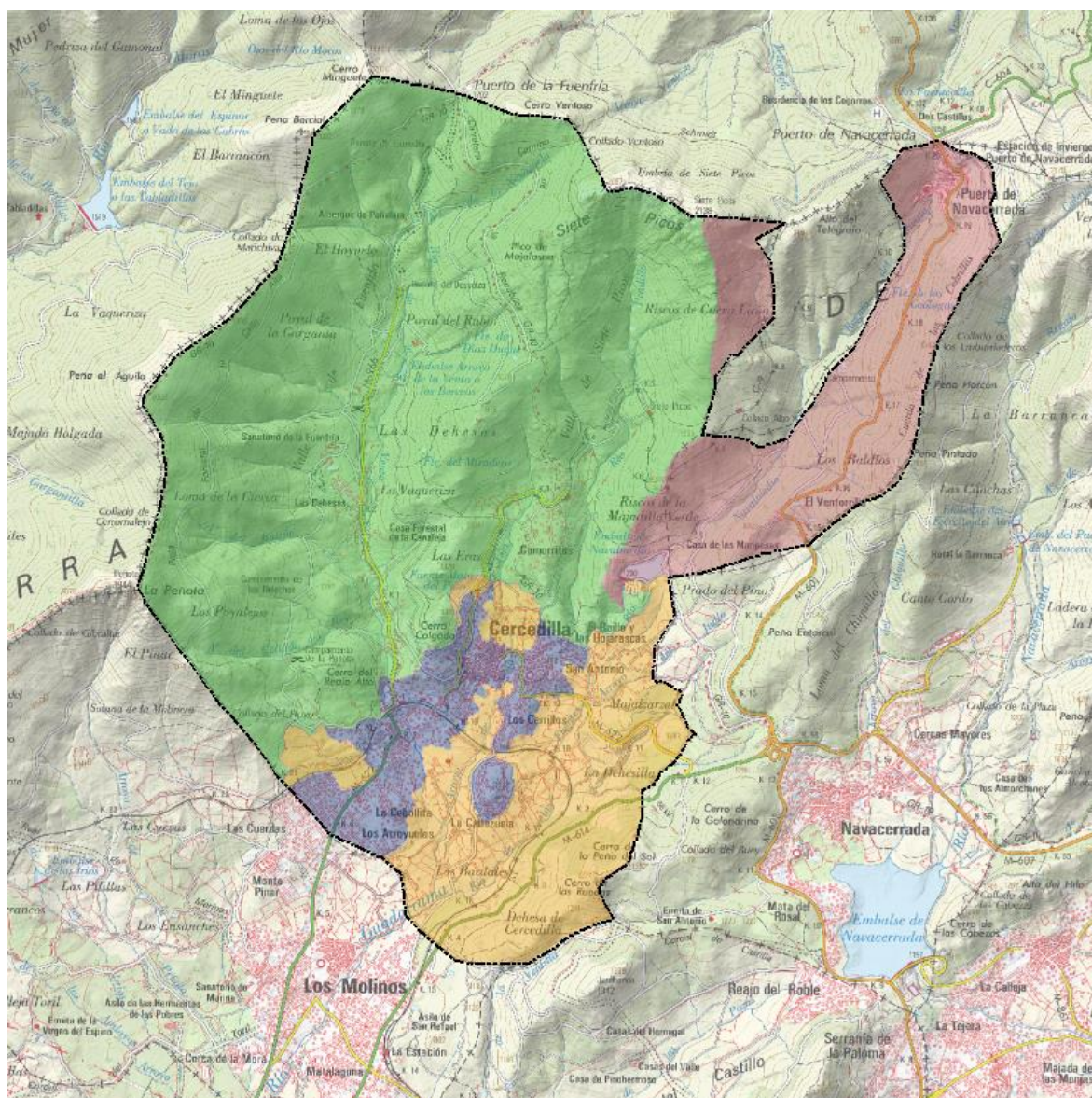


Figura 7. Unidades de paisaje en Cercedilla y Los Baldíos. Fuente: Elaboración propia.

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 Tago, y más concretamente a la subcuenca del río Guadarrama.

El río Guadarrama es afluente directo del río Tago. 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.

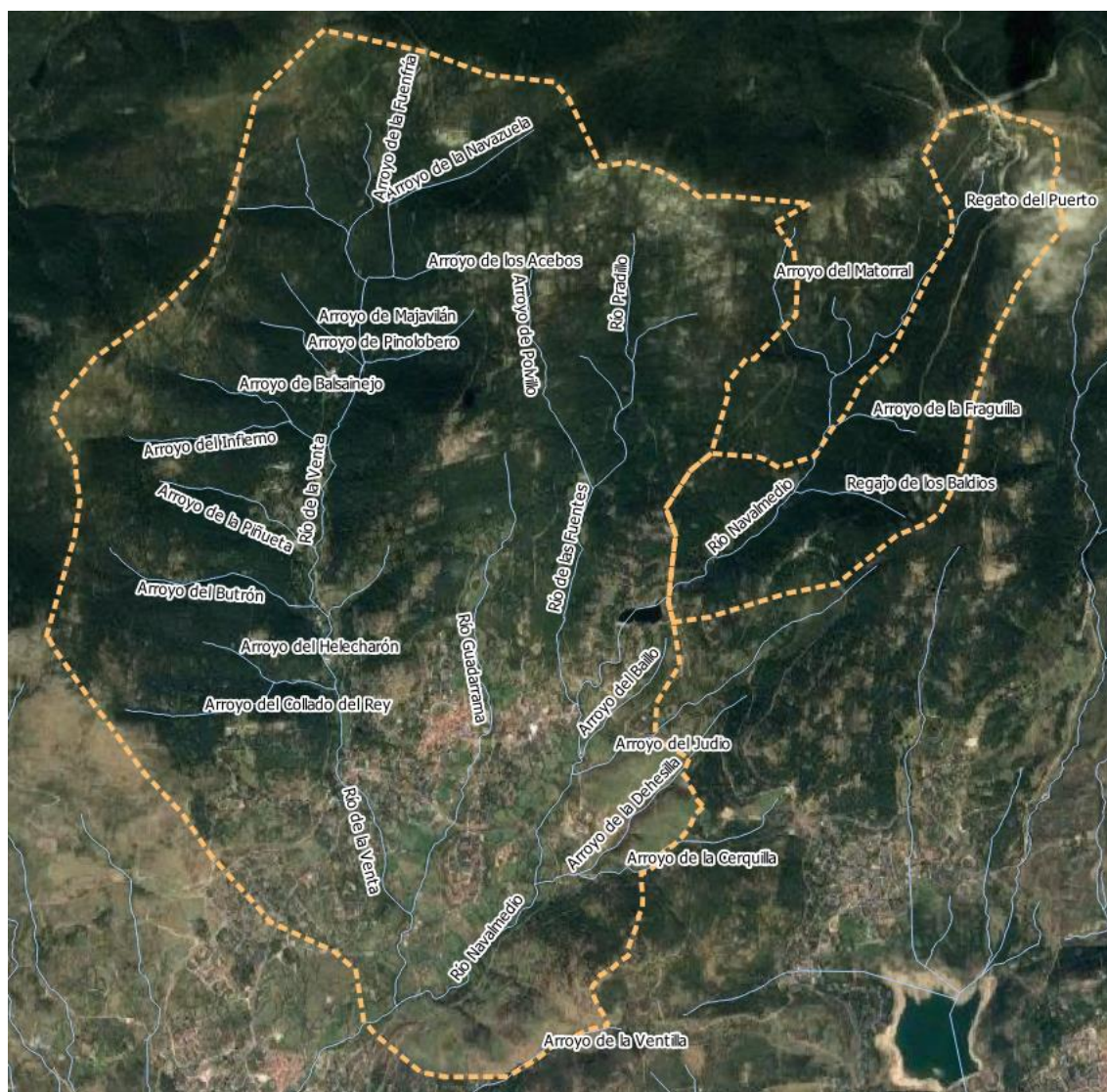


Figura 8. Hidrología superficial. TM Cercedilla y Los Baldíos. Fuente: MITECO.

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.

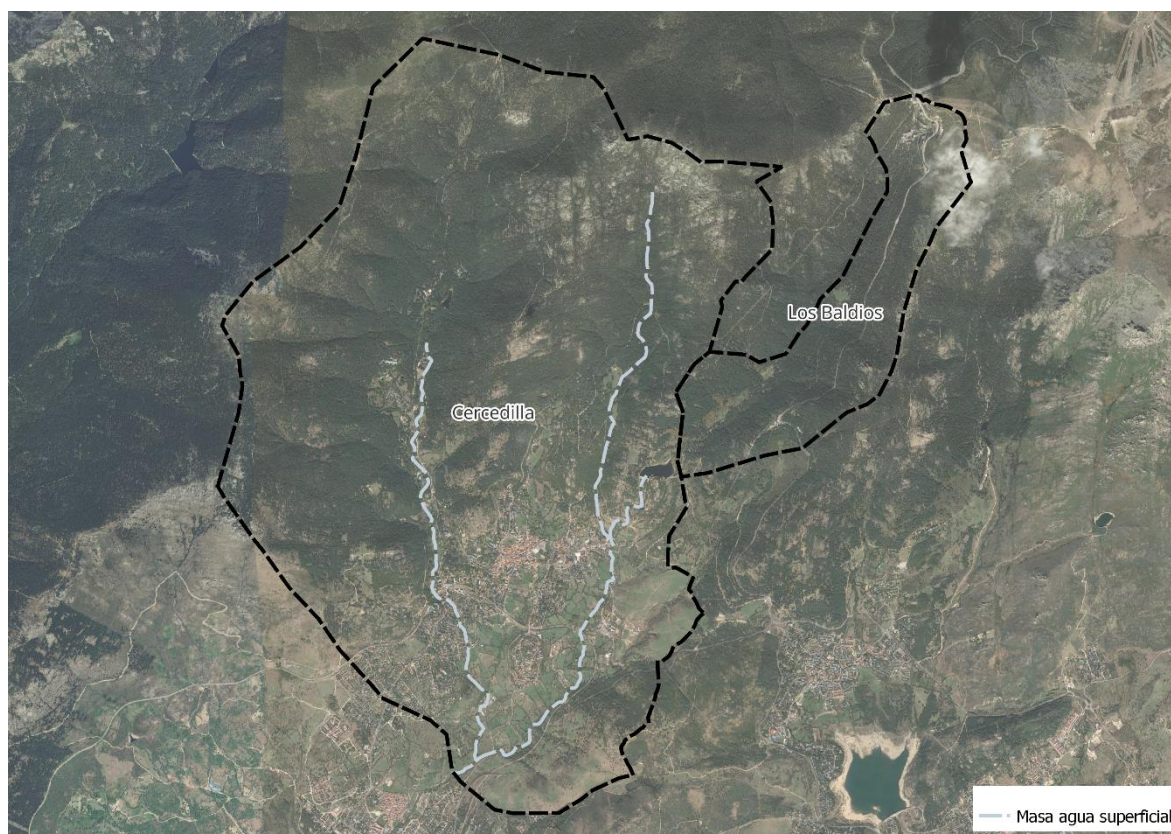


Figura 9. Masas de agua superficial. TM Cercedilla y Los Baldíos. Fuente: MITECO.

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 km², y recibe una media de 7 hm³ 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 hm³ 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 Tago 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 hm³. 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.

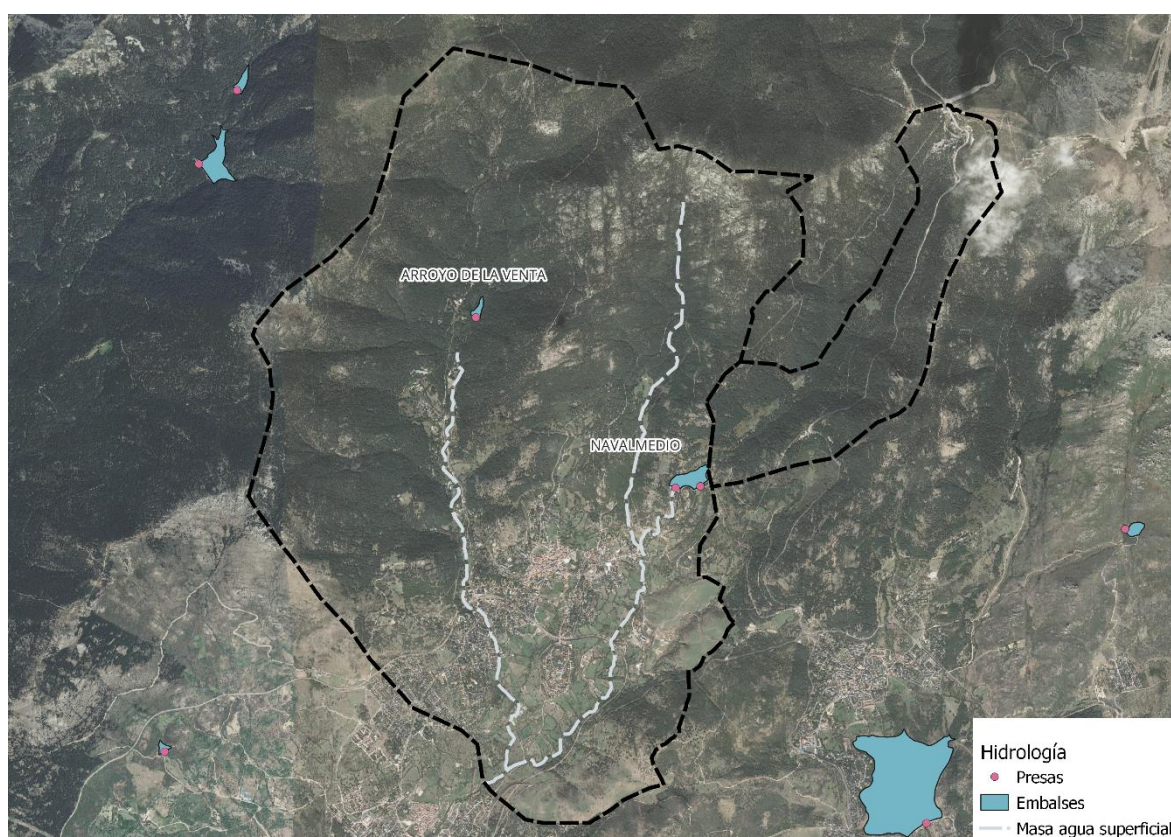


Figura 11. Ubicación presas y embalses del TM Los Baldíos. Fuente: MITECO.

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:

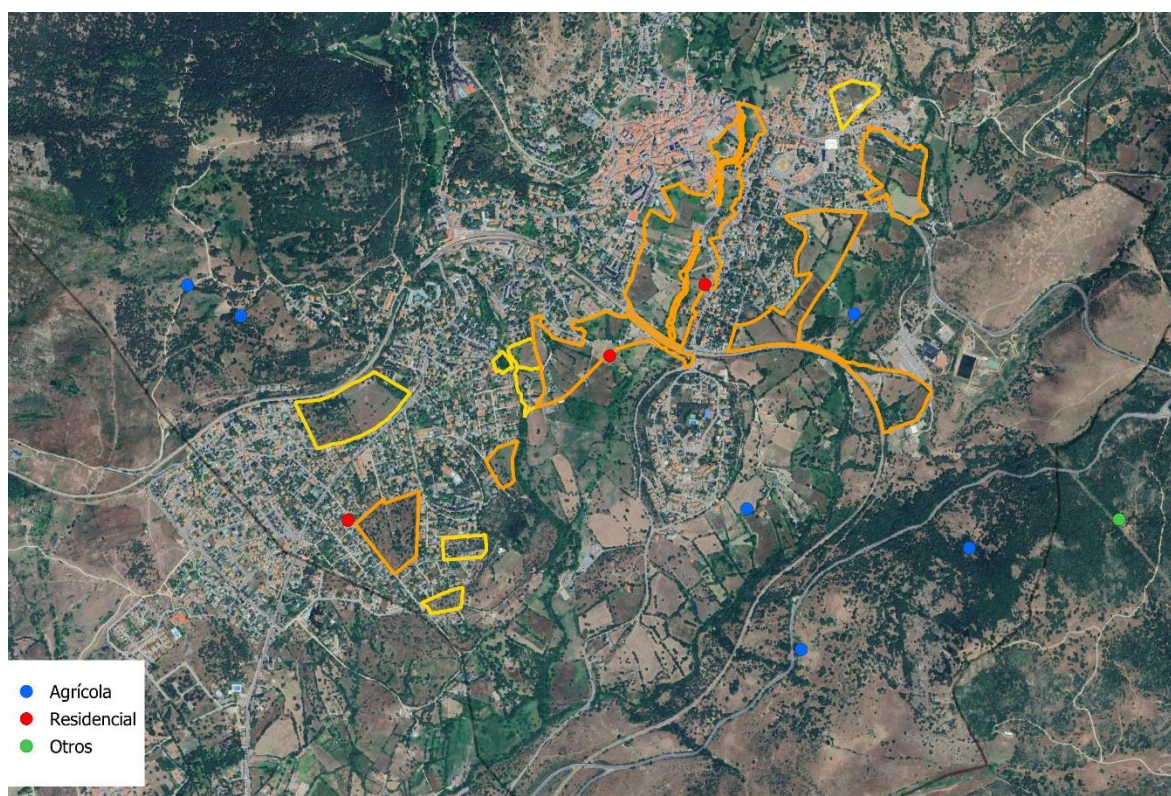


Figura 12. Localización de puntos de agua del municipio. Fuente: elaboración propia.

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.

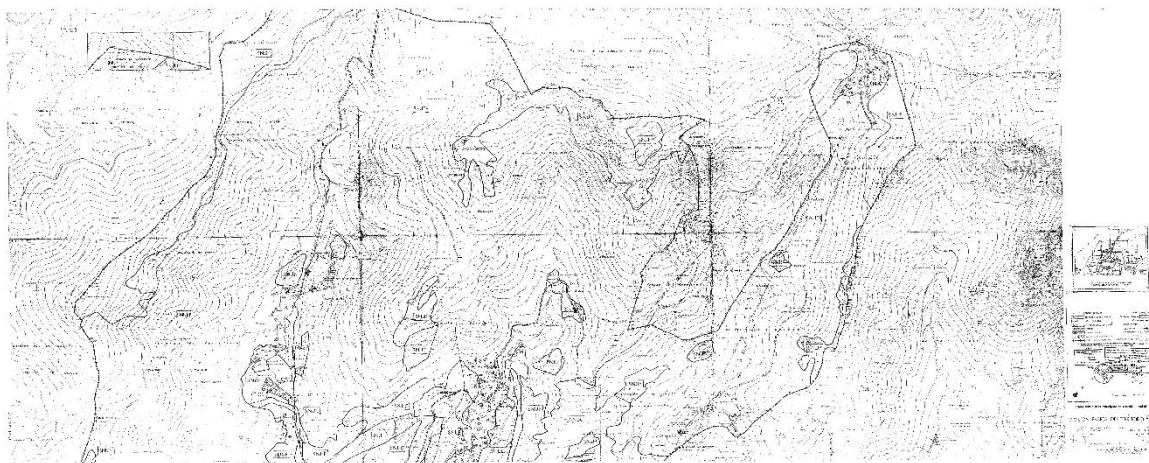


Figura 13. Clasificación del Suelo. Zona Norte. Planeamiento General Vigente (NNSS de 1985)

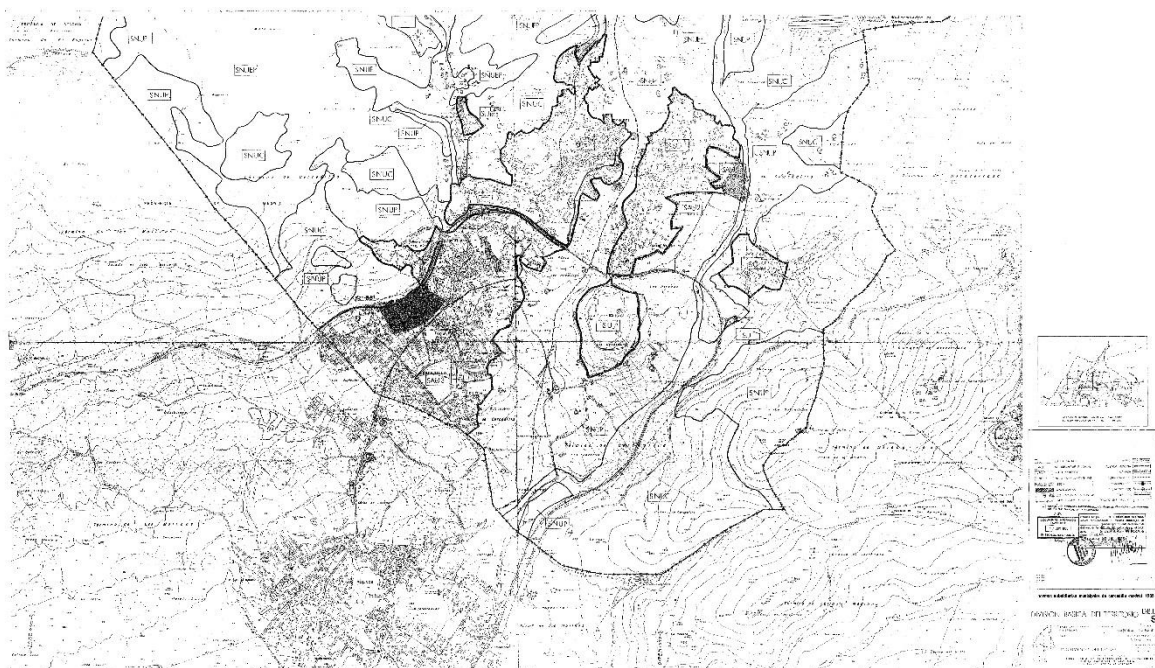


Figura 14. Clasificación del Suelo. Zona Sur. Planeamiento General Vigente (NNSS de 1985)

2.2. Ordenanzas en el Suelo Urbano

Las Normas Urbanísticas establecen la división del suelo urbano en 5 zonas de ordenanza.

- **Casco Antiguo:** correspondiente al casco antiguo de Cercedilla.
- **Ensanche:** constituido por polígonos contiguos al casco, con un alto grado de desarrollo.
- **Colonias** (en las que se establecen tres tipos): correspondiente por las áreas de edificación unifamiliar situadas fuera del casco y cuya función residencial está enfocada a veraneos y fines de semana, donde se distinguen las subzonas.
 - C1: correspondiente a las colonias “Las Cuerdas”, “La Peñota”, “Peñas Arriba”, “El Cascajal” y la zona sur del casco, inmediata a la vía del ferrocarril.
 - C2: corresponde a las colonias “Las Eras”, zona del colegio de la Palma, “Collado del Hoyo”, “Los Padros”, zona sur de la plaza de toros y Cabezuela de la Iluminaria.
 - C3: corresponde a las colonias “Herrén de los Reales”, antigua “Cabezuela de la Cebollita”, “Los Arroyuelos”, “El Tomillar” y “Matalascabras”.
- **Colectiva en altura:** constituido por aquellos polígonos que se han desarrollado con la tipología de bloques abiertos, como son “Las Erillas”, “Vistahermosa”, “San Andrés”, “El Tomillar” y “Peña Blanca”.
- **Equipamiento y zonas verdes:** donde a su vez se distinguen los grados de educativo, sanitario, cultural, asistencial, verde, deportivo y religioso.

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 m³ de capacidad
- Embalse de Las Berceas, titularidad del Ayuntamiento de Cercedilla, con 100.000 m³ de capacidad

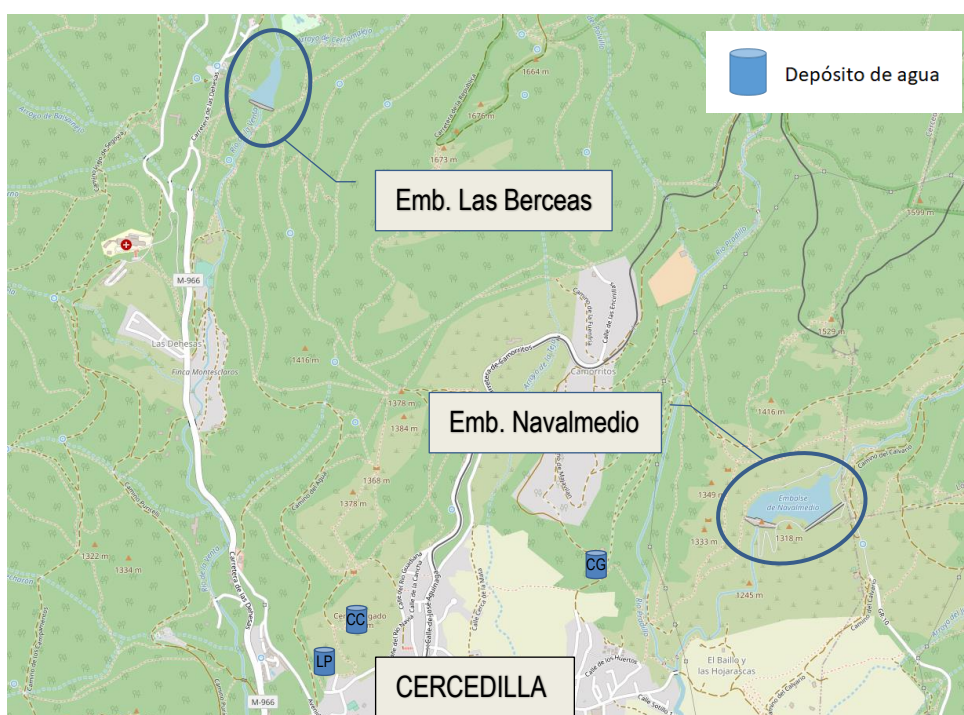


Figura 15. Embalses del municipio de Cercedilla

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

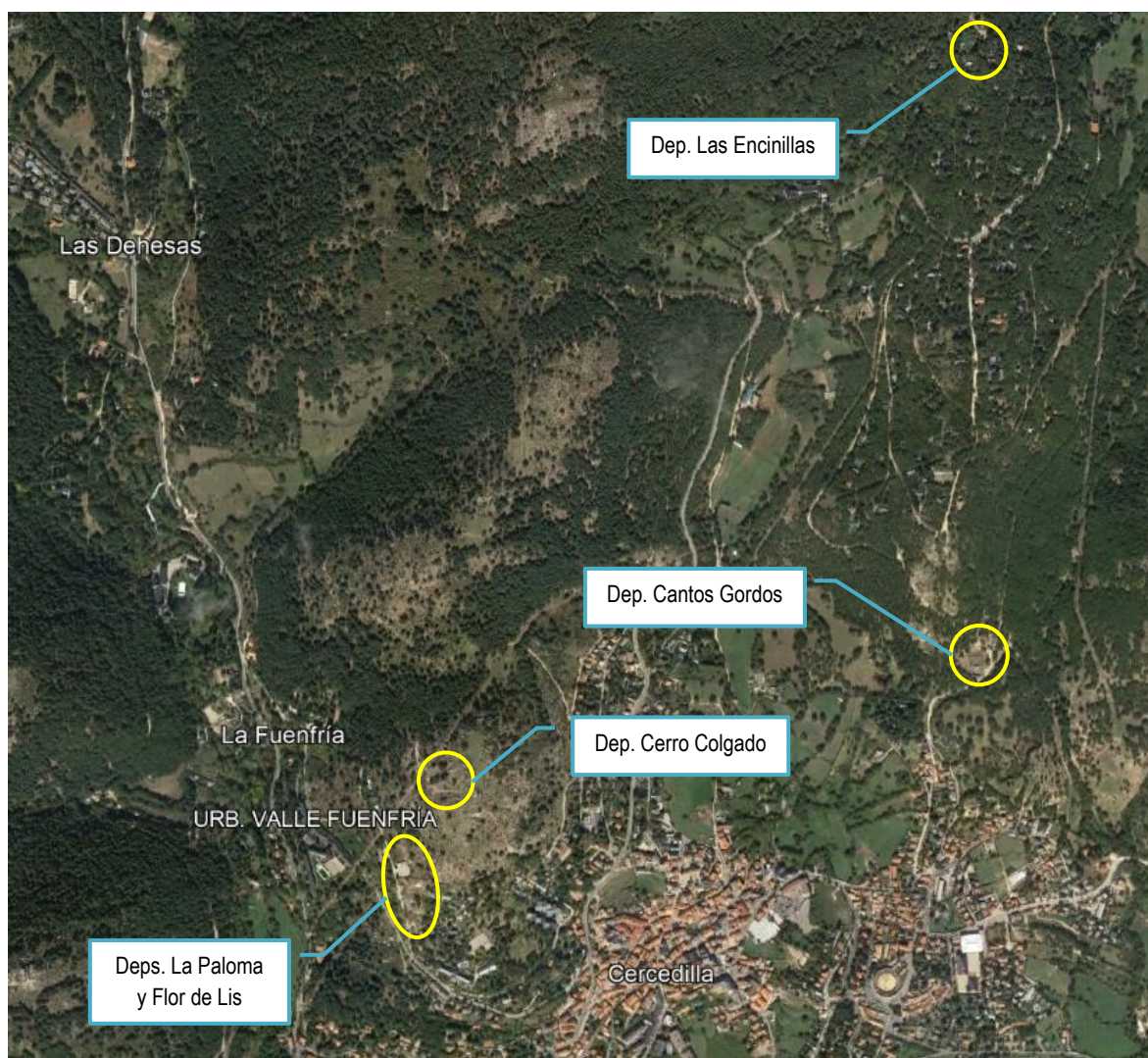


Figura 16. Localización de los depósitos municipales

Existe algún depósito intermedio –estación de elevación– de capacidad reducida (en torno a 10 m³) 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 m³/h, trabajando a una presión de 8 kg/cm². 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 m³/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.

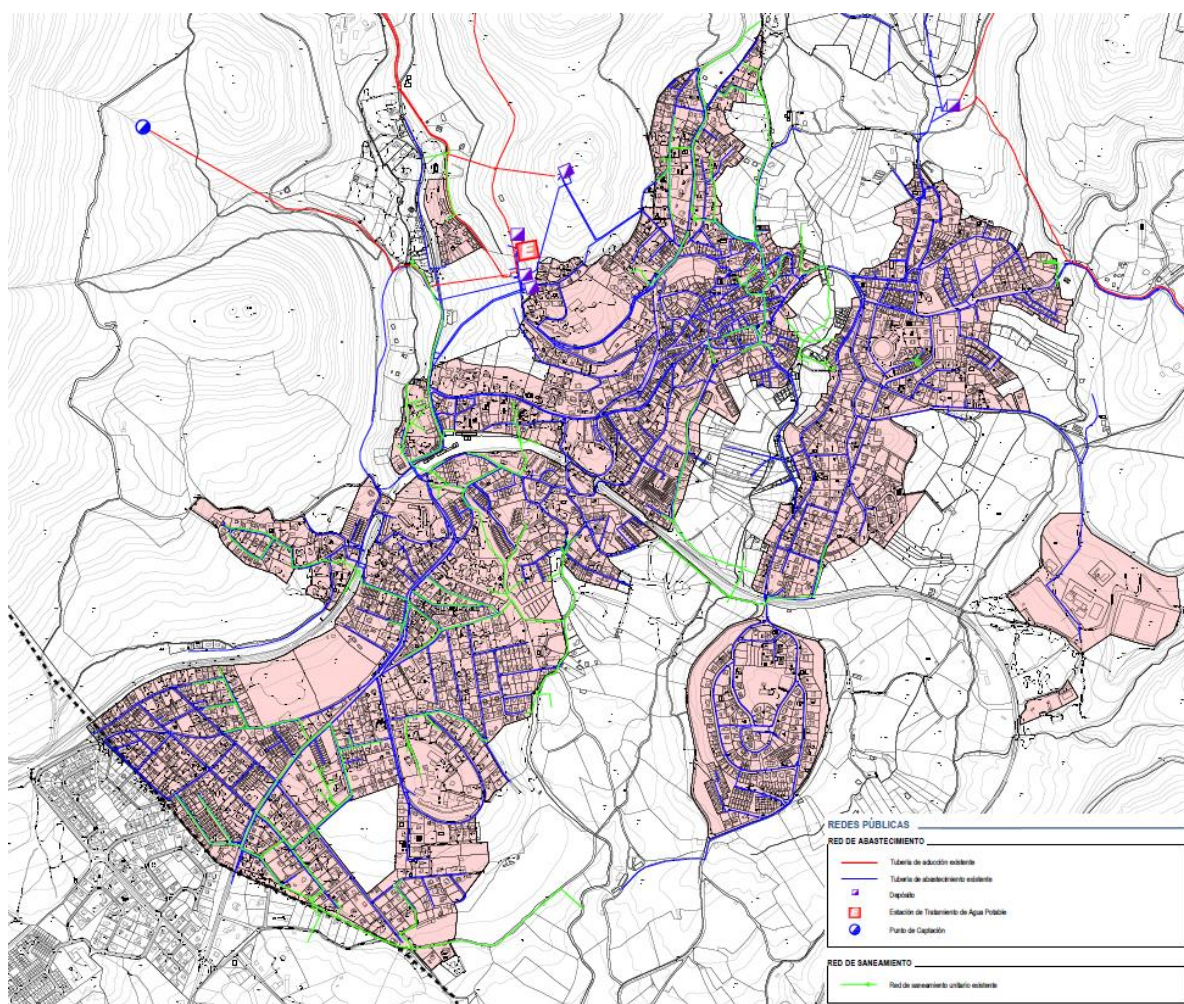


Figura 19. Redes principales del municipio.

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 m²s** que representa un 6,84% de la superficie total del término municipal. El Suelo Urbano Consolidado tiene una superficie de 2.643.307 m²s, que representa un porcentaje del 6,47% municipal y el Suelo Urbano No Consolidado un 0,37% (151.558 m²s).
- **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 m²s** 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 m²s**, que representa un porcentaje del 91,76 % de la superficie total del término municipal.

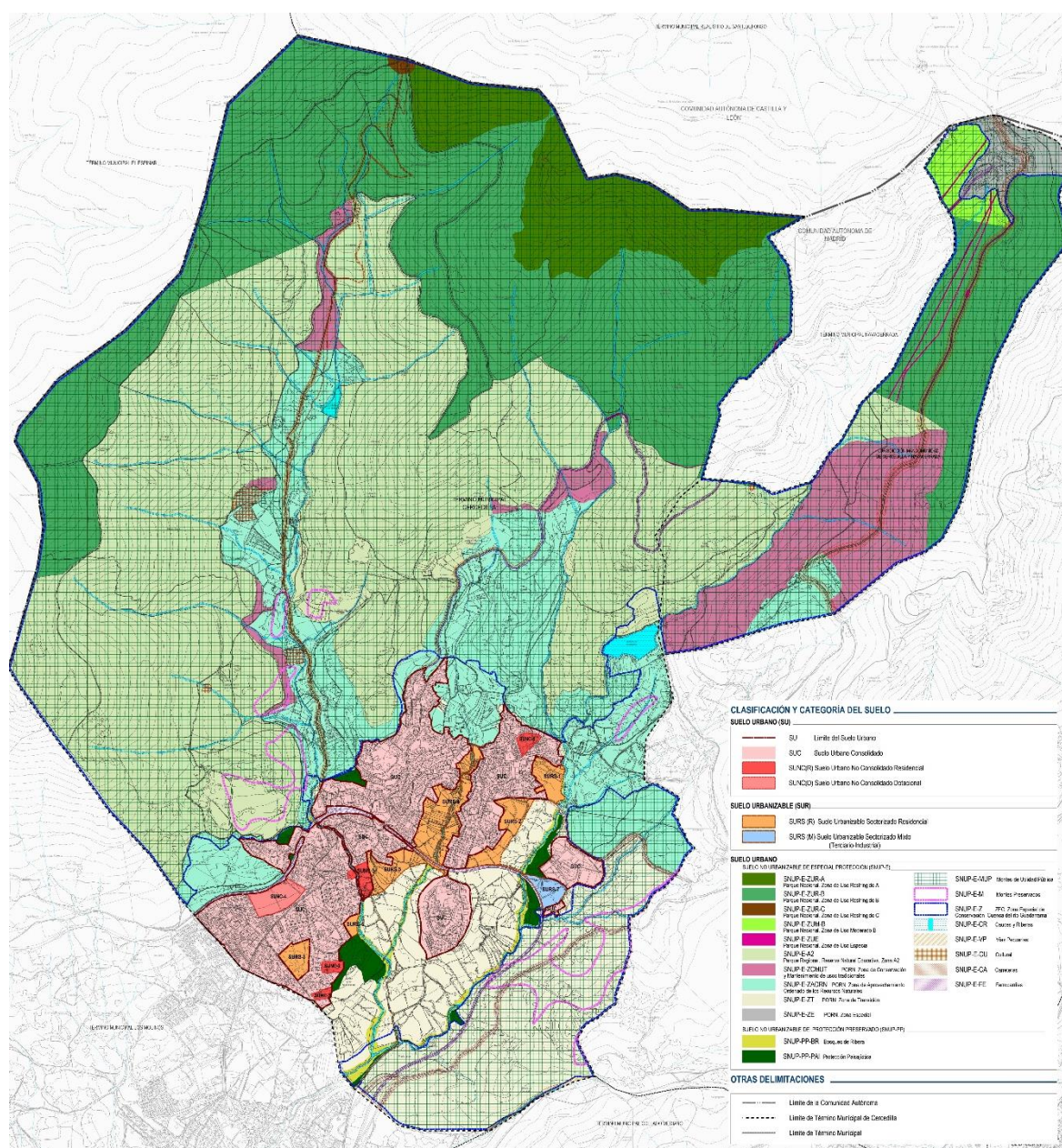


Figura 20. Clasificación propuesta del TM de Cercedilla

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/m² edif. y día
- Viviendas unifamiliares: 9,5 l/m² edif. y día
- Equipamiento terciario, dotacional e industrial: 8,0 l/m² edif. y día
- Espacios verdes: 1,5 l/m² y día

Del lado de la seguridad, se adopta un valor de 9,5 l/m² 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%	-	-	-		
TOTAL SUC			2.643.307	6,47%	-	870.422	-		
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		
TOTAL SUNC			151.558	0,37%	-	33.677	-		

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
TOTAL SUELO URBANO			2.794.865	6,84%	-	904.099	-		
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	-		
TOTAL SUELO URBANIZABLE			569.992	1,40%	-	148.932	-		
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%					
TOTAL SUELO NO URBANIZABLE*			37.468.788	91,76%					
TOTAL TÉRMINO MUNICIPAL			40.833.645	100,00%	-	1.053.031	-		

Tabla 5. Resumen planificación urbanística

En relación a las zonas verdes, generales y locales, se considera una superficie de 38.810 m² 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 m² 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 ²)	Dotación (l/m ² y día)	Consumo (m ³ /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 ²)	Dotación (l/m ² y día)	Consumo (m ³ /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 ²)	Dotación (l/m ² y día)	Consumo (m ³ /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 m³, 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 m³ diarios, mientras que la capacidad de almacenamiento de los depósitos reguladores existentes es de 8.975 m³. 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.

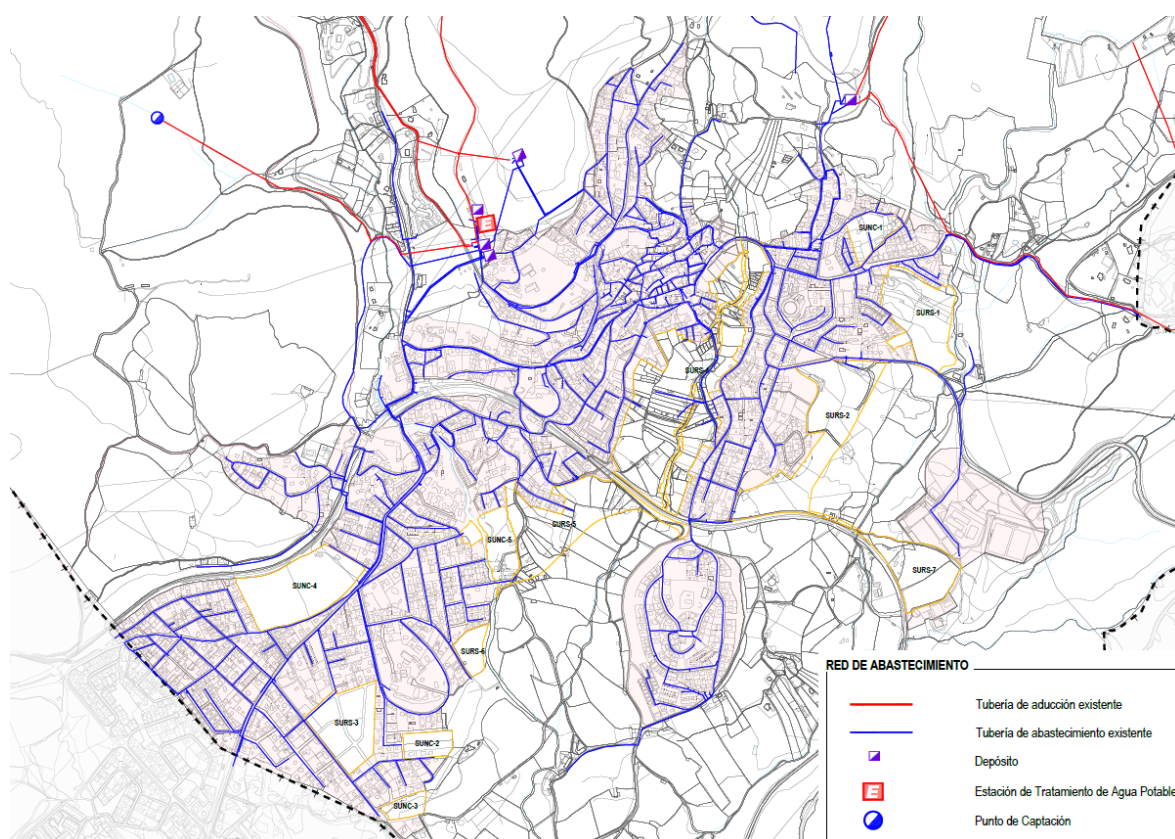


Figura 21. Red de abastecimiento existente

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:

Q_D = caudal doméstico

Q_I = 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
	TOTAL	29,19	23,35
Nuevos sectores	Residencial	14,84	11,87
	Terciario - Industrial	6,04	4,83
	Equipamientos	0,26	0,21
	TOTAL	21,14	16,91
Municipio	TOTAL	50,33	40,26

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 m³/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.

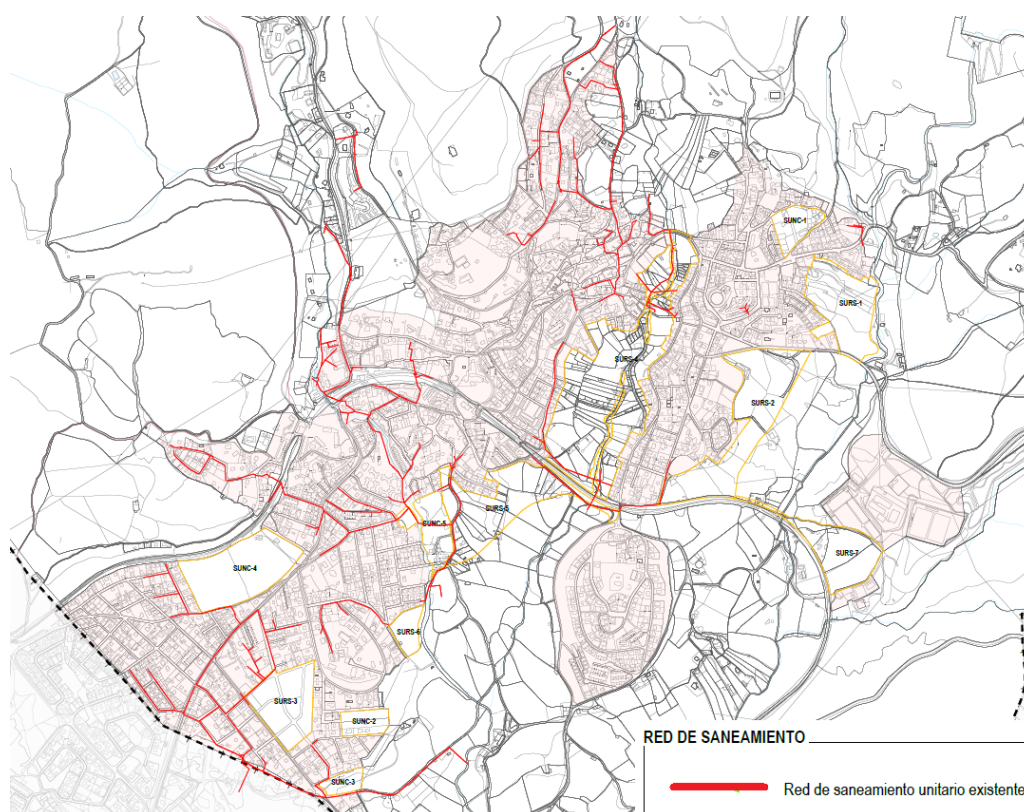


Figura 22. Red de saneamiento existente

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.

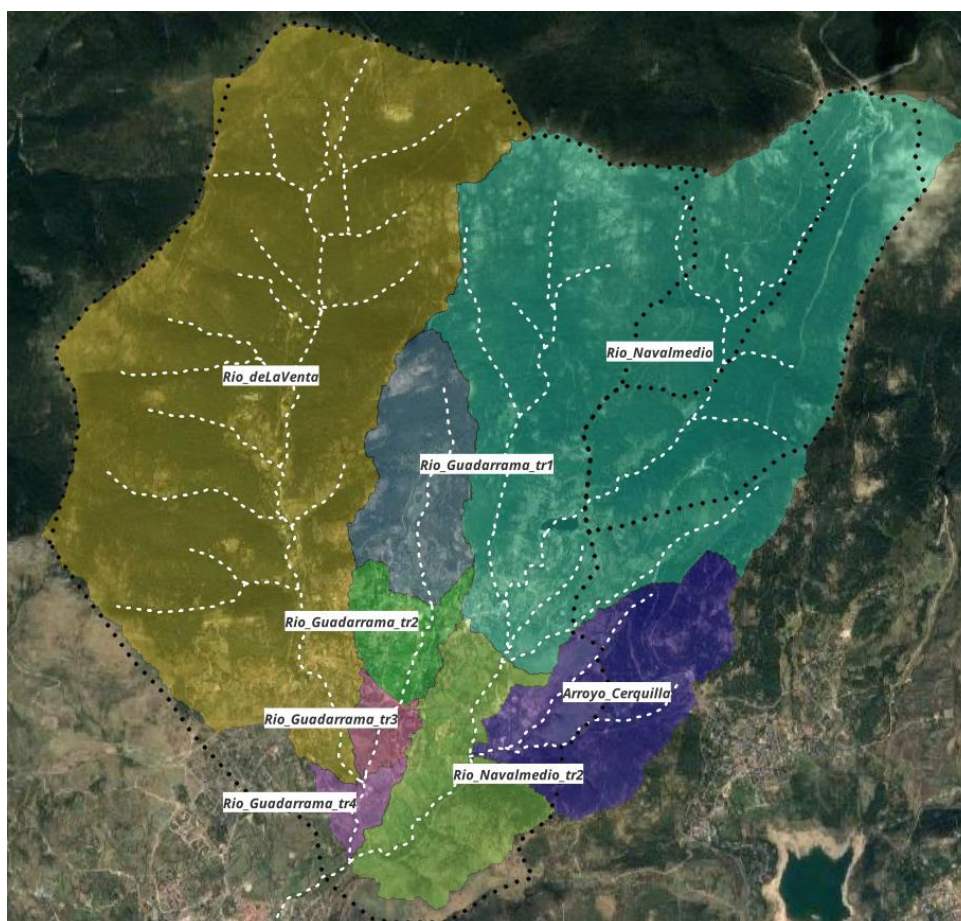


Figura 23. Cuencas del núcleo de Cercedilla

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: **Pd₂₅ = 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:

$$I_t = \left(\frac{P_d^*}{24} \right) \times \left(\frac{I_l}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} - t^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

donde:

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

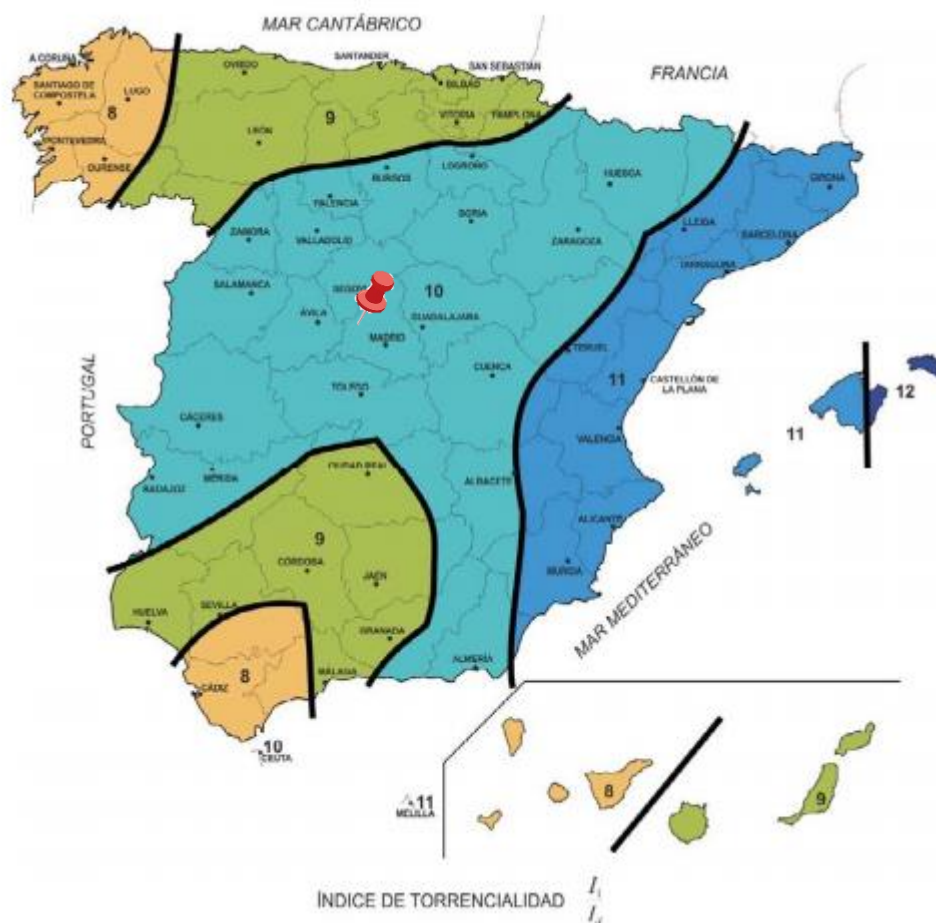
I_d (mm/h) = Intensidad media diaria de precipitación. Se calcula con la expresión: $I_d = P_d / 24$

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 km².

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

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

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



Coeficiente 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 (Km ²)	Longitud (Km)	Diferencia de cotas (m)	Pendiente media (m/m)	Tiempo de concentración (h)	Id (mm/h)	It (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 periodo estadístico de retorno sea de **500 años**

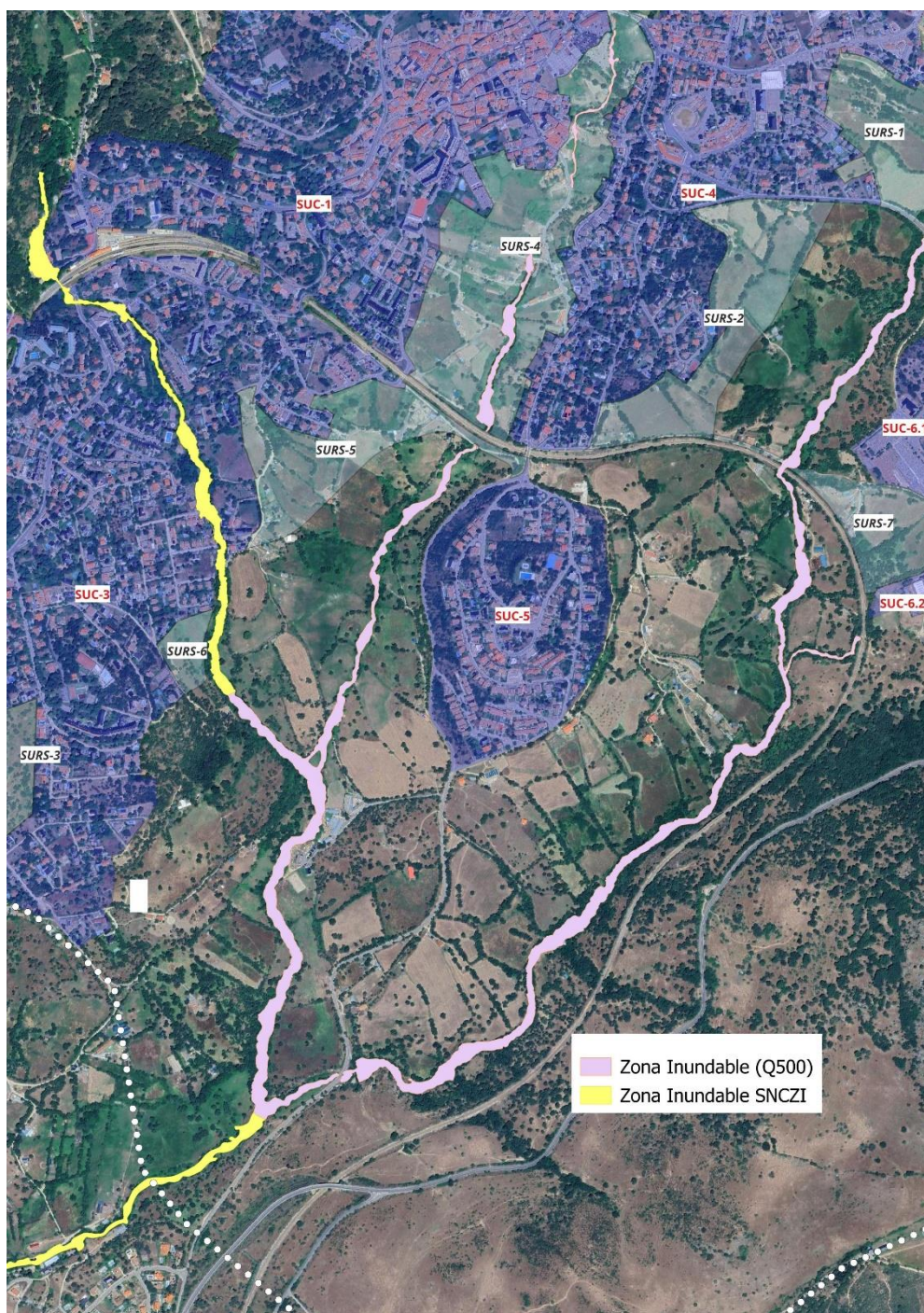


Figura 24. Zona Inundable.

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 m²/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.



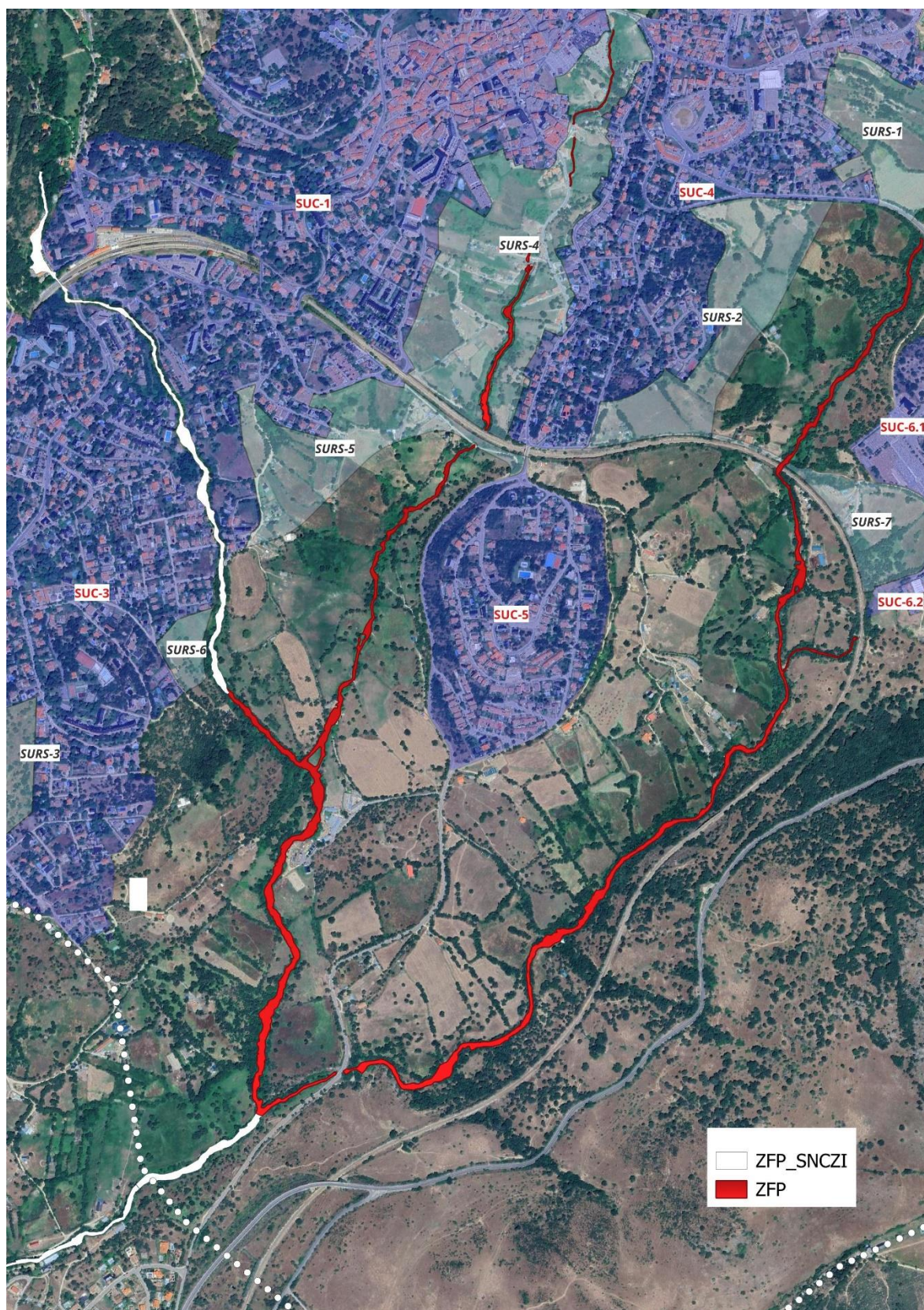
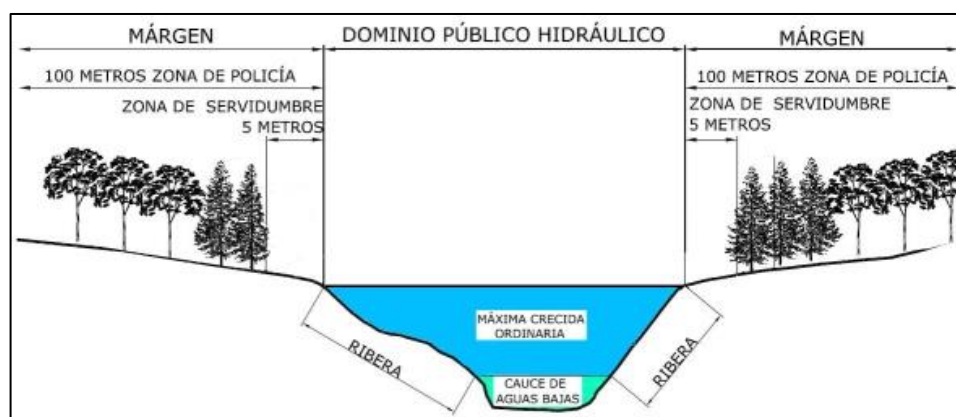


Figura 25. Zona de Flujo Preferente.

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

$$TMCO \text{ Cv} = 5$$

Siendo Cv 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:

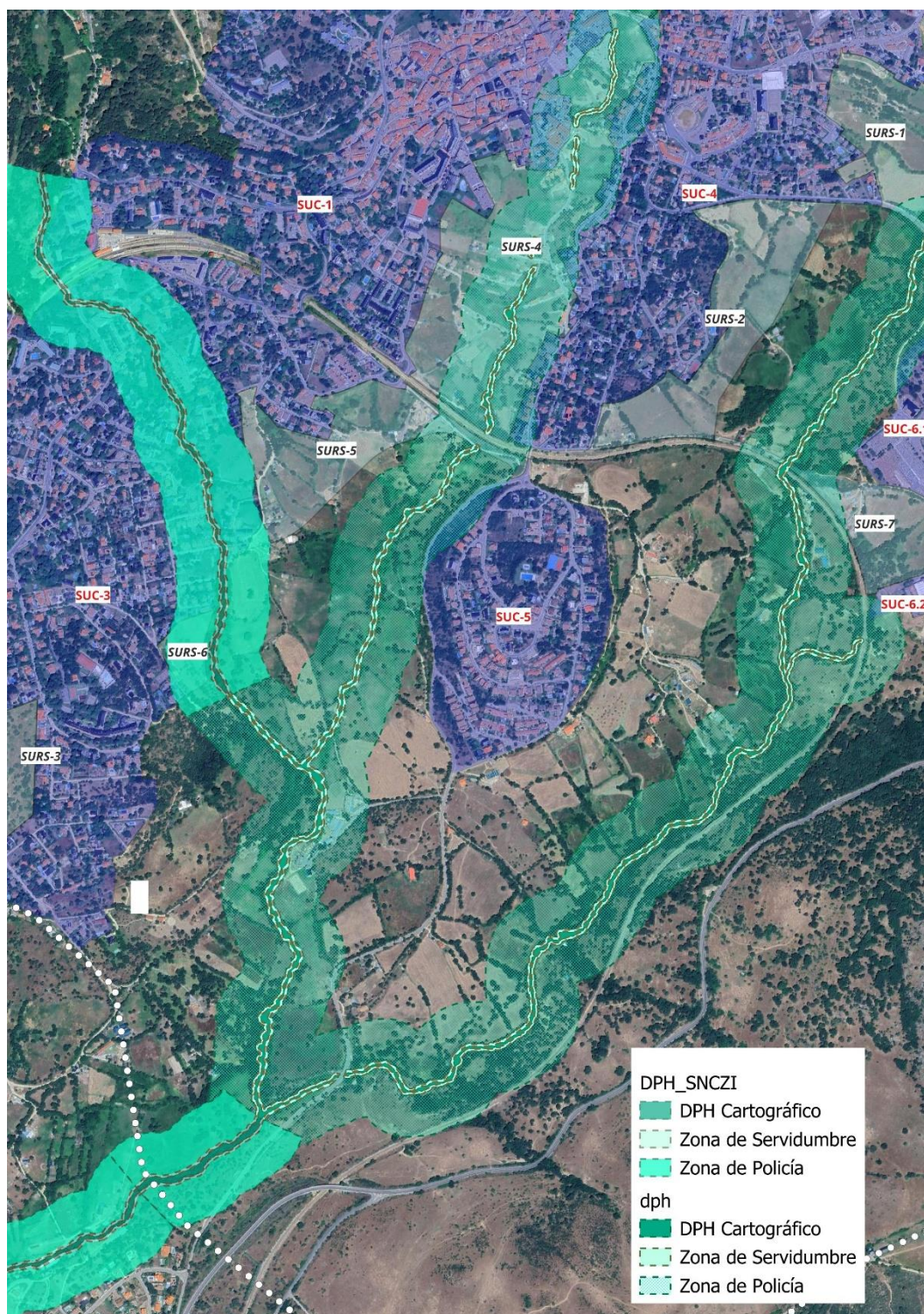


Figura 26. DPH Cartográfico o Probable.

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 Hidrometereológico 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 \(cho.cho\)](http://VisorConfederaciónHidrográficadelTajo.cho.cho))

- 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 .

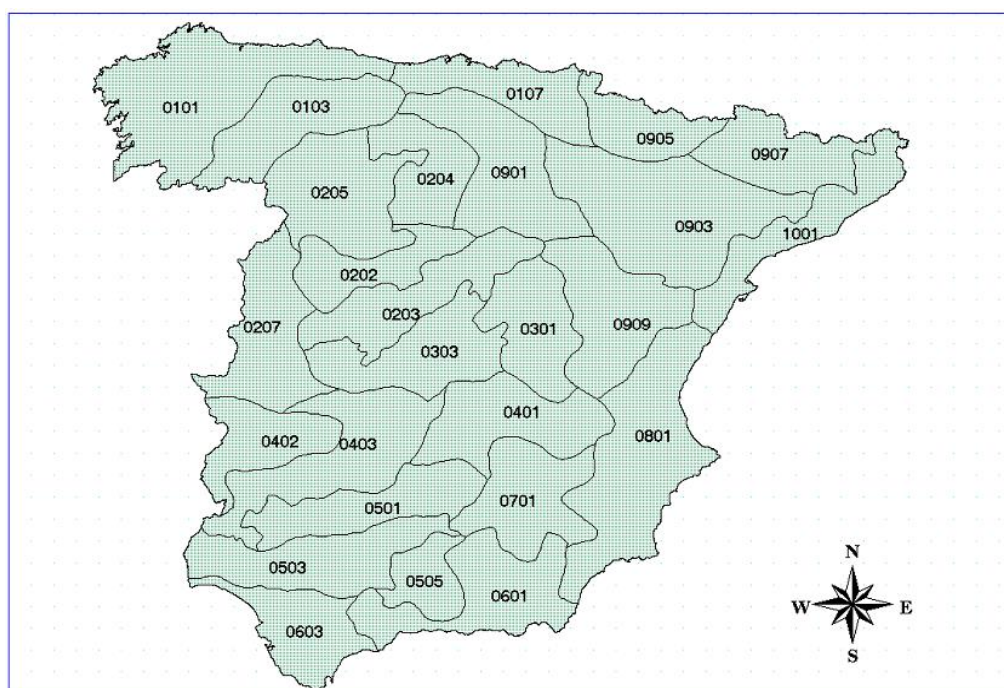


Figura 1. División de la España Peninsular en 26 regiones geográficas con características meteorológicas comunes.

- 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)

The image shows the MAXPLUWIN software interface. At the top, the title 'MAXPLUWIN' is displayed. Below it, there is a map of Spain with red contour lines representing daily maximum rainfall. The map includes the logo of the 'Ministerio de Fomento' and 'CEDRE'. The text 'Máximas lluvias diarias en la España' is overlaid on the map. Below the map, there is a section titled 'Sistema de Coordenadas'. It contains a dropdown menu set to 'UTM (Huso 30)'. Below this, there are two input fields: 'UTM X' with the value '423985' and 'P media'. A vertical line separates the two input fields.

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

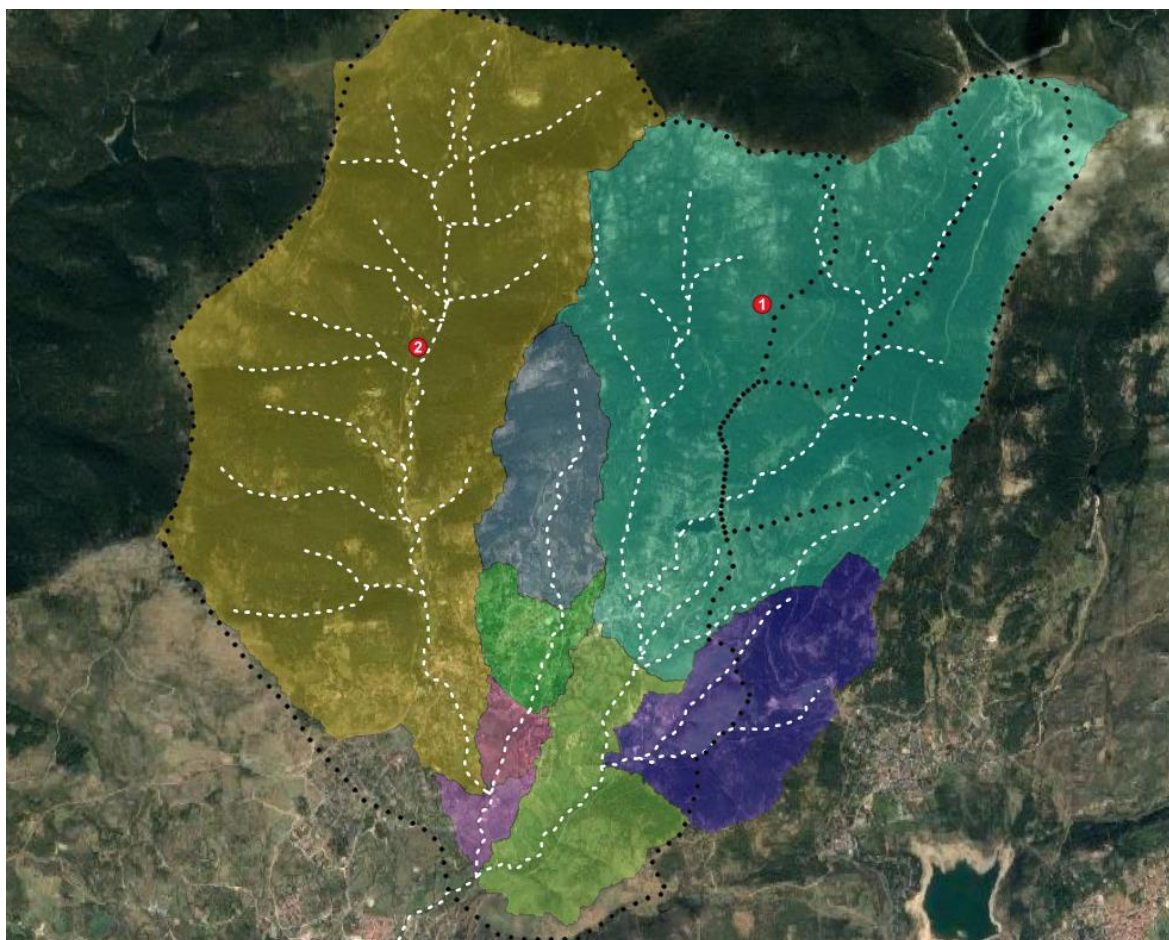


Figura 3. Ubicación de puntos consultados en la aplicación MAXPLU.

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

PUNTO	Coordenadas UTM H30		Pm (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
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:

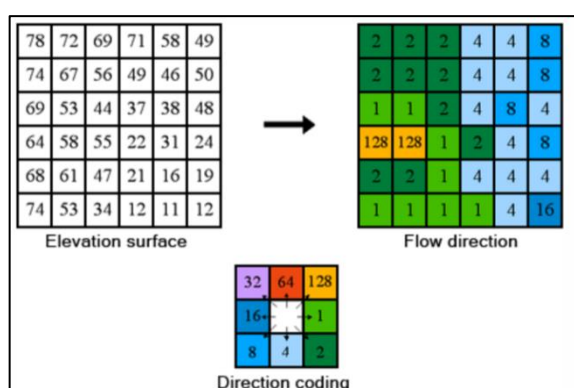


Figura 4. Codificación de la Dirección de Flujo

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

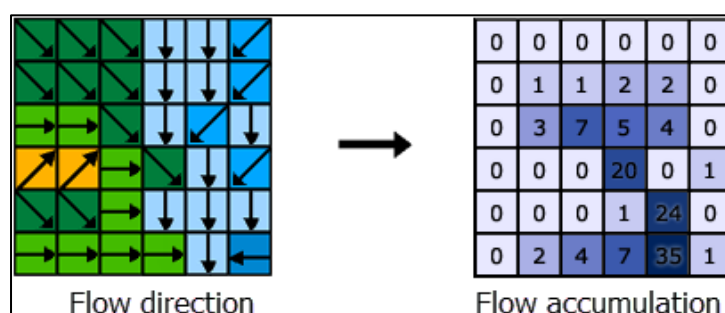


Figura 5. Acumulación de Flujo

- **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.

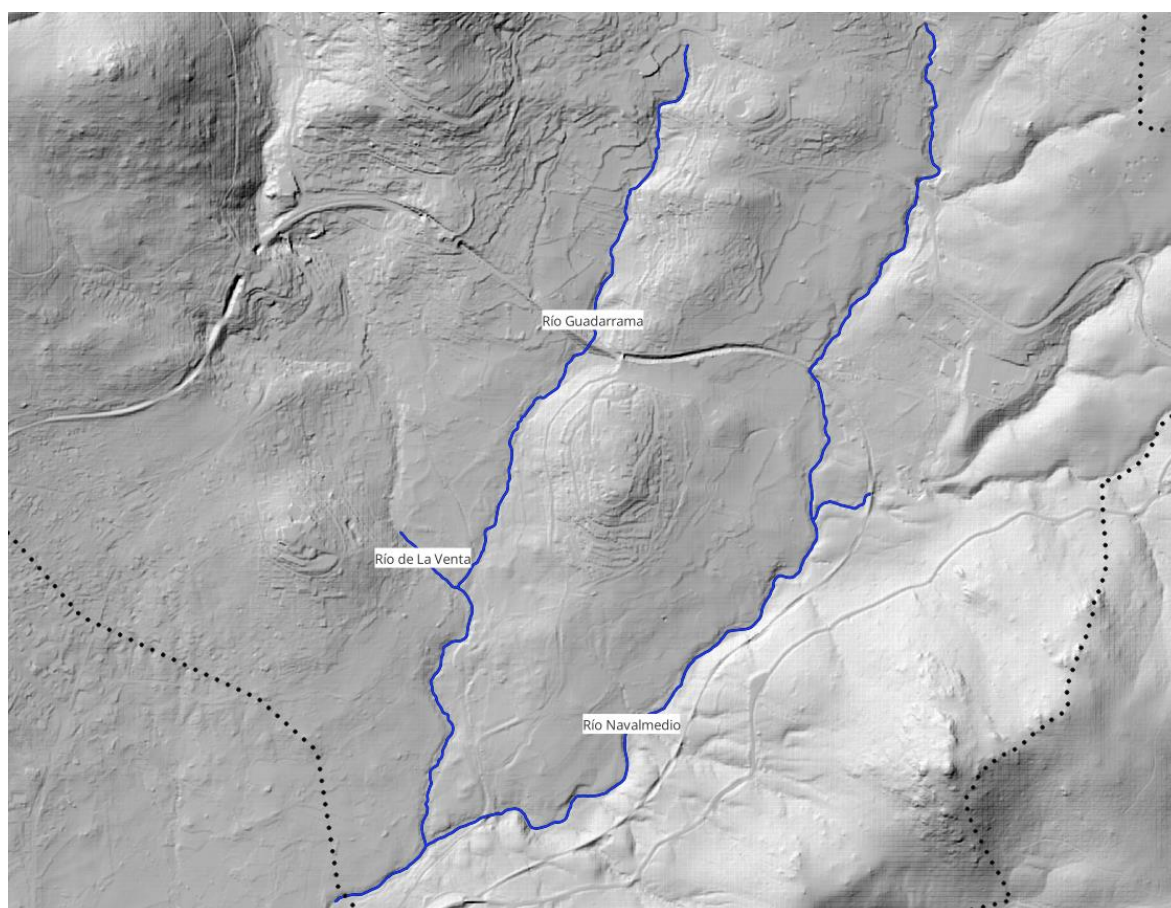


Figura 6. Red principal de drenaje objeto de este estudio.

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 m³/s

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

A: superficie de la cuenca en km²

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

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

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 isóneas que se adjunta. Corresponde a la figura 2.4 de la Instrucción 5.2-I.C.

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

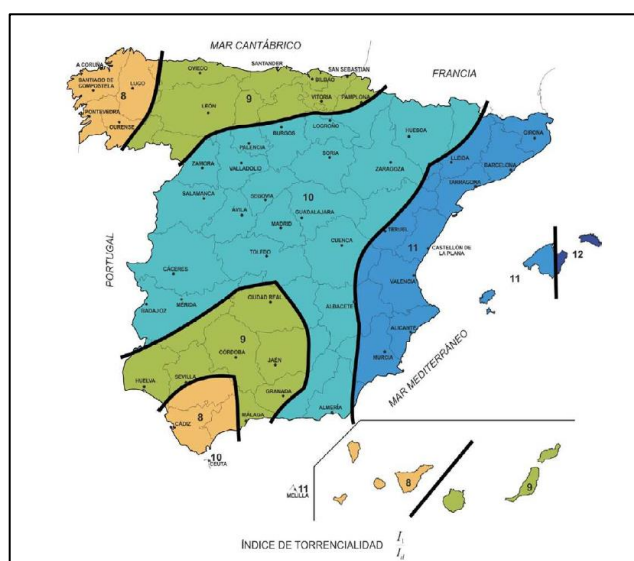


Figura 7. Mapa de Isolíneas I_1/I_0

Por la ubicación geográfica de la actuación, la relación (I_1/I_0), 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:

$$C = 0 \rightarrow \text{si } \frac{P_d}{P_o} \leq 1$$

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

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

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D

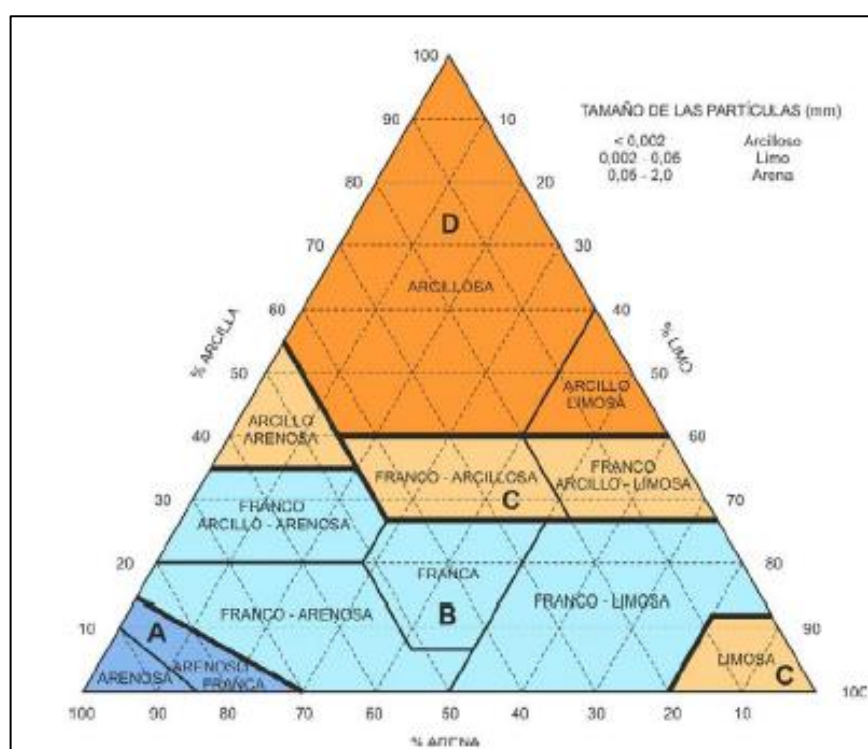


Figura 8. Diagrama de texturas clasificación de suelos.

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:

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

Dicha corrección se efectúa mediante el producto del valor obtenido en las tablas por el factor corrector β 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 β_{medio} **1.00** con la desviación correspondiente a un intervalo de confianza del 90% (**0.50**).

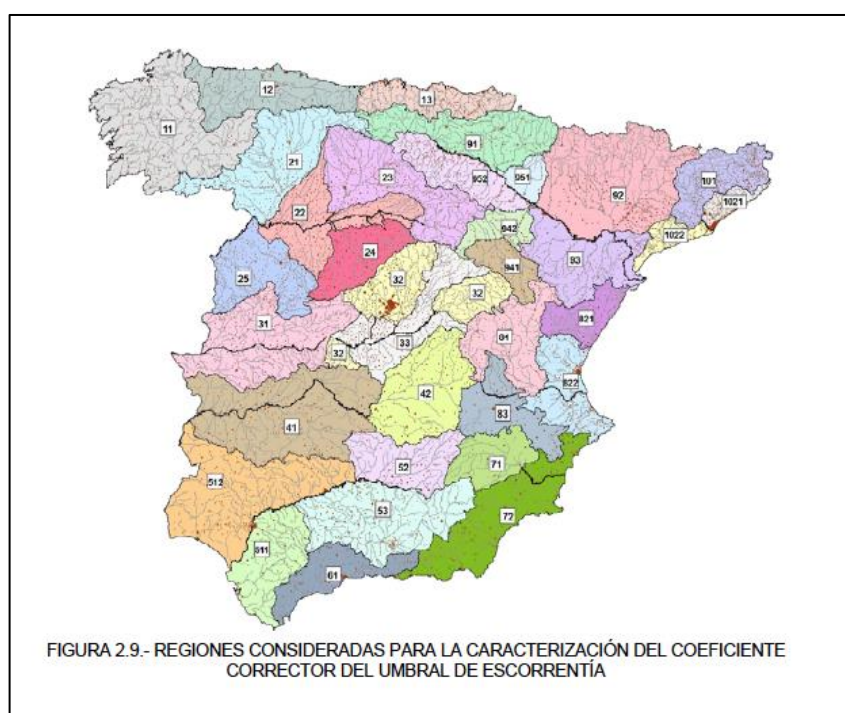


TABLA 2.5.- COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA:
VALORES CORRESPONDIENTES A CALIBRACIONES REGIONALES

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Periodo de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{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 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 adehesado		≥ 3	53	23	14	9
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adehesado		< 3	80	35	17	10
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adehesado		≥ 3	53	23	14	9
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adehesado		< 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 subarbustivos o arbustivos muy poco densos			60	24	14	10
32320	Matorrales xerófilos macaronésicos			40	17	8	5
32400	Matorral boscoso de transición			75	34	22	16
32400	Claros de bosques			40	17	8	5
32400	Zonas empantanadas fijas o en transición			60	24	14	10
32410	Matorral boscoso de frondosas			75	34	22	16
32420	Matorral boscoso de coníferas			75	34	22	16
32430	Matorral boscoso de bosque mixto			75	34	22	16
33110	Playas y dunas			152	152	152	152
33120	Ramblas con poca o sin vegetación			15	8	6	4
33200	Roquedo			2	2	2	2
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente			2	2	2	2
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)

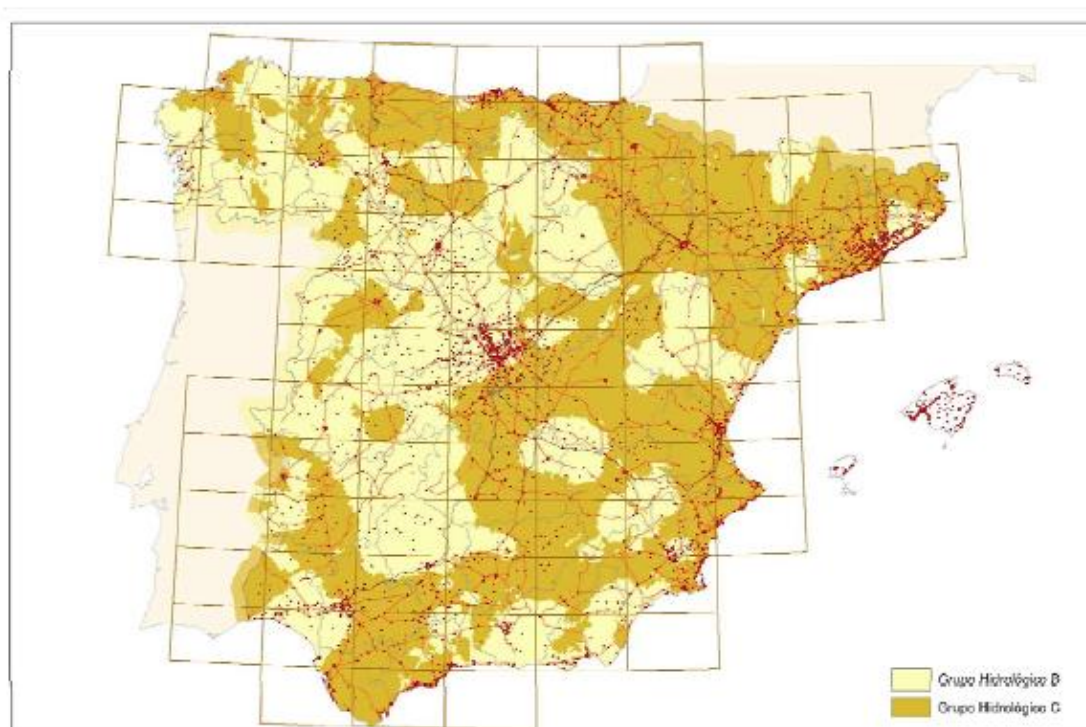


Figura 10. Grupos Hidrológicos del suelo 5.2-IC

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:

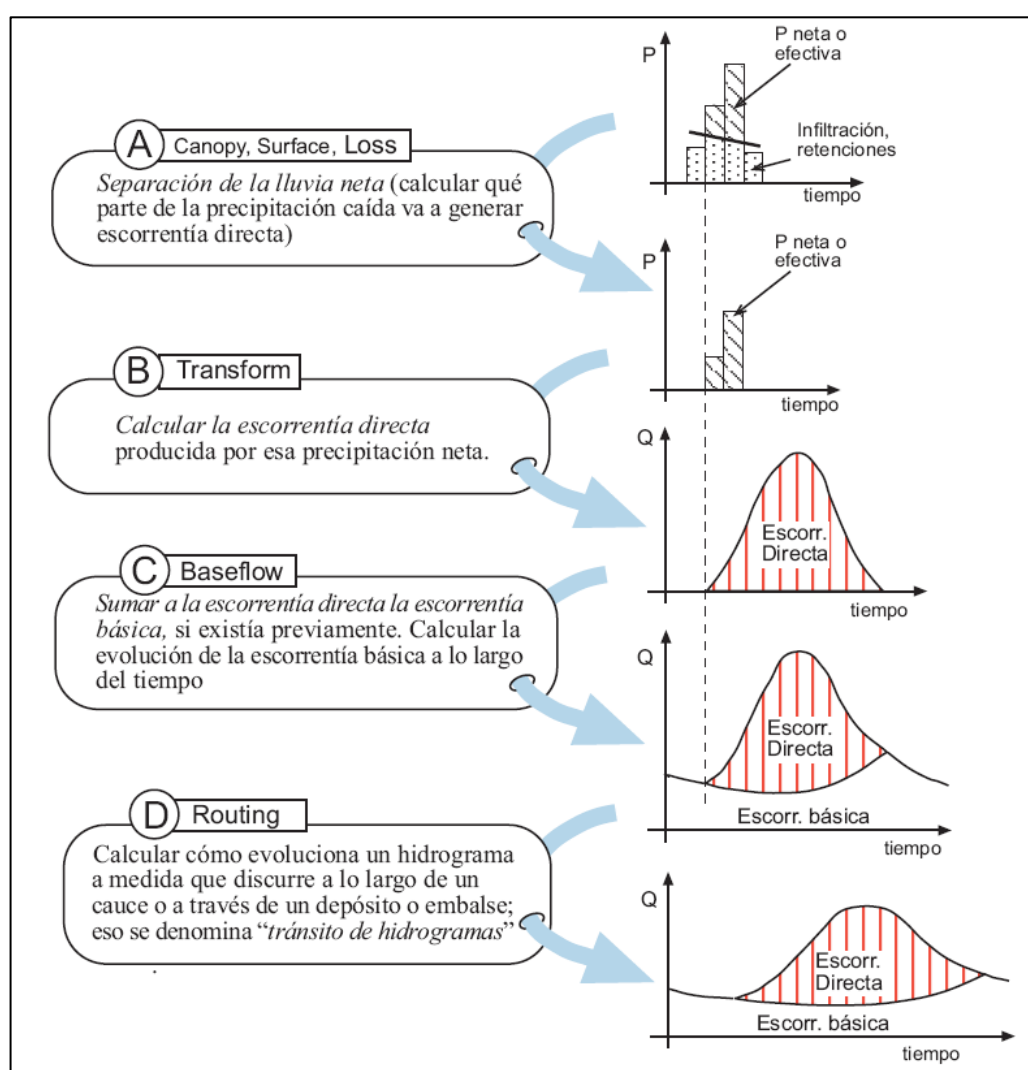


Figura 11. Fases de trabajo HEC-HMS

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 subcuenca 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 (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:

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

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.

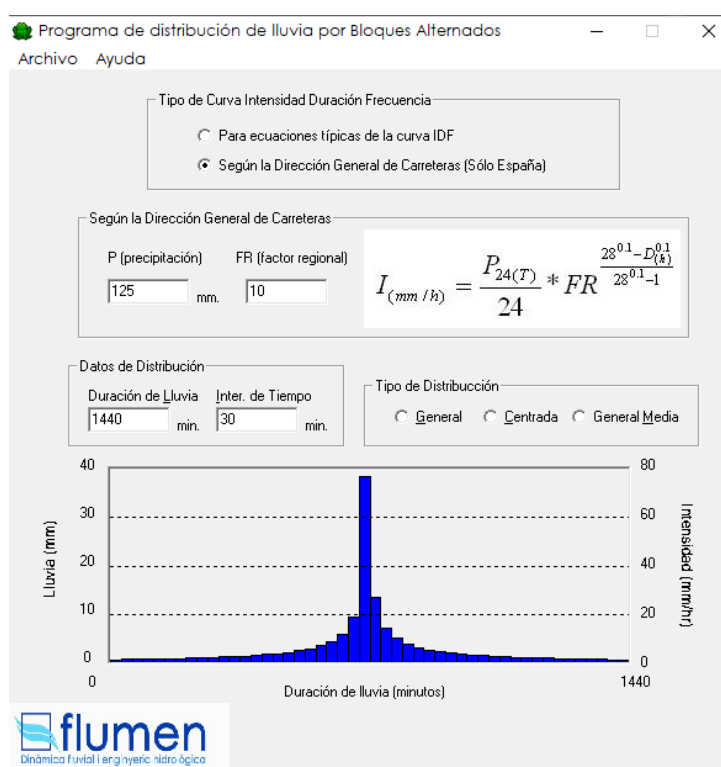


Figura 12. Interfaz del programa Bloques

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

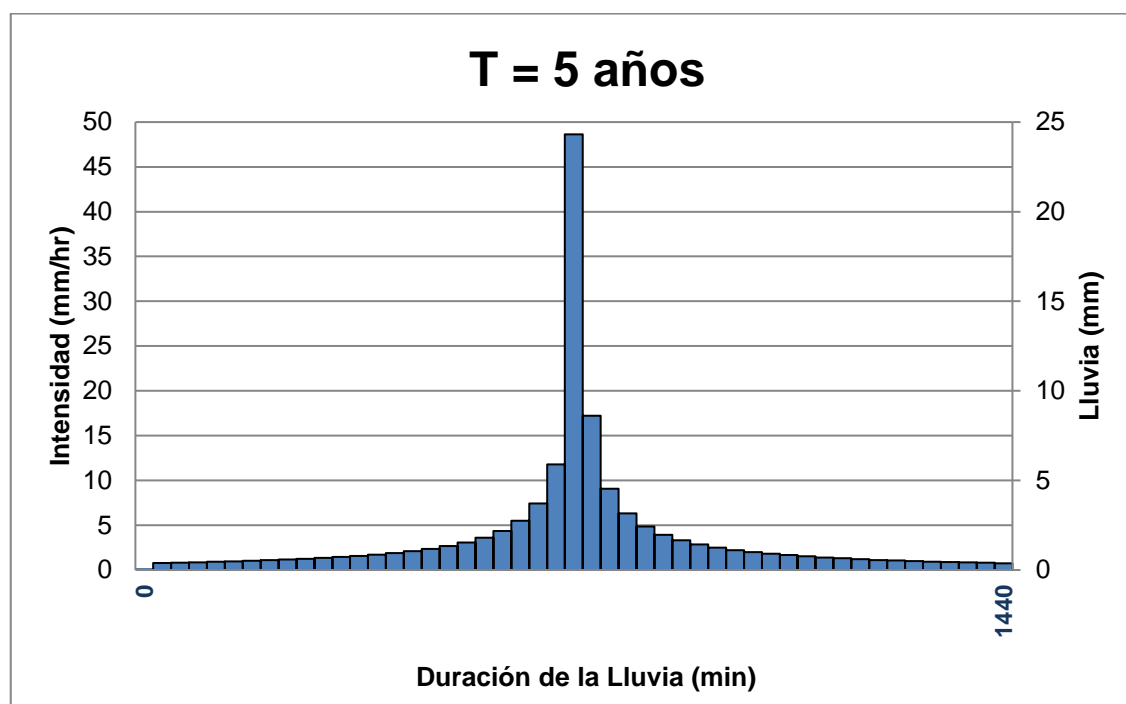


Figura 13. Hietograma por bloques alternativos periodo retorno de 5 años

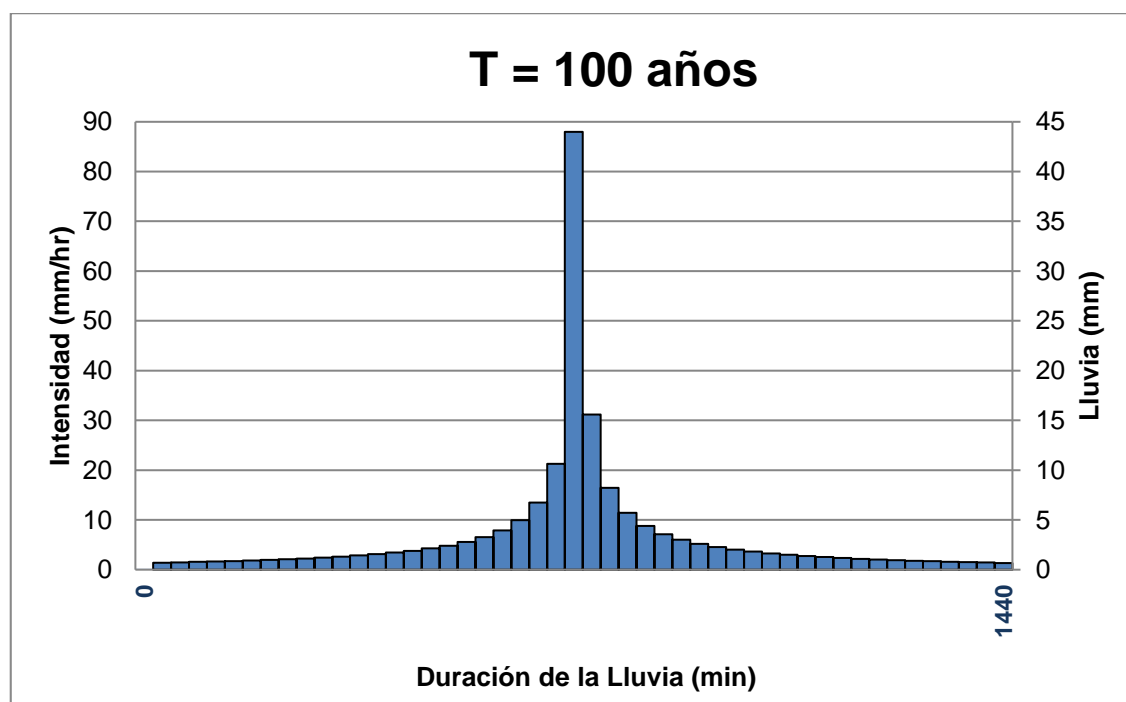


Figura 14. Hietograma por bloques alternativos periodo retorno de 100 años

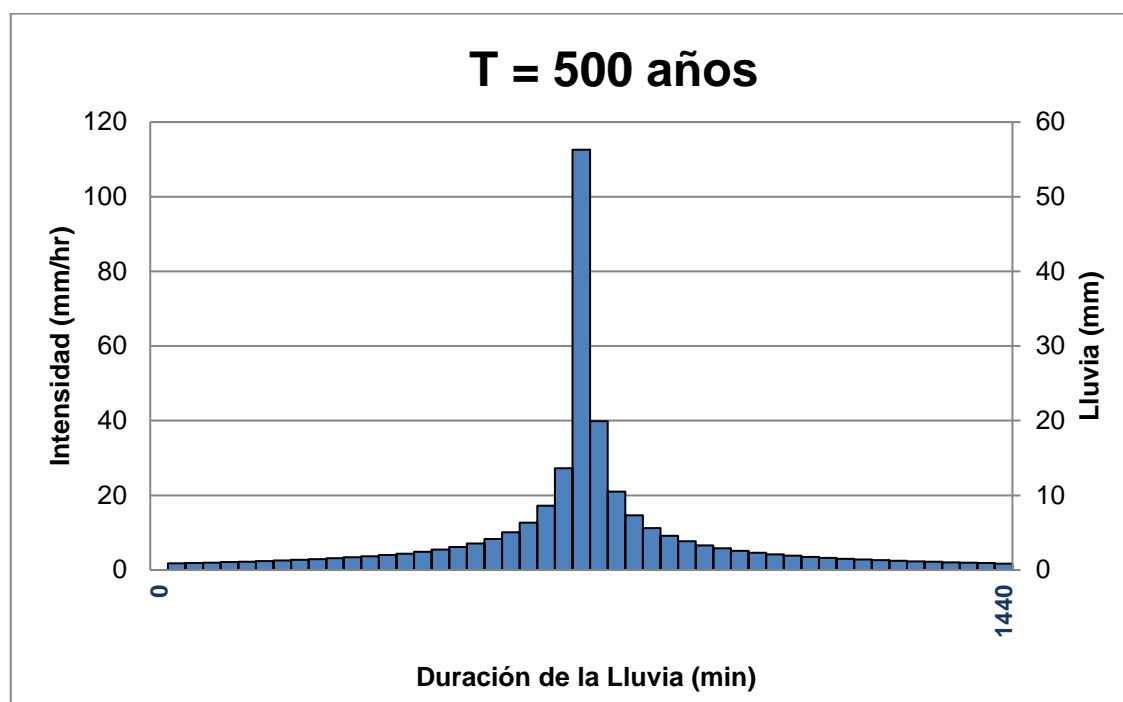


Figura 15. Hietograma por bloques alternativos periodo retorno de 500 años

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 escurrimiento 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 escurrimiento 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:

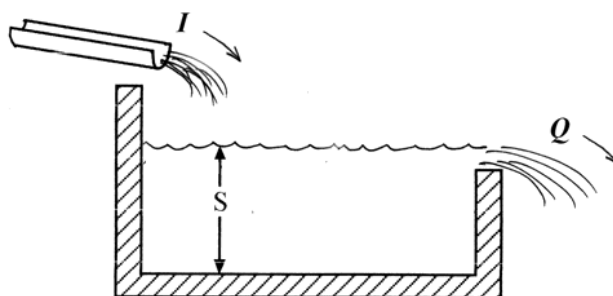


Figura 16. En un depósito lineal, el caudal de salida (Q) es proporcional al volumen almacenado (S).

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 Δt (Caudal=volumen/tiempo)

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

Dónde:

- V_{in} = Volumen que entra en un Δt
- V_{out} = Volumen que sale en el mismo Δt
- ΔS = Variación del volumen en ese Δt
- I = Caudal de entrada medio en ese Δt
- Q = Caudal de salida medio en ese Δt

Si sustituimos las ecuaciones anteriores y despejamos Q

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

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
- Δt = 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 (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 (km)	i (m/m)	Tc (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/Id	It/Id	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.

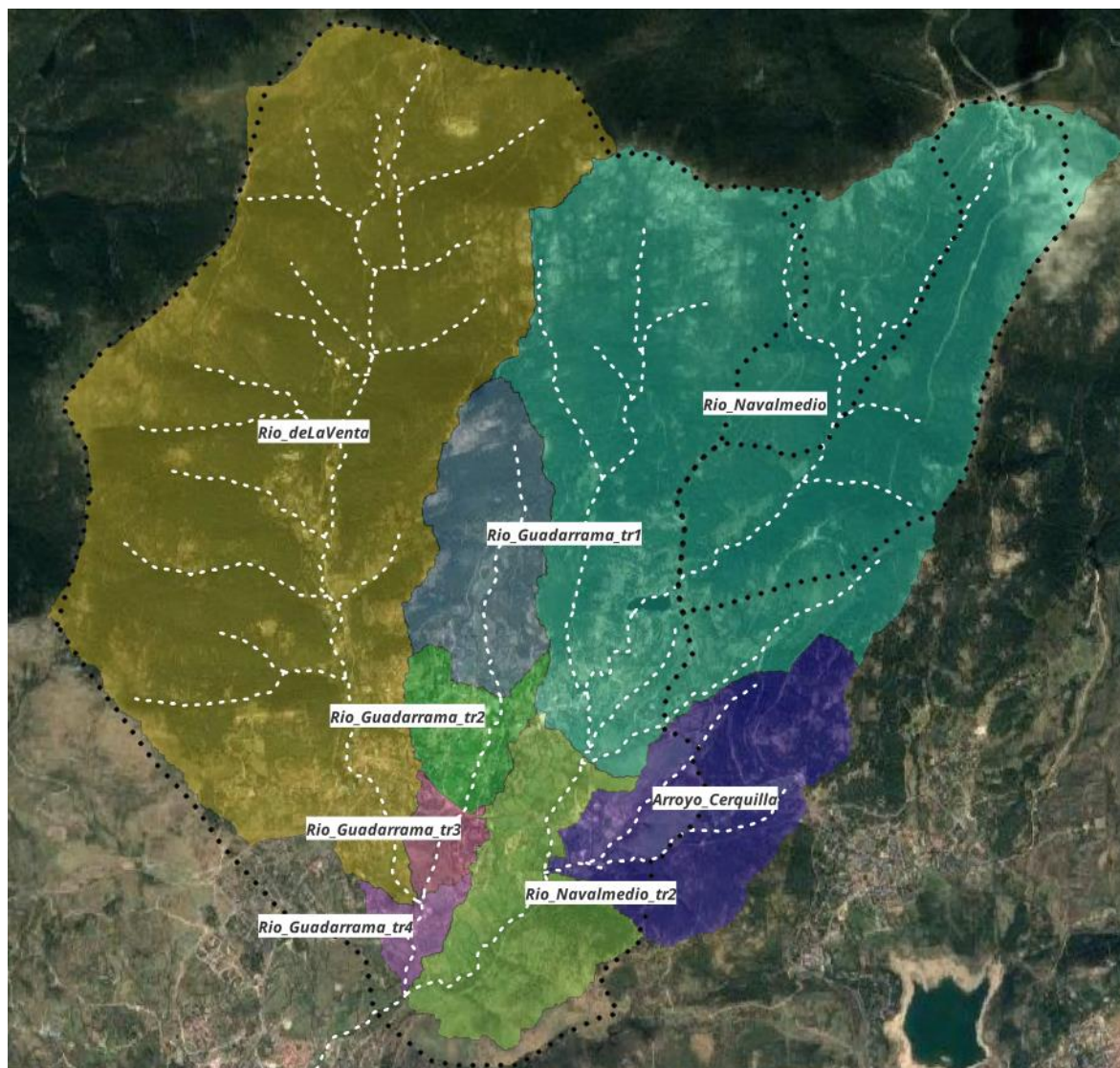


Figura 17. Cuencas consideradas en el cálculo.

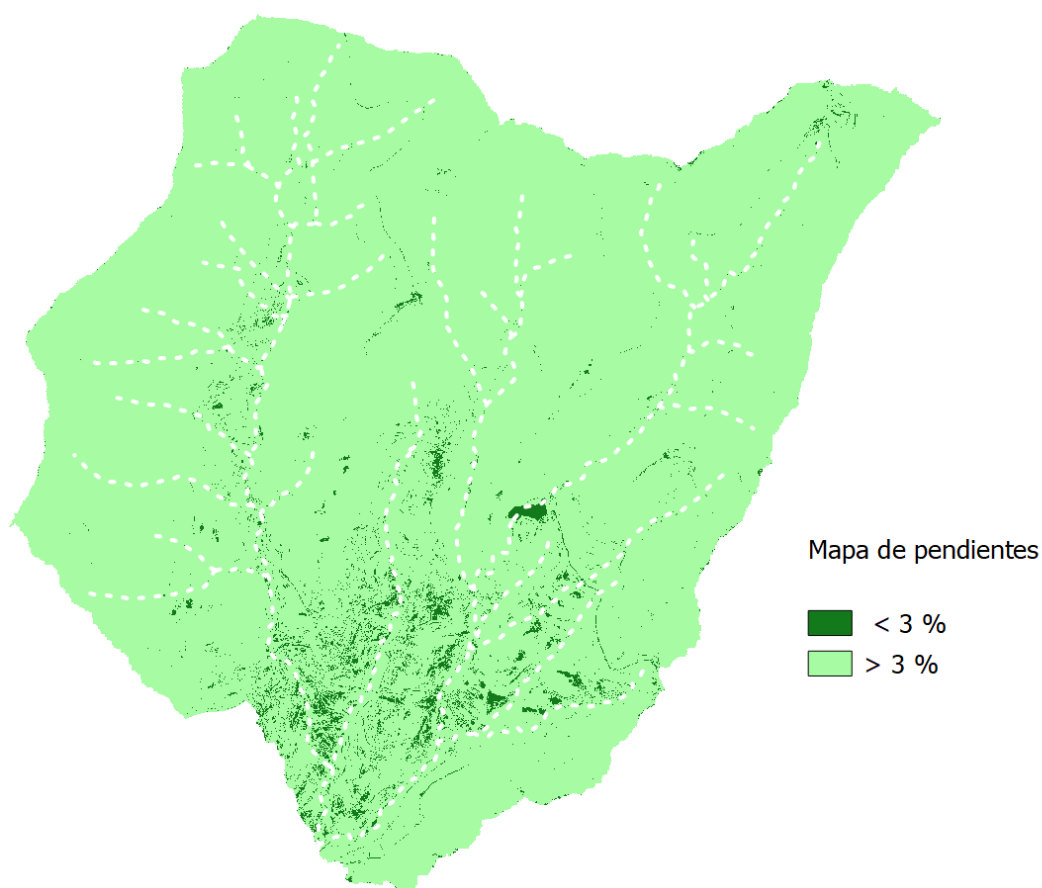


Figura 18. Mapa de pendientes.

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

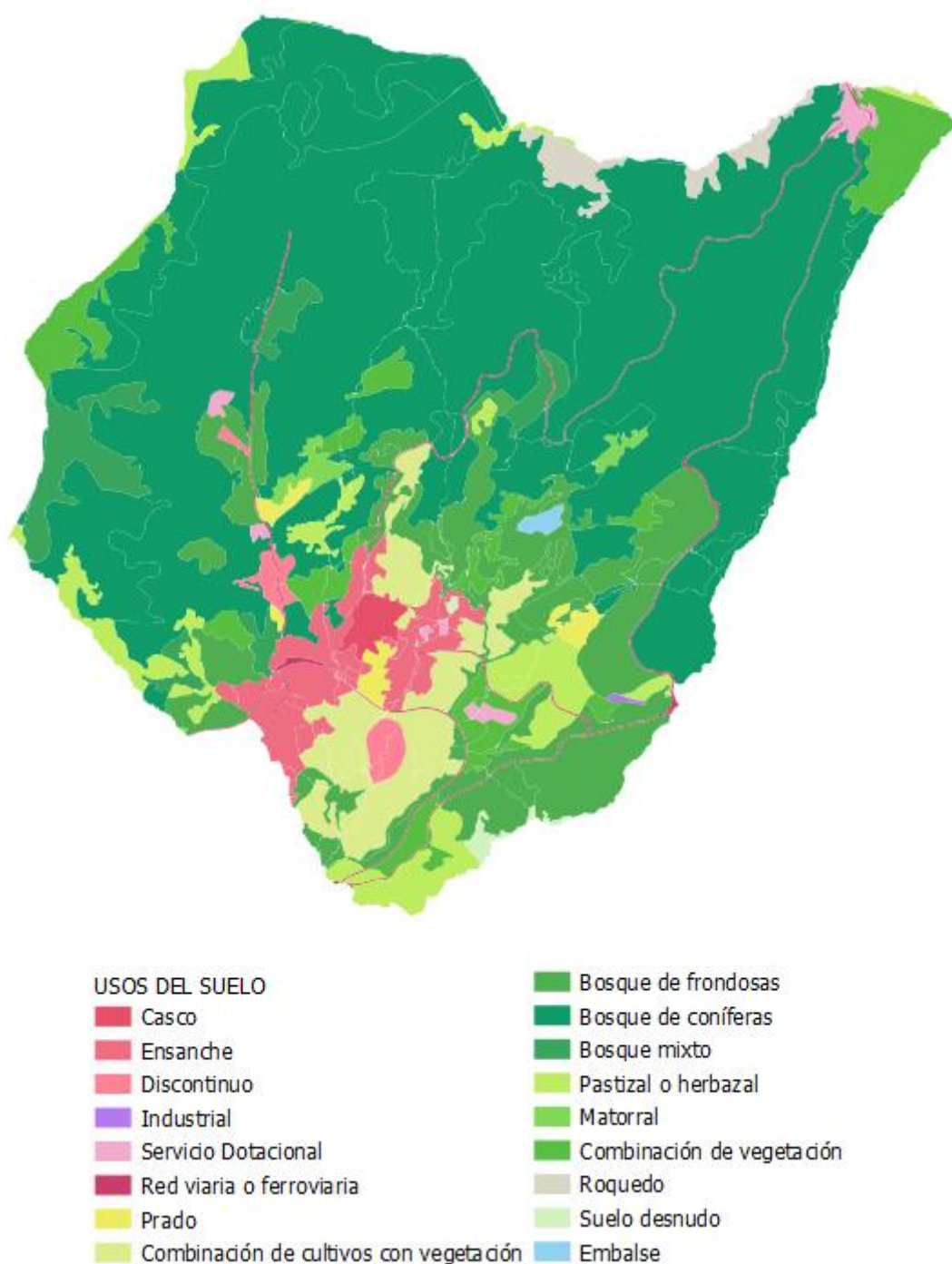


Figura 20. Mapa de Usos del suelo actuales.

SITUACIÓN ACTUAL							
USO SUELO	AREA	%	i	SUELO	P0	Coefficiente B (CEDEX)	P0 Corregido
Arroyo_Cerquilla	3,436,216.00	100%			39.96	1.50	59.94
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		
Rio_deLaVenta	18,768,416.00	100.00%			42.74	1.50	64.11
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		
Rio_Guadarrama_tr1	2,262,592.00	100%			39.07	1.50	58.61
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		
Rio_Guadarrama_tr2	996,324.00	100%			16.72	1.50	25.08
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
Rio_Guadarrama_tr3	443,748.00	288%			23.00	1.50	34.50
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		
Rio_Guadarrama_tr4	434,304.00	99%			31.03	1.50	46.54
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		
Rio_NAVALMEDIO	17,168,636.00	100%			42.96	1.50	64.43
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		
Rio_NAVALMEDIO_tr2	2,707,900.00	100%			26.80	1.50	40.20
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.

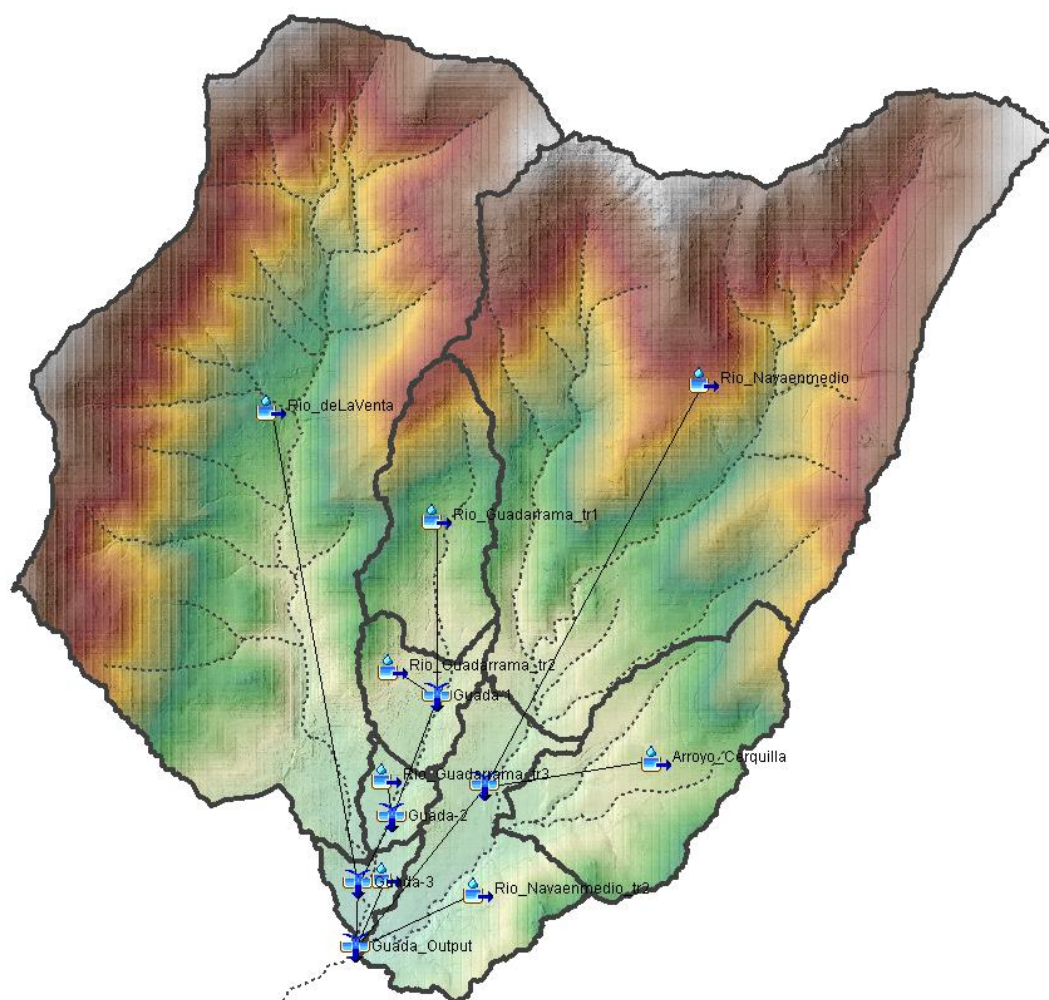


Figura 23. Modelo Hidrometeorológico HEC-HMS.

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:

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

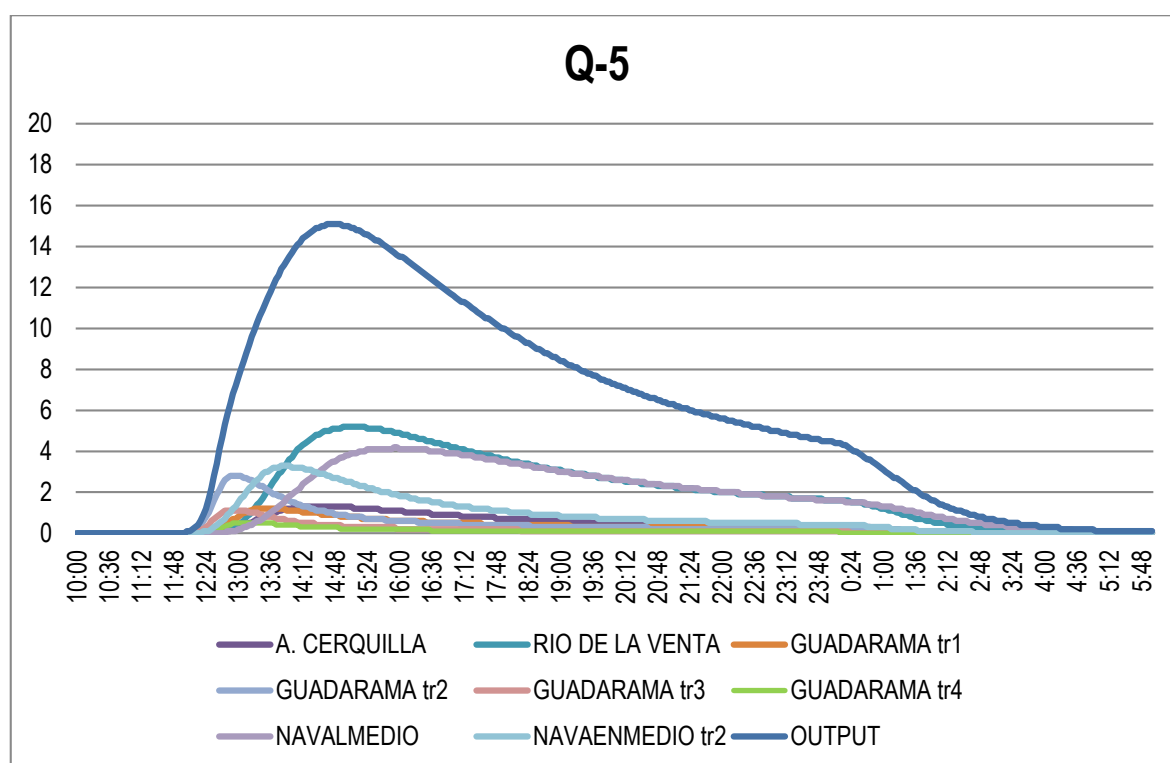
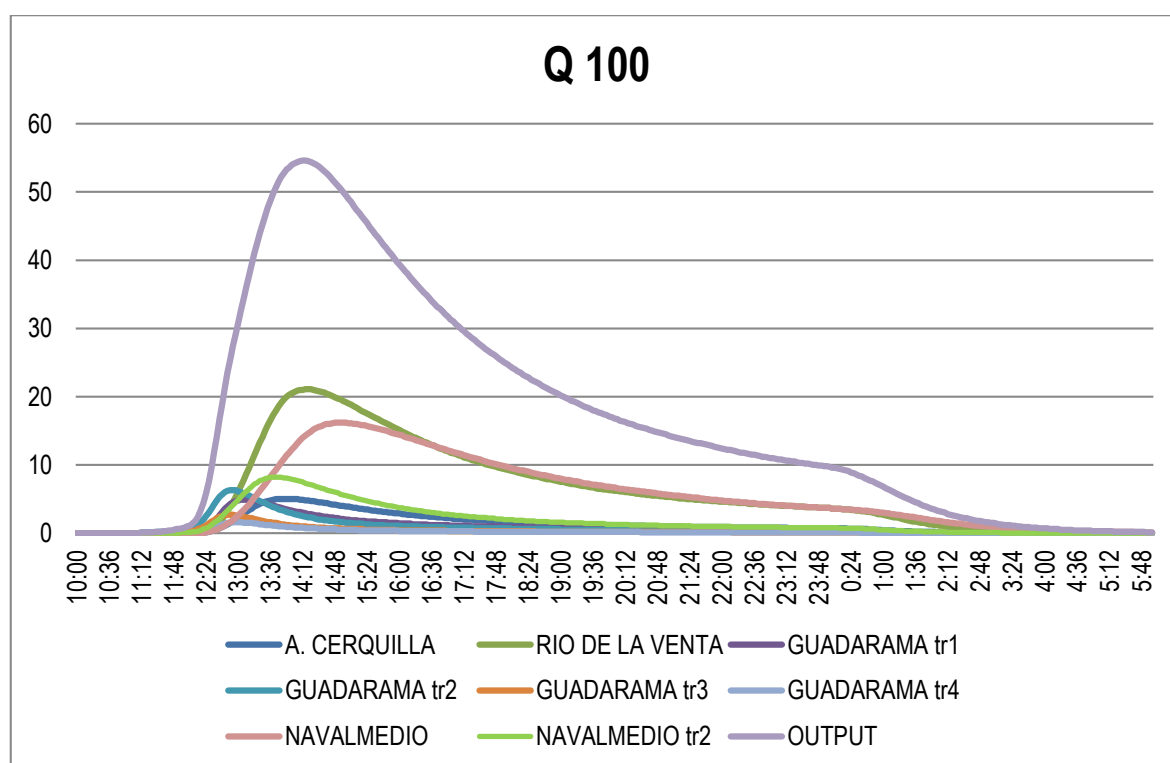
Cuenca	P0 Corregido	CN
Arroyo_Cerquilla	59.94	45.87
Rio_de La Venta	64.11	44.21
Rio_Guadarrama_tr1	58.61	46.43
Rio_Guadarrama_tr2	25.08	66.95
Rio_Guadarrama_tr3	34.50	59.56
Rio_Guadarrama_tr4	46.54	52.19
Rio_NAVALMEDIO	64.43	44.08
Rio_NAVALMEDIO_tr2	40.20	55.83

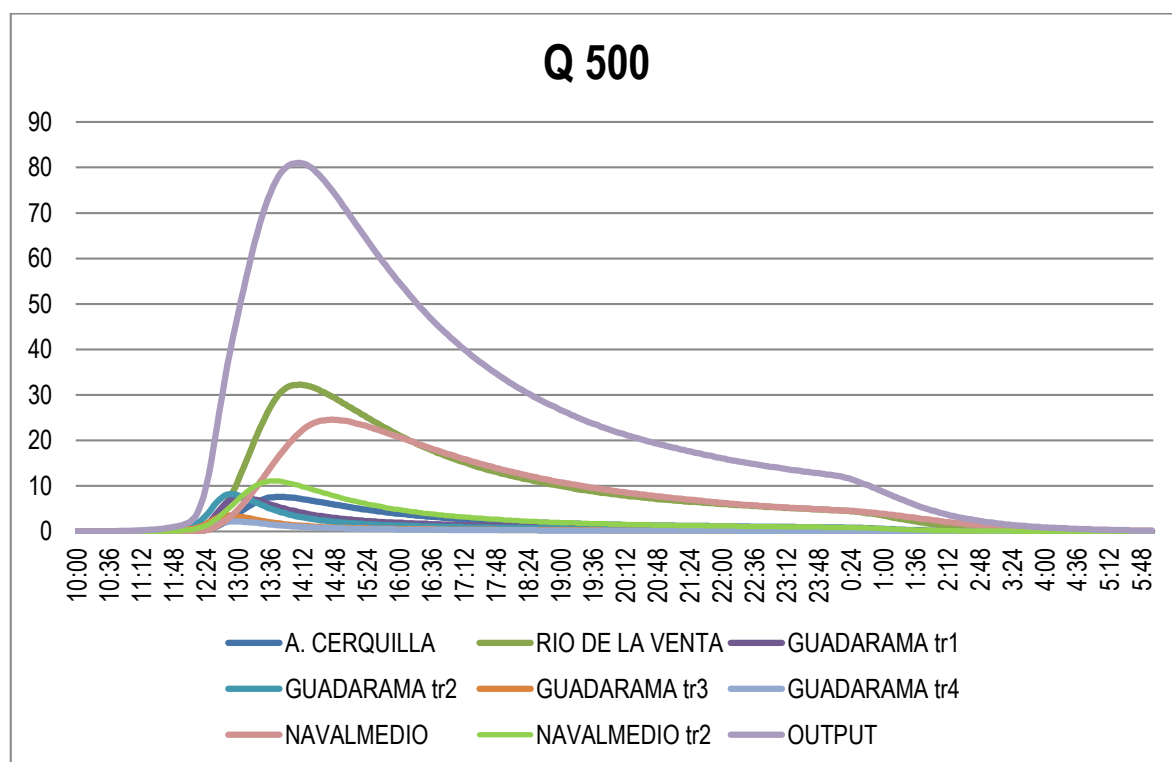
4.3. Propagación

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:



GOBIERNO
DE ESPAÑA



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



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
Capítulo 1. Iber.....	3
Capítulo 2. Modelo Digital del Terreno	6
Capítulo 3. Parámetros de Iber.....	8
3.1. Condiciones de Contorno:.....	10
3.2. Estructuras (Culverts).....	11
Capítulo 4. Postproceso y exportación de resultados.....	14
TÍTULO III. DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO PROBABLE	15
Capítulo 1. Máxima Crecida Ordinaria	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), 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.

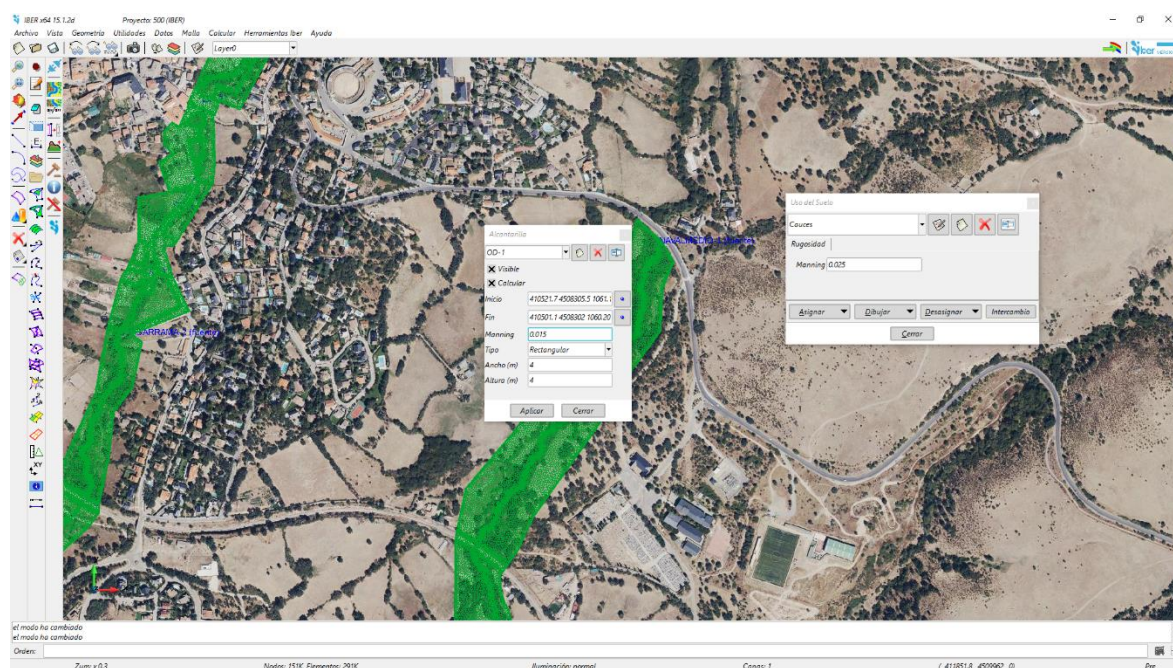


Figura 1. Interfaz del programa Iber

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:

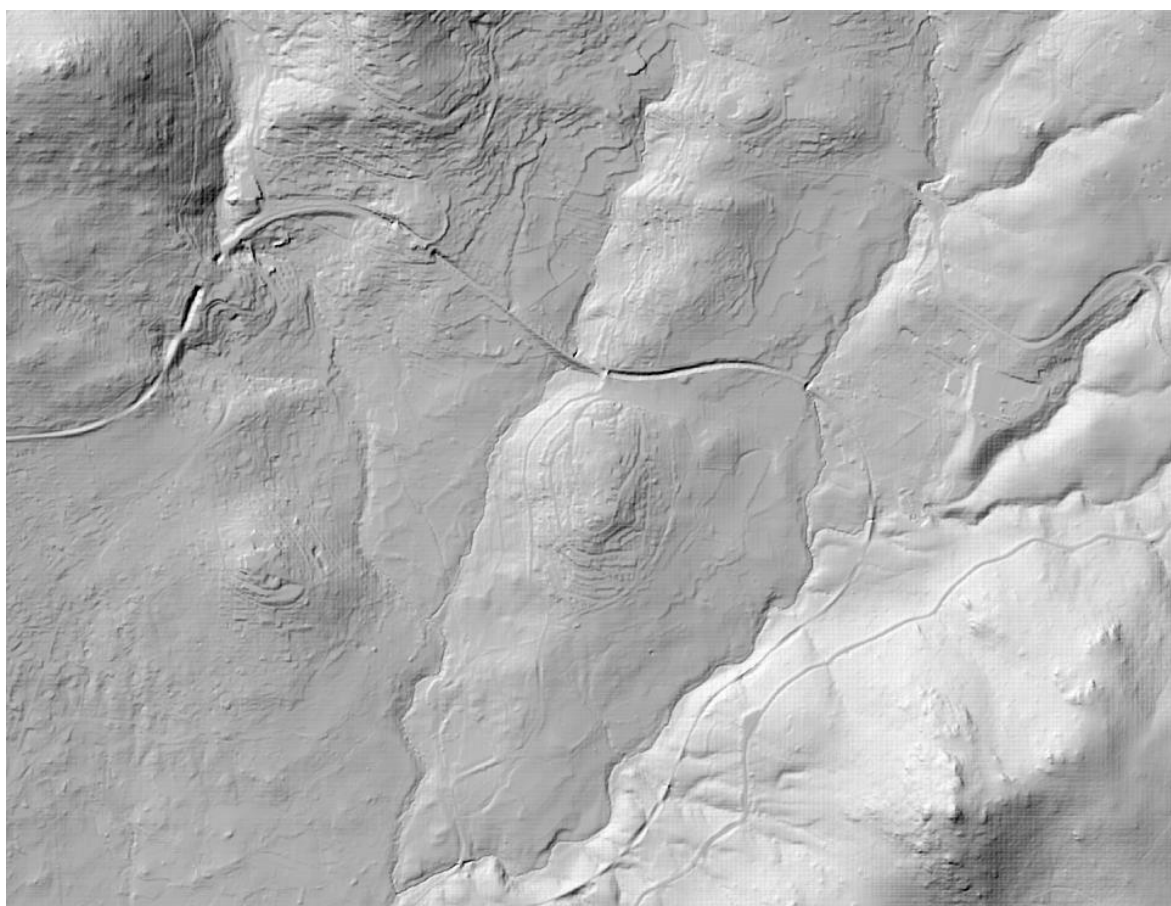


Figura 2. MDT utilizado en el cálculo.

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)

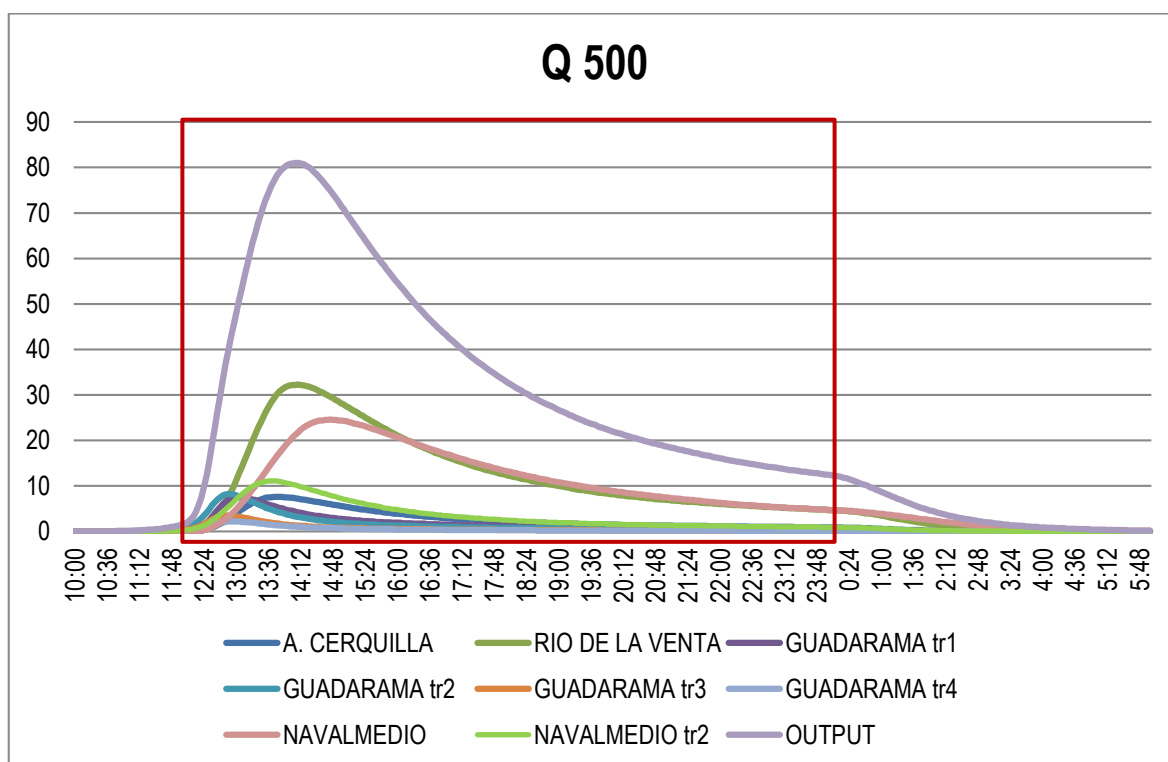


Figura 4. Parámetros de tiempo utilizados en la simulación

- **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

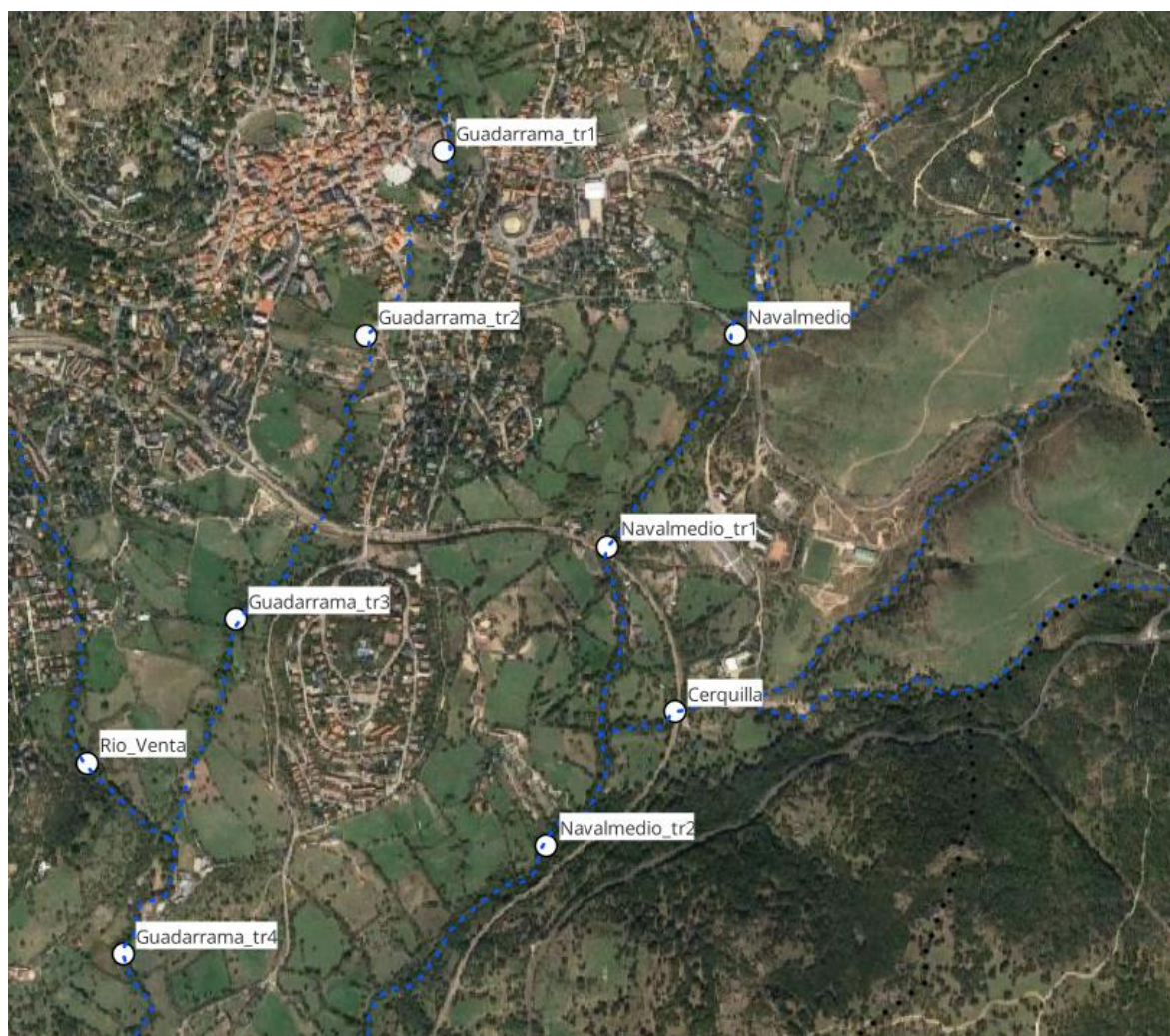


Figura 6. Entradas de caudales

3.1.2. Salida de caudales

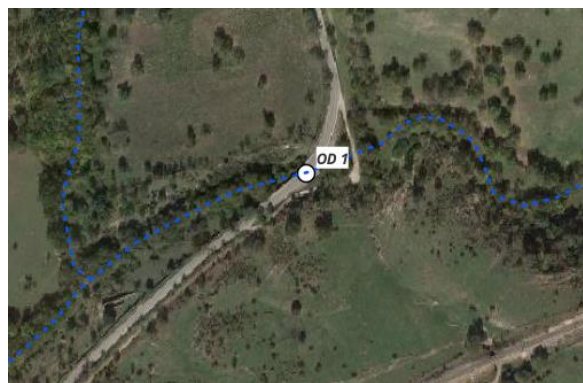
Para todos los arroyos se ha considerado un régimen crítico.

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:

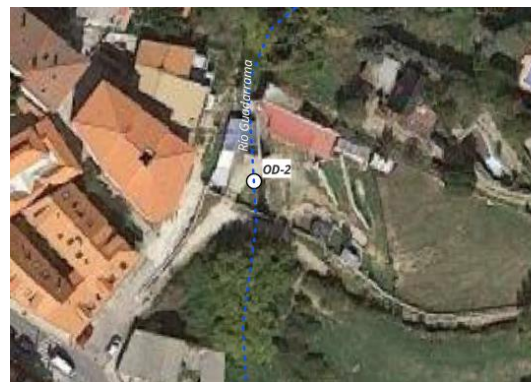
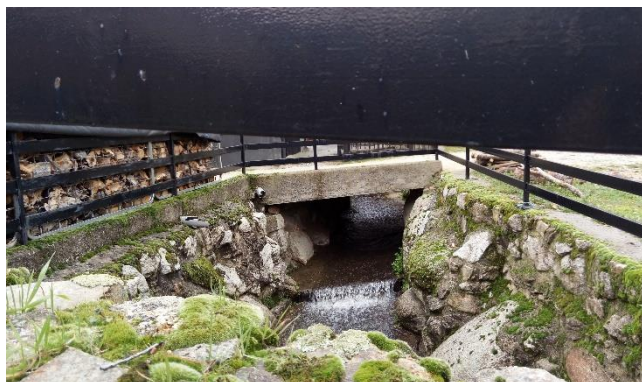
3.2.1. Río Navalmedio

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

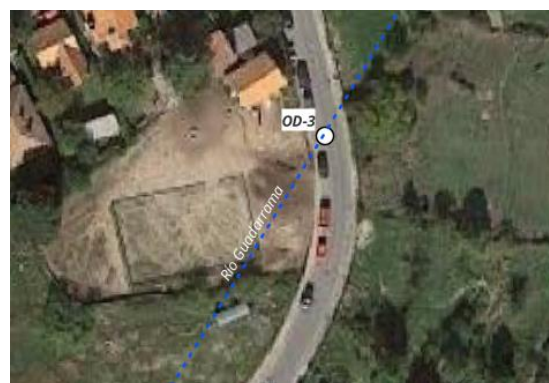


3.2.2. Río Guadarrama

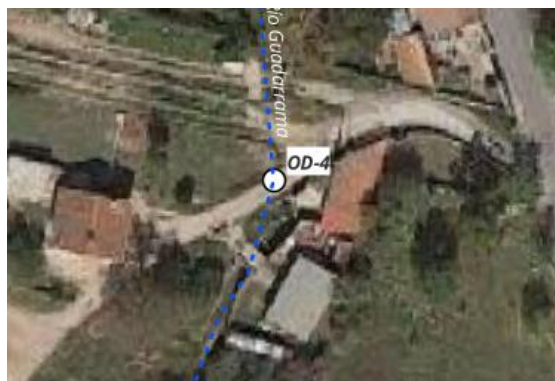
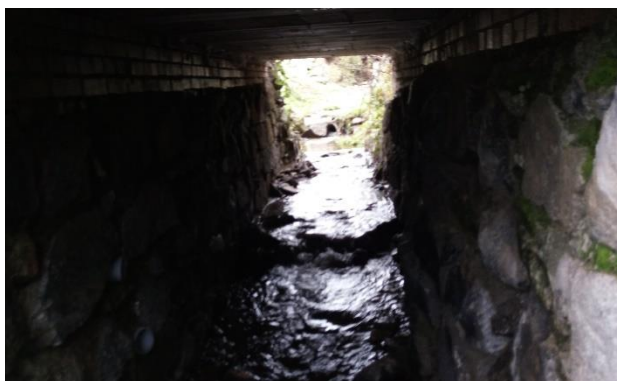
2. Obra de paso bajo Travesía Arroyo. Se introduce como un cajón de escollera de 2 x 1.5 m.



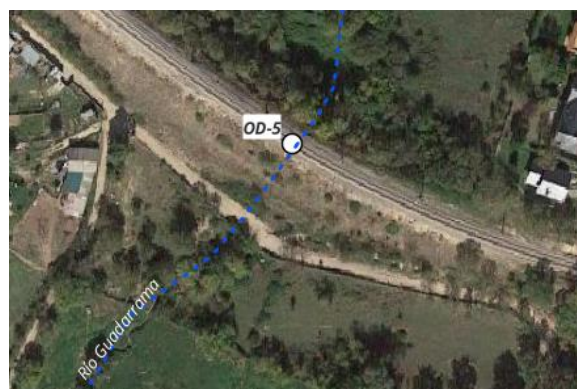
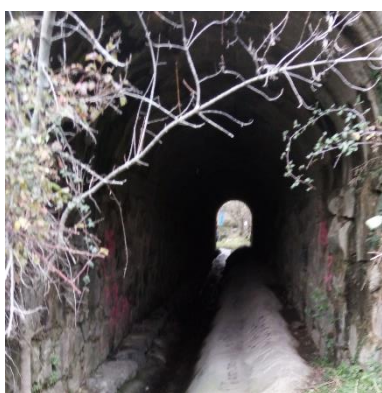
3. Obra de paso bajo la Calle del Arroyo. Se introduce como un tucó de hormigón de 1.5 m.



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

$$TMCO_{Cv} = 5.$$

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**.

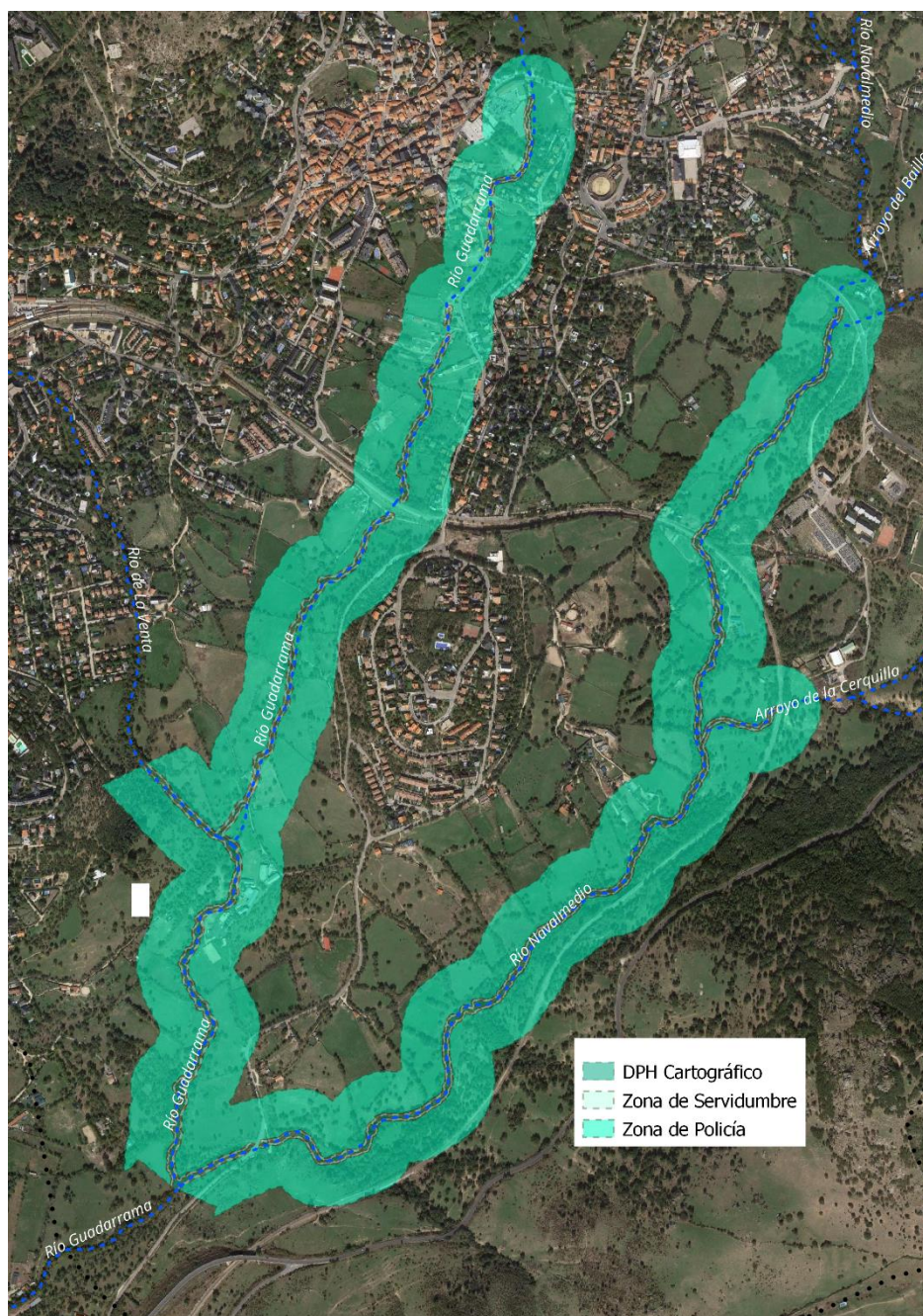


Figura 9. DPH Cartográfico o Probable.

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 m²/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.

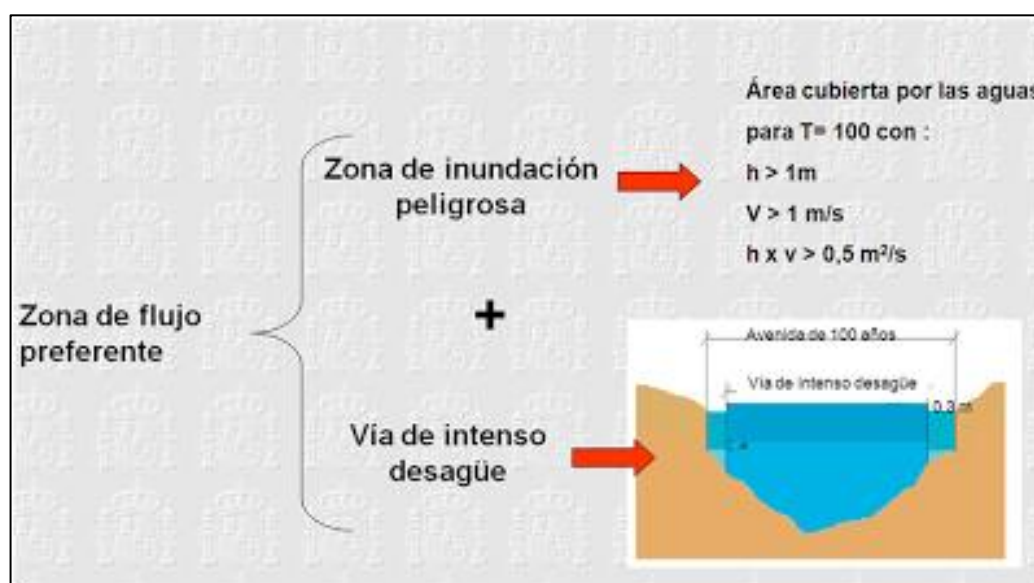


Figura 10. Esquema del cálculo de la zona de flujo preferente.



Figura 11. ZFP

Título V. ZONA INUNDABLE

De acuerdo con el art. 14.1 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), se consideran zonas inundables las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de quinientos años (0,2% de probabilidad anual).



Figura 12. Zona Inundable (RDPH)

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

Limite de la Comunidad Autónoma

Limite de Término Municipal de Cercedilla

Limite 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:

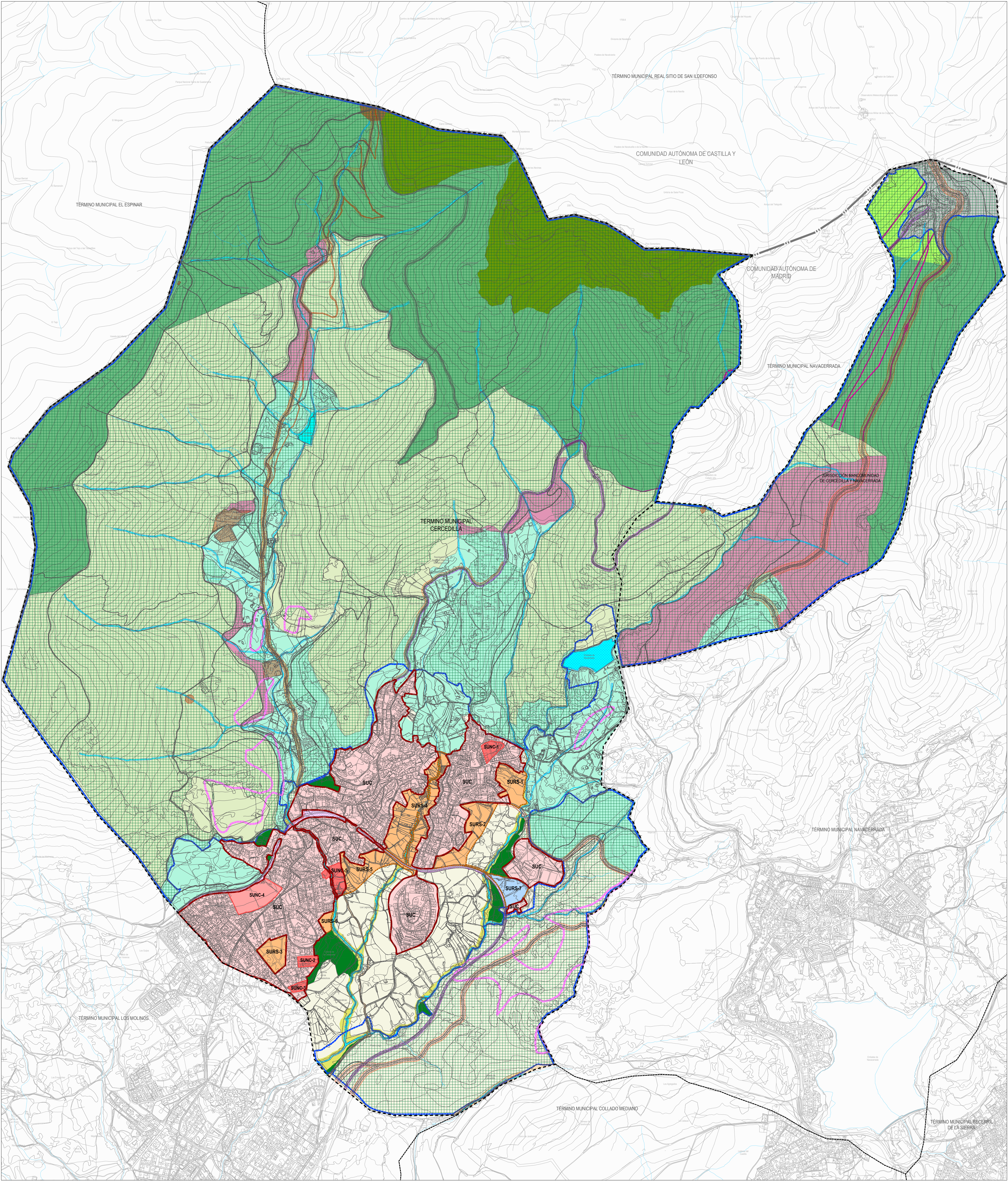
omicon
ingeniería

Dirección Técnica (Redactores):

Magdalena Barrios
Ingeniero de C.C.P.

Rubén Fernández
Arquitecto

Pedro Tarancon
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 (Terciario-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
--	------------	-------------------

SUELO NO URBANIZABLE DE ESPECIAL PROTECCIÓN (SNUP-E)

	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
	SNUP-PP-PAI	Protección Paisajística

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

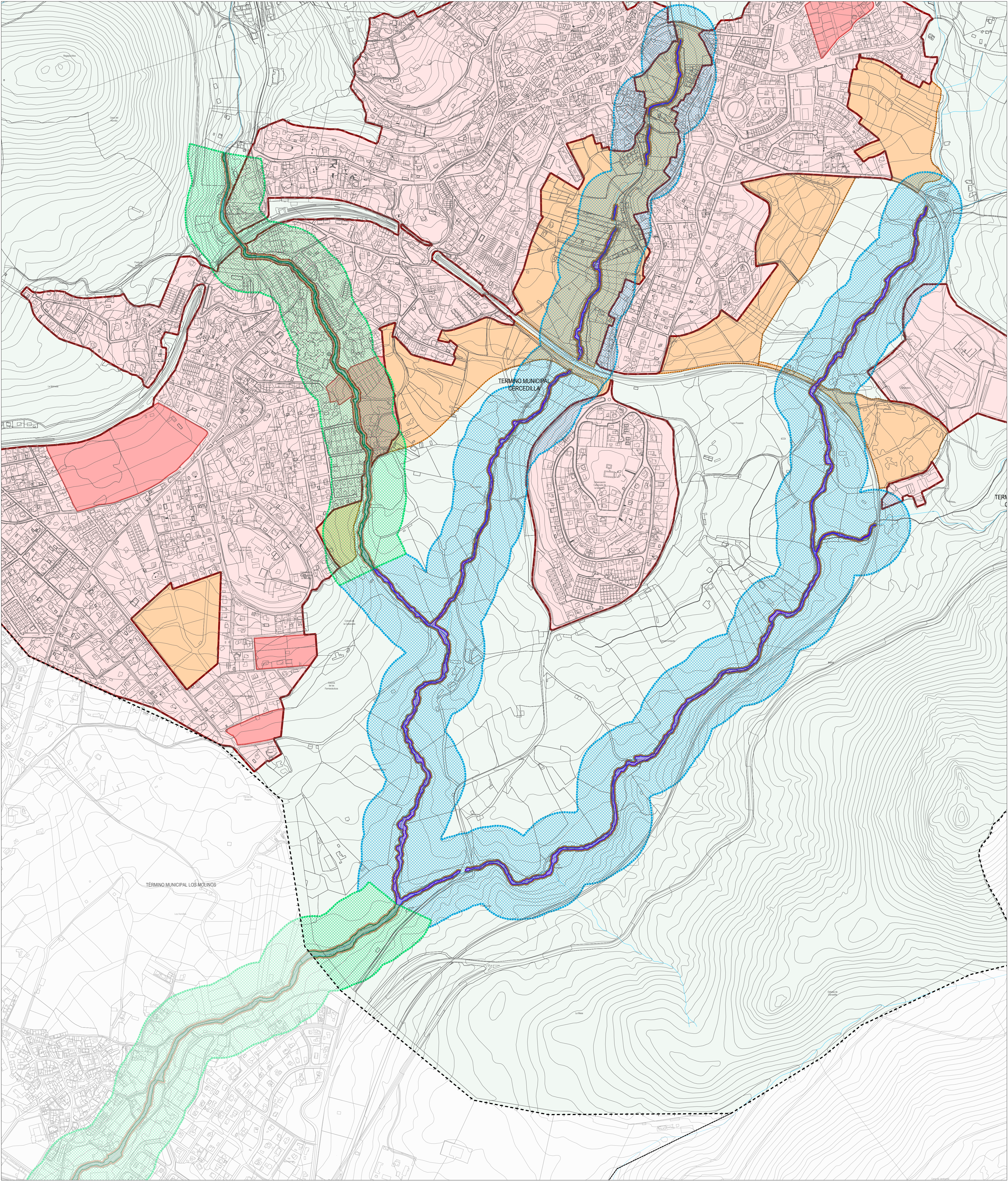
OCTUBRE 2024 E 1:15.000

Clasificación del Suelo

Promotor:

Equipo Redactor:

Dirección Técnica (Redactores):



DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO CARTOGRAFICO

SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES (SNCZI)

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

CLASIFICACIÓN DE SUELO

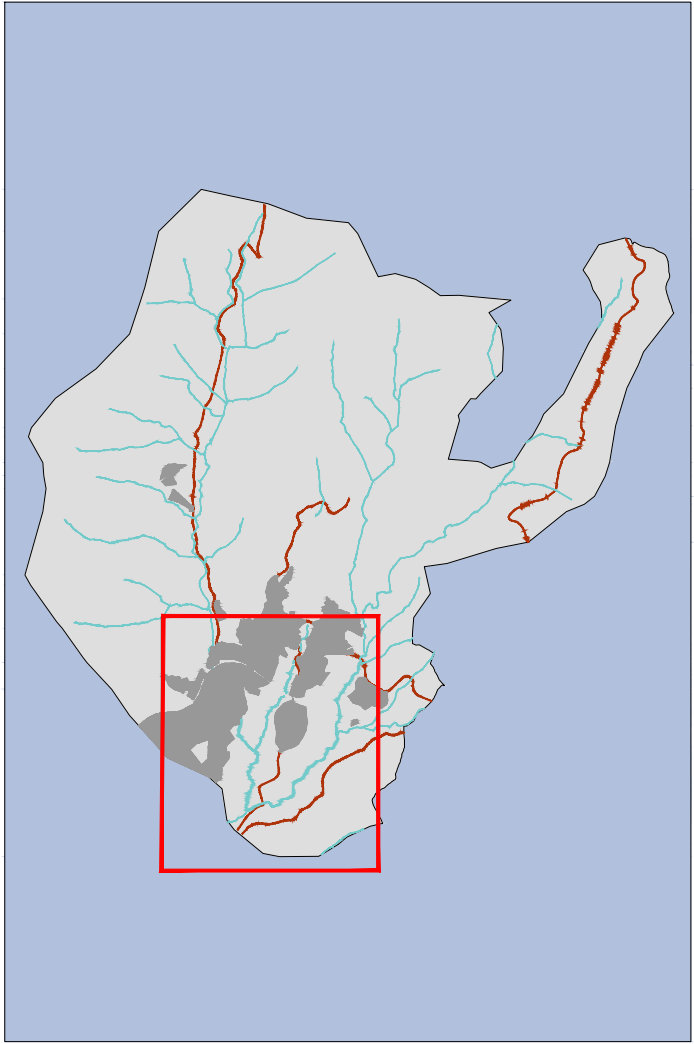
- Suelo Urbano Consolidado
- Suelo Urbano No Consolidado
- Suelo Urbanizable Sectorizado
- Suelo No Urbanizable de Protección

OTRAS DELIMITACIONES

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

CÁLCULO AVANCE DEL PGOU

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



PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE CERCEDILLA (MADRID)

DOCUMENTO DE AVANCE

EH-04

OCTUBRE 2024

E 1:5.000

Dominio Público Hidráulico Cartográfico

Promotor:



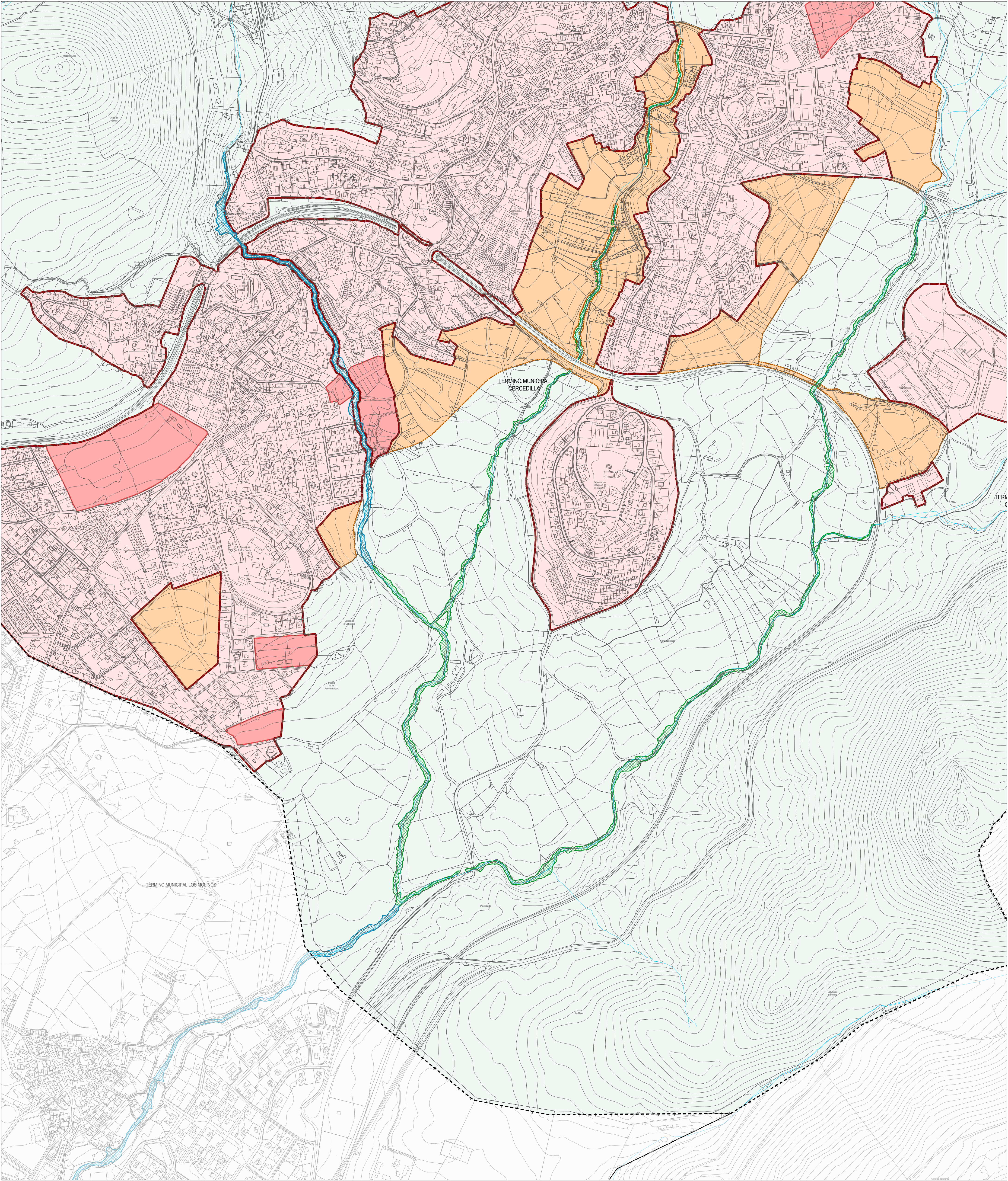
AYUNTAMIENTO DE
CERCEDILLA

Equipo Redactor:



Dirección Técnica (Redactores):

Magdalena Barreales
Ingeniero de C.C.P.
Rubén Fernández
Arquitecto
Pedro Taranón
Arquitecto



ZONA DE FLUJO PREFERENTE

SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES (SNCZI)

Zona de Flujo Preferente SNCZI (T=100)

CÁLCULO AVANCE DEL PGOU

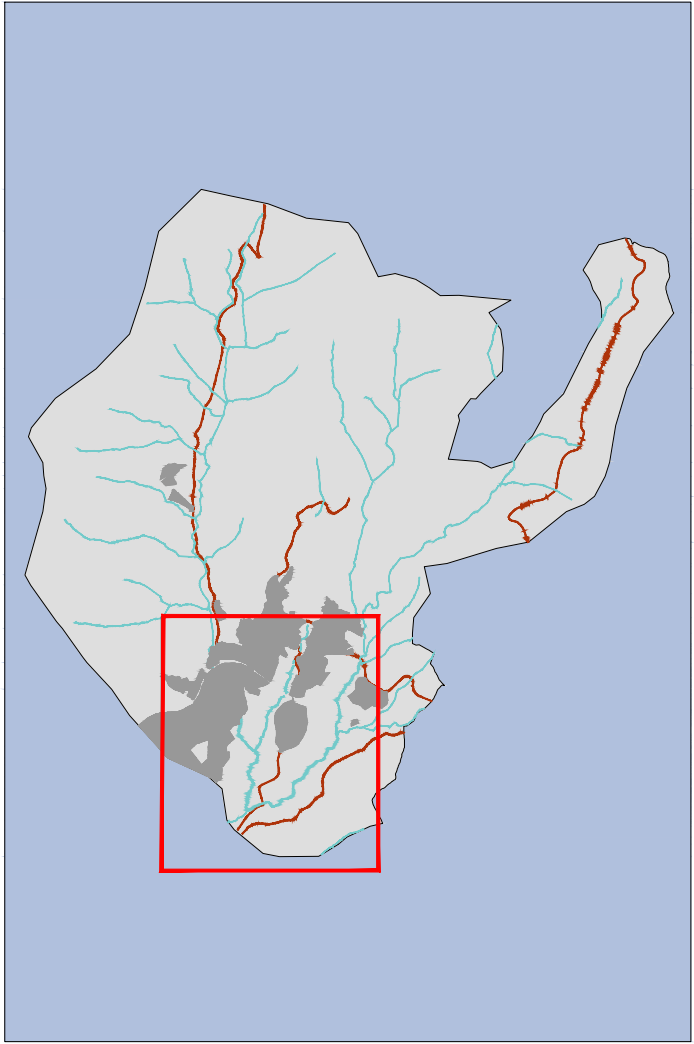
Zona de Flujo Preferente (T=100)

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-05

OCTUBRE 2024

E 1:5.000

Zona de Flujo Preferente. T= 100

Promotor:



AYUNTAMIENTO DE CERCEDILLA

Equipo Redactor:



Dirección Técnica (Redactores):

Magdalena Barreales
Ingeniero de C.C.P.

Rubén Fernández
Arquitecto

Pedro Taranón
Arquitecto