

# TOMO I. ESTUDIO HIDROLÓGICO

**ÍNDICE**

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1.	<b>Objeto</b> .....	<b>1</b>
1.2.	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO</b> .....	<b>2</b>
2.1.	<b>Condiciones del medio físico</b> .....	<b>2</b>
2.1.1.	Orografía y Climatología .....	2
2.1.2.	Geología y Geomorfología .....	6
2.1.3.	Edafología .....	10
2.1.4.	Hidrología .....	13
2.2.	<b>Situación de la gestión del agua</b> .....	<b>23</b>
<b>3.</b>	<b>PREVISIÓN DE MODIFICACIONES EN LA RED HIDROGRÁFICA Y LA CAPACIDAD HÍDRICA</b> .....	<b>30</b>
3.1.	<b>Clasificación del suelo establecida por el nuevo Plan General</b> .....	<b>30</b>
3.2.	<b>Implicaciones en la red hidrográfica y capacidad hídrica de los cambios en el Planeamiento</b> .....	<b>33</b>
3.2.1.	Modificaciones del Coeficiente de Escorrentía .....	35
3.2.2.	Caudales en la Situación Postoperacional. ....	36
<b>4.</b>	<b>REDES DE ABASTECIMIENTO, SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN</b> .....	<b>37</b>
4.1.	<b>Abastecimiento</b> .....	<b>37</b>
4.1.1.	Caudales .....	37
4.1.2.	Necesidades en la red de abastecimiento .....	41
4.1.3.	Criterios de diseño .....	42
4.2.	<b>Saneamiento y depuración</b> .....	<b>42</b>
4.2.1.	Saneamiento de aguas residuales .....	43
4.2.2.	Saneamiento de aguas pluviales .....	44
<b>5.</b>	<b>DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y ZONAS INUNDABLES</b> .....	<b>48</b>
5.1.	<b>Zona Inundable</b> .....	<b>48</b>
5.2.	<b>Zona de Flujo Preferente</b> .....	<b>50</b>
5.3.	<b>Dominio Público Hidráulico</b> .....	<b>52</b>
<b>6.</b>	<b>ANEJOS</b> .....	<b>54</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. 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 son los relacionados con el medio hídrico, es decir, 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 Decreto 170/98, así como a lo establecido en el Plan Hidrológico del Tajo, cuya revisión ha sido aprobada mediante el Real Decreto 35/2023, de 24 de enero.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los Objetivos específicos que se pretenden alcanzar, 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. A su vez, se han estimado también los producidos para períodos de retorno de 10 y 500 años.
4. Justificación del caudal de pluviales producidas 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.

Conviene aclarar en este punto que los cálculos son estimativos, dado el nivel de ordenación y el alcance de la fase de planeamiento actual.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

Se presentan los rasgos principales del medio físico, medio socioeconómico, planeamiento vigente y redes de saneamiento existentes en el Término Municipal, que caracterizan la red hidrográfica y redes de saneamiento, para poder así identificar los cambios que introducirá en ellas el nuevo planeamiento.

### 2.1. CONDICIONES DEL MEDIO FÍSICO

#### 2.1.1. Orografía y Climatología

La topografía se encuentra perfectamente diferenciada entre los esquistos, la garganta del río Lozoya y las laderas del Ayllón y de la sierra del Guadarrama. El núcleo urbano de Mangirón se encuentra a una cota de 1000 metros de altitud sobre el nivel del mar, estando la cota mínima en el lecho del río Lozoya, al sur del municipio, alcanzando los 880 metros de altitud. La cota máxima se alcanza en el Peña Águila, al noreste de la localidad de Puentes Viejas, a 1650 metros.

Puentes Viejas se sitúa en la parte alta de la cuenca del río Lozoya. El municipio está atravesado por diferentes arroyos, Prado Concejón, los Tormos, Carnicerías, Malillo, la Hoz, el Prado Espino, Vallarejo, el Sarnoso, la Hoyuela, las Quebradas, el Pazo de la Pila, los Espinares, Mangirón, la Nava, el Ángel, el Verdinal, la Alameda, Recombo, y por el río Lozoya.

La orografía es relativamente accidentada, marcada notablemente por el cauce del Lozoya y sus embalses. El sur es la zona menos abrupta, al oeste sobresale el Cerro del Picazuelo (1.250m) y destaca la cumbre de Peña Águila (1.650m) por conformar una barrera topográfica con Puebla de la Sierra, al noreste. El núcleo se sitúa en una zona con suave pendiente (entre 3-12%), más pronunciada en el norte del área central del curso del Lozoya, con pendiente entre 12-24%, y bastante más significativa al noreste, con un rango de 35-50%.

Otra cota de importancia es La Corta (1070m), al noroeste de Serrada de la Fuente.

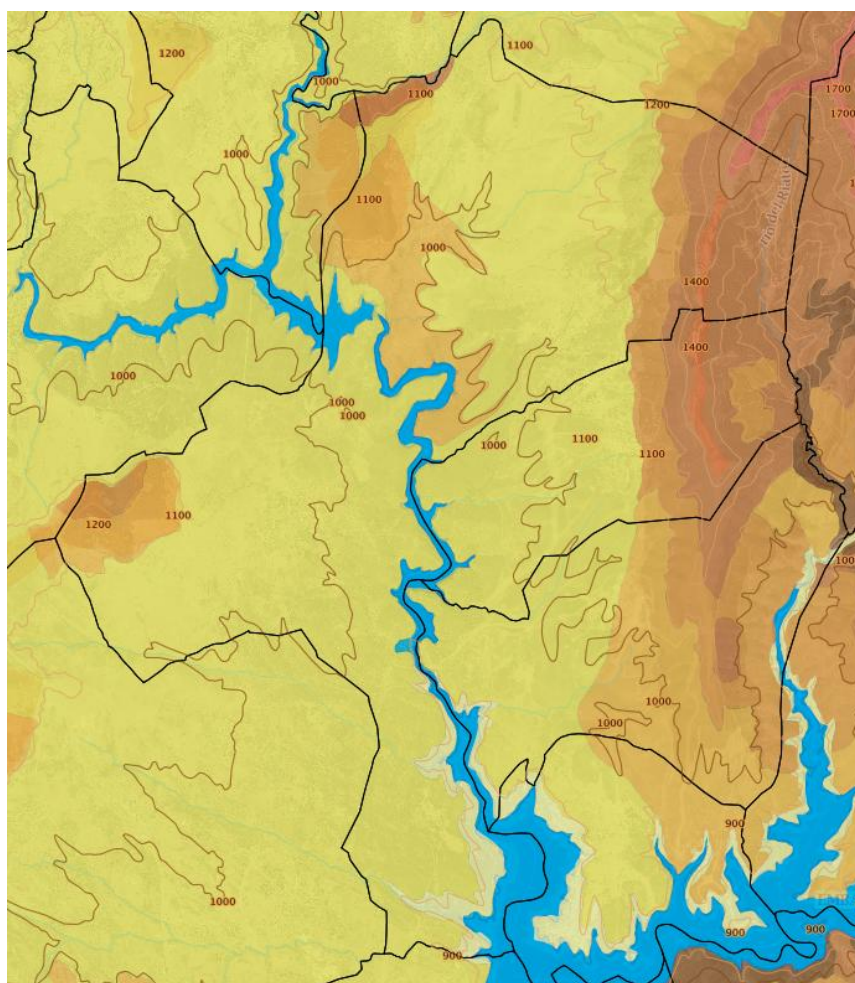


Figura 1. Relieve del municipio de Puentes Viejas. Visor: CartoMadrid

A la hora de analizar el clima del municipio de Puentes Viejas, van a ser varios los parámetros a tener en cuenta, pero se pueden considerar como principales la temperatura, las precipitaciones, la humedad y los vientos.

A su vez, estas variables climáticas se ven condicionadas por una serie de factores que también van a ser analizados, como la latitud geográfica, la altitud del lugar, la orientación del relieve con respecto a la incidencia de los rayos solares o a la de los vientos predominantes, y la continentalidad, que es la distancia a una gran masa de agua (océano o mar). La latitud unida a la inclinación del eje terrestre determina el grado de inclinación de los rayos del sol que inciden sobre la superficie y, por tanto, propician la diferencia de la duración del día y la noche, así como el cambio de las estaciones. Esto último es debido a que cuanto más directamente incide la radiación solar, más calor recibe la Tierra. Una mayor inclinación en los rayos solares provoca que éstos tengan que atravesar mayor espesor de atmósfera atenuándose más que si incidieran perpendicularmente.

La caracterización climática del municipio se realiza a partir de los datos disponibles en el servicio de estaciones meteorológicas del Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA). Se manejan los valores disponibles de estaciones meteorológicas representativas y próximas al ámbito de estudio, considerándose siempre datos referidos a una serie de años lo suficientemente representativa.

En concreto, para la caracterización del ámbito de estudio se han empleado datos de la siguiente estación meteorológica:

CÓDIGO	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	TIPO
3112	Presa de Puentes Viejas	40° 59' 35" N	03° 34 '15" W	960	Termo pluviométrica

Tabla 1. Estación meteorológica en Puentes Viejas. Fuente: SIGA.

Las condiciones climatológicas en las que se encuentra Puentes Viejas se caracterizan por la tendencia de un clima que se puede catalogar como "mediterráneo templado", teniendo como características inviernos suaves y lluviosos, veranos secos y cálidos y además un fuerte contraste entre la temperatura durante el día y la noche. La estación estival es la más seca y se superan con gran frecuencia los 30°C, alcanzándose esporádicamente más de 36°C. En cambio, en invierno es frecuente que las temperaturas bajen de los 0°C.

En la siguiente tabla se muestra la caracterización climática existente en la zona de estudio:

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	
Código	3112
Situación	40° 59 03° 34' W
Altitud	960
Pluviometría anual (mm)	594,90
ETP Anual	678,90
Temperatura media anual (°C)	11,60
Periodo cálido	2
Periodo frío o de heladas	8
Periodo seco o árido	3
Temperatura media de las máximas del mes más cálido (°C)	30,20
Temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)	-0,80

Tabla 2. Caracterización climática en Puentes Viejas. Fuente: SIGA.

Se aprecian fluctuaciones típicas del clima mediterráneo, con escasez de lluvias durante el periodo cálido, que dan lugar a periodos de sequía de tres meses. La pluviometría media durante el invierno es de 183,50 mm, 157,70 mm en primavera, 71,40 mm en verano y 182,30 mm en otoño.

Con una temperatura media anual de 11,6 °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 más bien corto, entre julio y agosto.

A partir de los datos disponibles se elabora el correspondiente diagrama ombrotérmico, donde se muestra la distribución anual de las temperaturas y las precipitaciones. El diagrama ombrotérmico de Gausson permite

identificar el período seco en el cual el valor de precipitación, expresada en mm, es inferior al doble del valor de la temperatura media, expresada en °C.

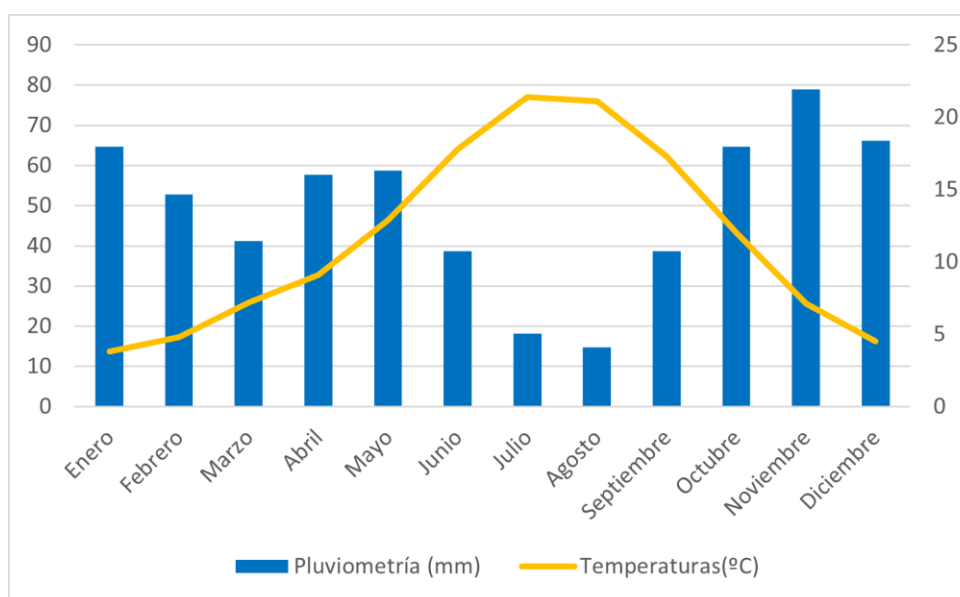


Figura 2. Diagrama ombrotérmico de Puentes Viejas. Fuente: SIGA. Elaboración propia.

Como se observa en el gráfico existe un periodo seco, entre junio y septiembre, en el que se produce un déficit hídrico ocasionado por la coincidencia en el tiempo de las mínimas precipitaciones con las temperaturas más elevadas. La mayoría de las precipitaciones se registran en los meses de otoño e invierno, aunque son también notables las lluvias de primavera.

### Clasificación climática

De acuerdo con los datos meteorológicos registrados el clima del ámbito de estudio es mediterráneo templado seco, con inviernos frescos y marcada continentalidad. Según la clasificación agroclimática de J. Papadakis, el área de estudio presenta un clima de tipo "mediterráneo templado fresco", definido por unos inviernos de tipo Avena y unos veranos tipo Arroz o Maíz.

### Régimen de vientos

La disposición de la orografía en el municipio sugiere que los vientos dominantes en la zona se canalicen en dirección SSE-W, tal y como se refleja en la rosa de los vientos, donde se muestra el número de horas al año que el viento sopla en la dirección indicada.

Según el Atlas Geocientífico del Medio Natural de la Comunidad de Madrid (ITGE, 1988), la vulnerabilidad a la contaminación se considera baja; en relación indica sobre los acuíferos que, son muy locales por fisuración y alteración, con baja permeabilidad.

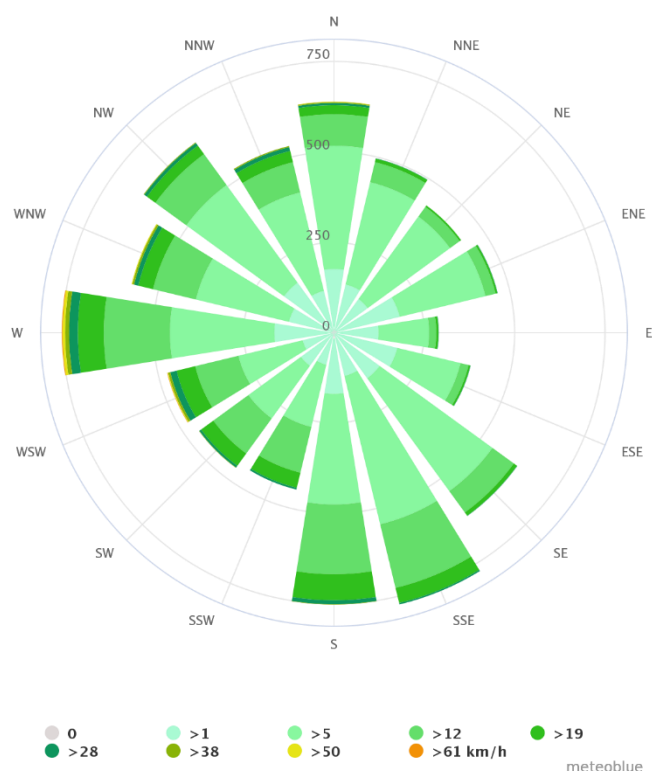


Figura 3. Rosa de los Vientos para Puentes Viejas. Fuente: meteoblue.com.

### 2.1.2. 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 municipio de Puentes Viejas se encuentra dominado en su mayor parte por la zona GEODE denominada Centroibérica Dominio del Olló de Sapo (Z1300), en la que se encuentra Puentes Viejas.

Como resultado de la estructura geológica de los terrenos sobre los que se sitúa el término municipal, se produce en esta zona una gran variedad en cuanto a los tipos de materiales que conforman la base litológica del término y en particular del ámbito considerado.

Estos materiales varían desde rocas laminares de origen metamórfico hasta ígneas de origen más antiguo, atravesando ambas verticalmente el municipio, y de grano grueso, al sur hacia la Sierra de la Cabrera.

Los materiales que componen el municipio están constituidos por rocas metamórficas en su mayoría, pertenecientes al Macizo Hercínico, de edades paleozoicas.

En el término municipal de Puentes Viejas encontramos en una mayor proporción los siguientes materiales geológicos:

**Esquistos, metareniscas porfiroides, paragneises y rocas de silicatos cálcicos:** es el material principal en la mayoría del término municipal, atravesando el municipio en dos bandas verticales. Corresponde a rocas metamórficas ordovícicas-cámbricas.

El esquisto es una roca metamórfica de grano medio, foliada y fisible, compuesta esencialmente por cuarzo y micas. Las metareniscas son rocas graduadas de tonos grises más o menos claros en función del contenido en biotita. En la falda sur de Montejo, comarca forestal del municipio, se pueden encontrar en paquetes hectométricos sin una gran continuidad lateral. A simple vista se reconoce por su composición en cuarzo, feldespato, biotita y silimanita, esta última más rara que en los esquistos y paragneises, cuyo protolito es una roca sedimentaria.

Las rocas de silicatos cálcicos tienen colores verdosos, a veces alternando con niveles de tono rosáceo debido a la presencia de granates cálcicos. La composición mineralógica visible es de anfíboles y/o piroxenos acompañados de granate, plagioclasa y cuarzo, y normalmente los niveles de estas rocas forman lentejones boudinados debido al fuerte contraste de competencia con las rocas encajantes.

**Ortogneises bandeados de dos micas:** es el segundo material más extenso del término municipal. Se corresponde con una roca metamórfica paleozoica, característica por su bandeo formado por la alternancia de niveles cuarzofeldespáticos con niveles biotítico-sillimaníticos de espesor semicentimétrico, marcando la foliación principal.

Esporádicamente se encuentran dispersos fenocristales de feldespato potásico y plagioclasa rodeados por la foliación y con sombras de presión, a veces asimétricas. En otras ocasiones los fenocristales están aplastados y estirados e incluidos en los niveles cuarzofeldespáticos. En el contacto con los metasedimentos, es frecuente encontrar enclaves de estos y lentejones pegmatíticos deformados y boudinados, así como intercalaciones métricas de gneises bandeados dentro de los metasedimentos.

Este tipo de gneises están relacionados con los gneises glandulares mesócratos-melanocratos, a los que les une su composición mineralógica y la similitud de las facies, que pasan gradualmente de unas a otras. Estos gneises intruyen a los metasedimentos y parecen ser intruidos por los leuconeises.

En menor medida se encuentran:

**Granitoides biotíticos:** se encuentran en la zona sur del municipio. Esta es una roca ígnea permico-carbonífera, de grano fino con las facies equigranulares, aplíticos.

**Leucogneises:** una roca metamórfica paleozoica, cuarzofeldespática muy leucocrática de grano medio variable y textura granoblástica a granolepidoblástica. El tamaño de grano varía desde fino en aquellas bandas de aspecto meta-aplítico, tienen contactos netos con los tramos en que se intercalan, y normalmente suelen ser variedades ricas en turmalina que se intercalan.

**Cuarcitas blancas en bancos con intercalaciones pizarrosas:** una roca metamórfica arenigiense, derivada de una arenisca, con más de un 80% de cuarzo.

**Areniscas y pizarras:** unas rocas metamórficas arenigienses formando una capa de transición, de grano muy fino formada a partir de lutitas bajo condiciones de grado metamórfico muy bajo.

**Pizarras/filitas o esquistos con intercalaciones arenosas y cuarcíticas:** rocas metamórficas tremadocienses, de grano fino a medio, caracterizado por una apariencia lustrosa y una esquistosidad bien definida que resulta de la orientación preferente de filosilicatos.

**Ortogneises glandulares mesócratos-melanocratos:** son rocas metamórficas paleozoicas que afloran en macizos con formas alargadas en dirección de las estructuras, corresponden con intrusiones de tipo granodiorítico y se describen como los más antiguos de los conjuntos glandulares.

Se suele distinguir por su textura porfídica con fenocristales de feldespato potásico de hasta 10 cm de diámetro, flotando en una matriz biotítico-sillimanítica de grano fino a medio. El tamaño y distribución de los fenocristales es heterogéneo a escala de afloramiento.

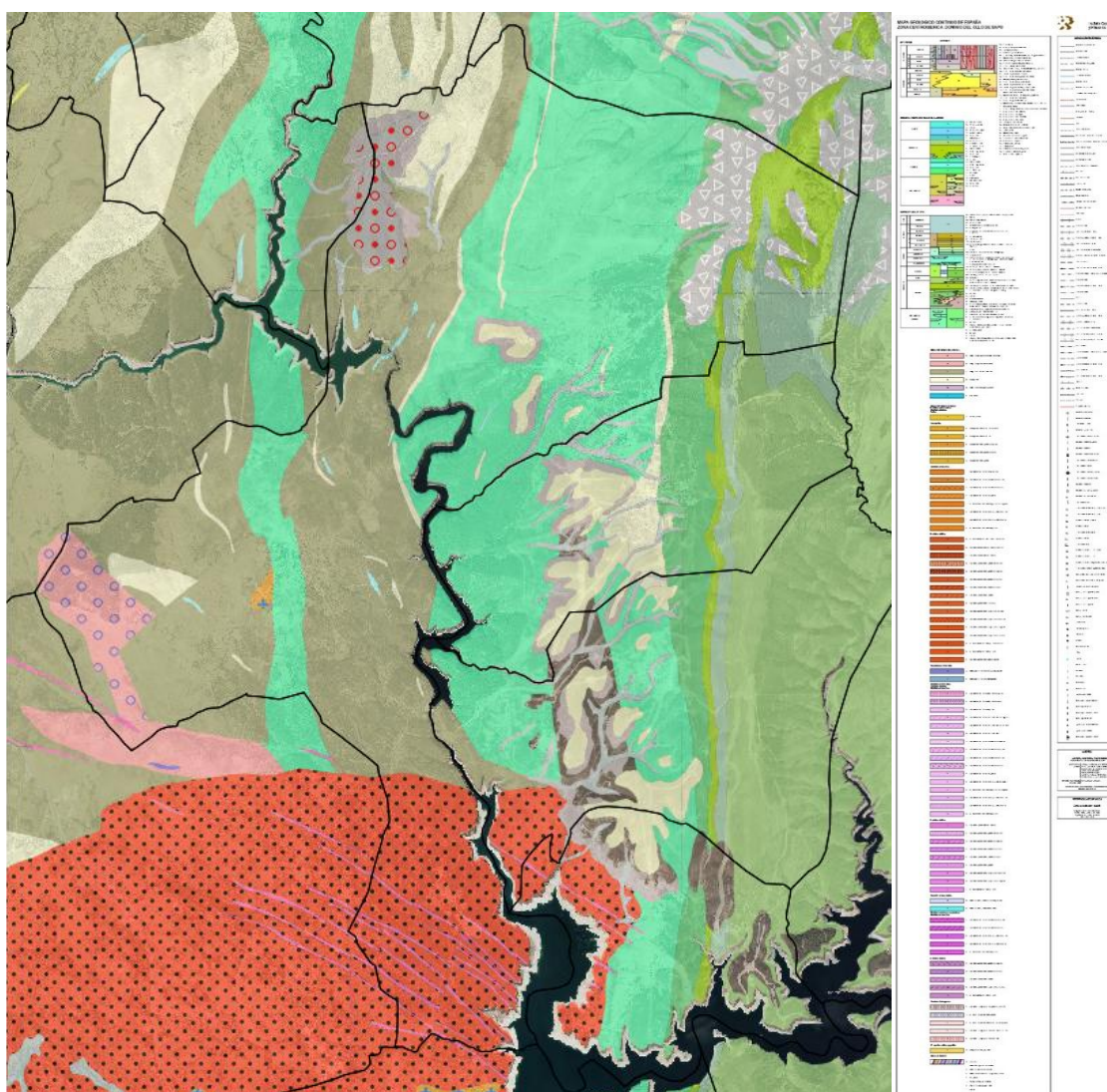


Figura 4. Mapa geológico de Puentes Viejas. Visor: Cartomadrid.

En cuanto a la permeabilidad del suelo, esta destaca por su bajo nivel, siendo así para las detríticas e ígneas, ocupando la mayoría de superficie de Puentes Viejas.

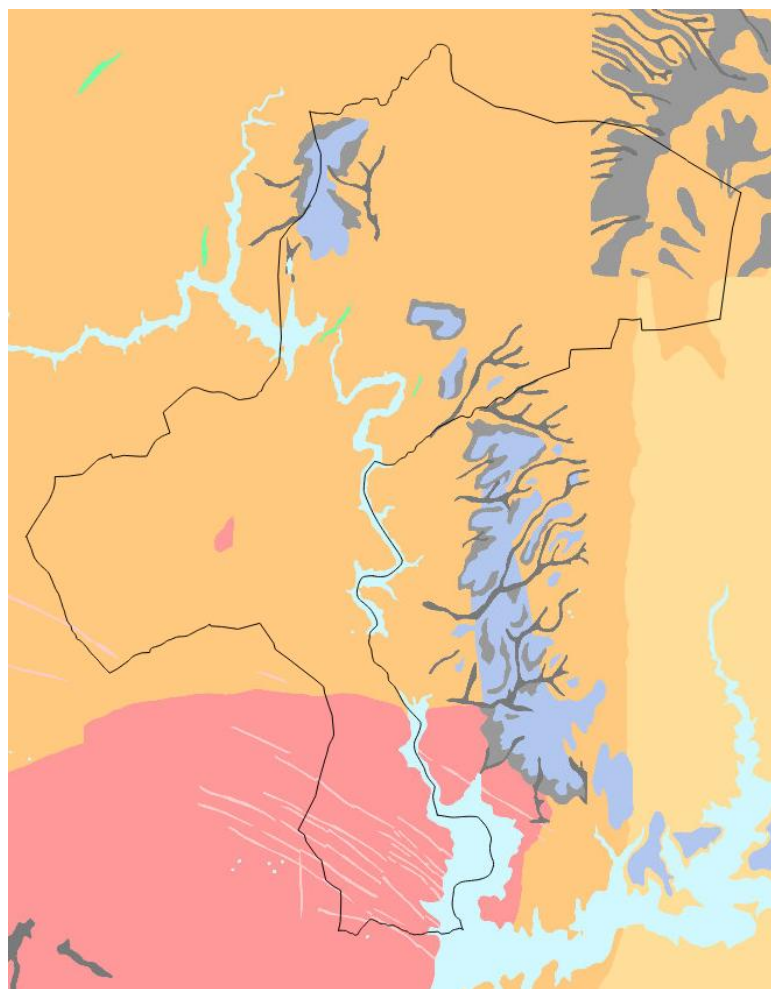


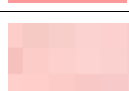
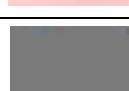
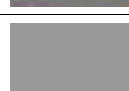


Figura 5. Permeabilidad. Fuente: IGME. Elaboración propia.

LEYENDA	PERMEABILIDAD	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
	Baja	Meta-detriticas-baja	M-B
	Muy baja	Meta-detritias-muy baja	M-MB
	Baja	Ígneas-baja	I-B
	Baja	Ígneas-baja	I-B
	Baja	Meta-detriticas-baja	M-B
	Alta	Detriticas (Cuaternario) - Alta	Q-A



LEYENDA	PERMEABILIDAD	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
	Media	Detríticas-media	D-M
	Media	Carbonatadas-media	C-M

Tabla 3. Permeabilidad. Fuente: IGME.

### Lugares de Interés Geológico

Según la información recogida por el Instituto Geológico y Minero de España, en el municipio de Puentes Viejas no se encuentra ningún Lugar de Interés Geológico.

En sus proximidades se encuentra uno denominado como Esquistos con estaurolita, en Cervera de Buitrago, por lo que no entra ni afecta al municipio de Puentes Viejas.

### 2.1.3. Edafología

Siguiendo el sistema de clasificación del **USDA** (Soil Taxonomy), en el ámbito de estudio extensible a todo el término municipal, fundamentalmente nos encontramos suelos de tipo “entisoles” y escasamente representados “inceptisoles”.

Los “entisoles”, son suelos jóvenes aluviales que forman ricas vegas en los cursos del río y los arroyos. No tienen un horizonte de diagnóstico claramente desarrollado y generalmente, son suelos con roca madre joven por erosión o aporte y que contienen mucha riqueza en materia orgánica. Estos se disponen por la gran mayoría del municipio.

Los “inceptisoles”, situados al norte del Lozoya en la parte central del municipio, son suelos con horizontes de diagnóstico moderadamente desarrollados. Es decir, se trata de suelos pardos situados bajo un clima que supone su lavado durante buena parte del tiempo.

Para la identificación de las Unidades Edafológicas de Puentes Viejas se ha utilizado el sistema de clasificación de la **F.A.O.** (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

**Cambisoles:** Es uno de los grupos de mayor representación y extensión dentro de la Comunidad de Madrid al desarrollarse sobre todo tipo de material geológico, pero sobre todo a partir de litologías ácidas como granitos, neises, esquistos, pizarras, micacitas y cuarcitas, por lo que se localizan más frecuentemente en la zona norte de la comunidad.

La principal característica de estos suelos es la presencia en su morfología de un horizonte o capa de alteración, que se corresponde con un antiguo horizonte (B) y que en la nomenclatura F.A.O se designa como horizonte B Cámbico.

Los Cambisoles presentan nueve subtipos diferentes, en el término municipal de Puentes Viejas, encontramos los Cambisoles húmicos (CMu) y dístricos (CMd).

Los cambisoles que poseen un horizonte A de tipo úmbrico, carecen de propiedades gleicas dentro de los 100 primeros cm. Suelos ácidos, sin carbonato cálcico y con saturación en bases baja, comprendida entre el 30 y el 40%. Suelen ser algo pedregosos dentro del perfil y siempre con muy buena permeabilidad. Los dístricos suelen tener una saturación en bases menor del 50% en alguna parte situada entre 20 y 100 cm.

**Leptosoles:** Es uno de los grupos principales de suelos. La definición que da la F.A.O para los Leptosoles es la de “suelos limitados en profundidad por una roca dura continua o por material muy calcáreo o por una capa continua cementada dentro de una profundidad de 30 cm a partir de la superficie, o que tienen menos del 20% de tierra fina hasta una profundidad de 75 cm, sin otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A móllico, úmbrico u ócrico, con o sin un horizonte B cámbico”.

De los siete distintos tipos de Leptosoles, en el término municipal de Puentes Viejas, encontramos los Leptosoles úmbricos (LPu) y lítico (LPq).

Los leptosoles con horizonte úmbrico son los ricos en materia orgánica y de color oscuro, pero con baja saturación en bases que no llega al 50%. Los líticos, se caracterizan por tener roca continua que comienza dentro de 10cm de la superficie del suelo. Se desarrollan sobre litologías ácidas, fundamentalmente granitos y neises, pero también sobre esquistos, pizarras y cuarcitas.

**Alisoles:** Es un suelo con mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcillas) llevando a un horizonte subsuperficial árgico. Los Alisoles tienen una baja saturación con bases a ciertas profundidades y arcillas de alta actividad en todo el horizonte árgico.

Se clasifica como Alisol háplico (ALh), por lo que es un suelo sin desarrollo que no presentan rasgos de evolución o calificador de suelo notable.

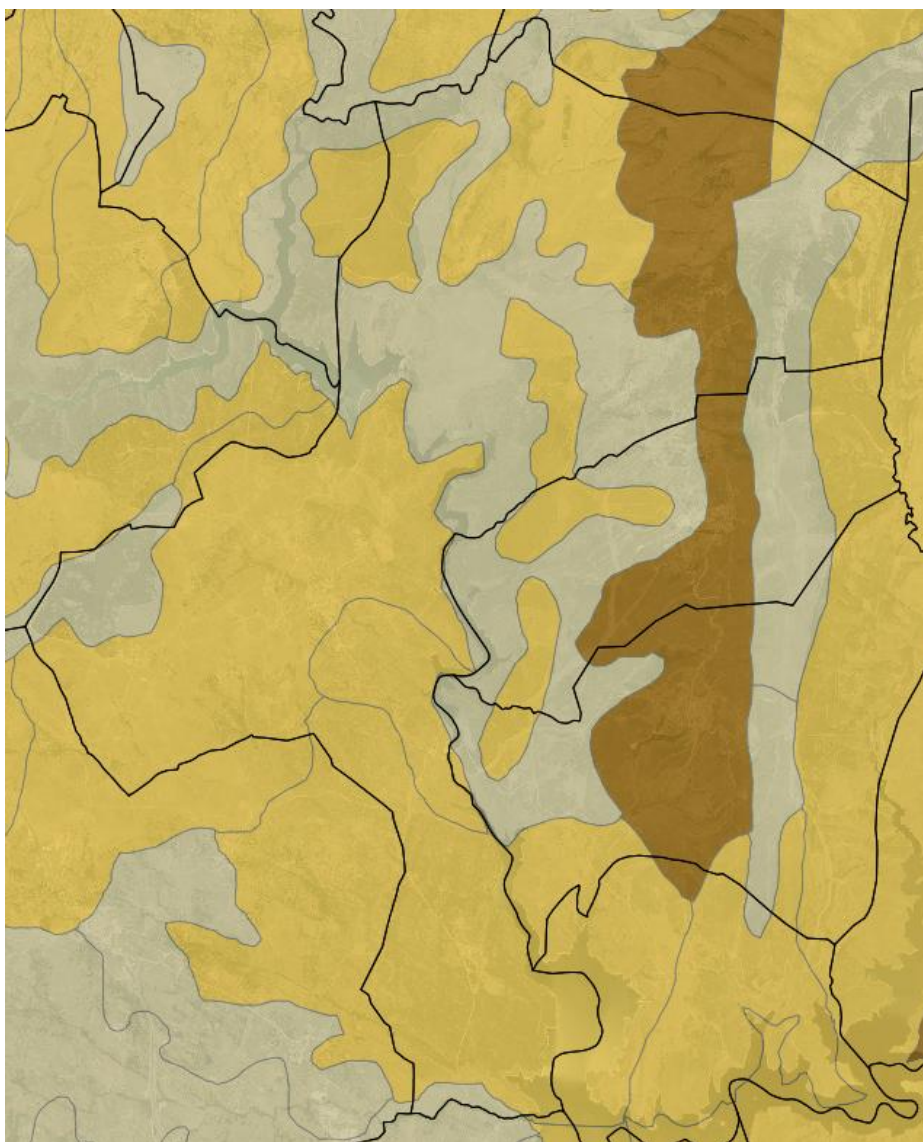


Figura 6. Mapa edafológico FAO de Puentes Viejas. Fuente: IDEM Comunidad de Madrid.

También, en relación con la capacidad agrológica de los suelos, en el ámbito de estudio predominan las tierras con limitaciones severas. Siendo al norte, en su mayoría, de tipo 6 y concretamente 6e donde las limitaciones las hacen inadecuadas para la actividad agrícola y restringuen sus usos a prados, pastizales, bosques o áreas naturales; y al sur, de tipo 4, en concreto 4e con limitaciones muy severas que reducen la gama de cultivos posibles y/o requieren complejas técnicas de manejo.

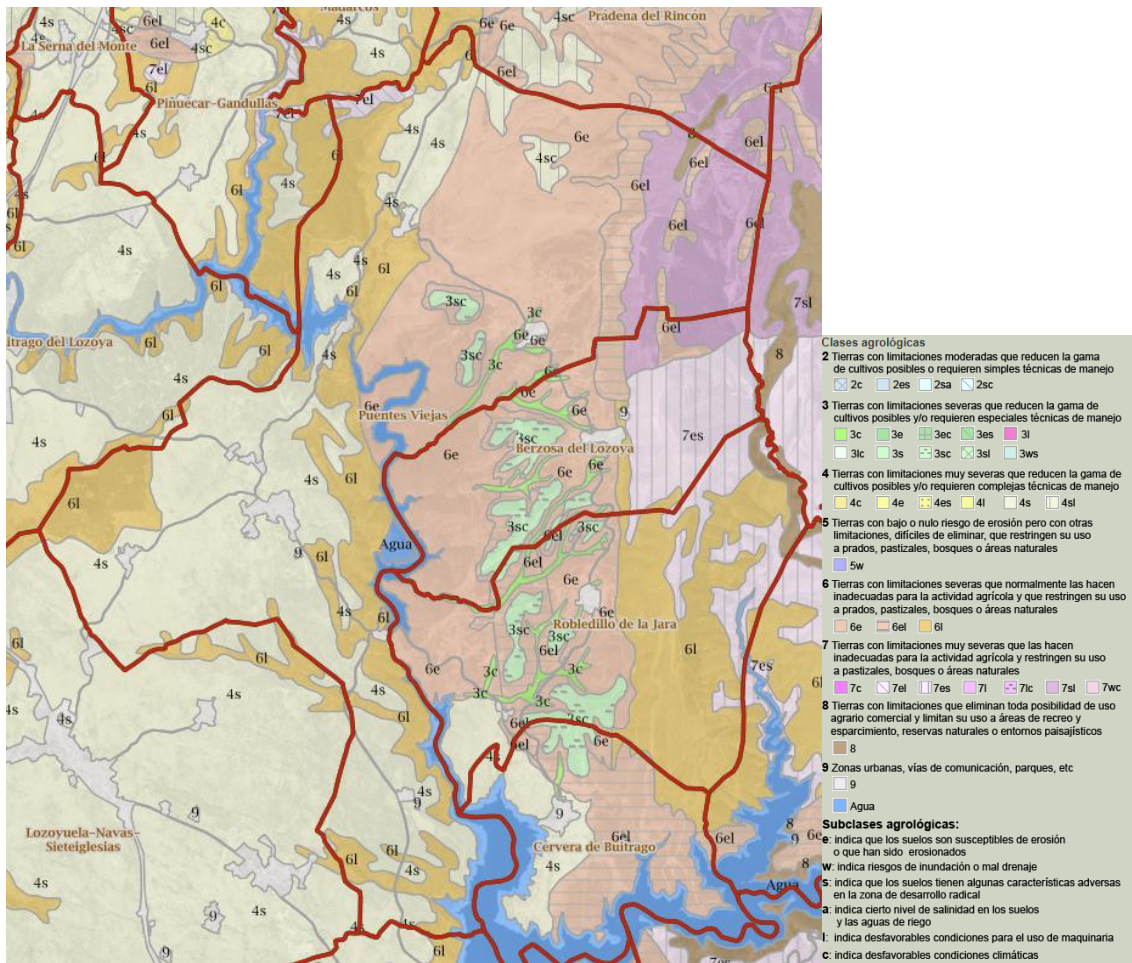


Figura 7. Clases agrológicas de Puentes Viejas. Visor: SIT Comunidad de Madrid.

### 2.1.4. Hidrología

#### Hidrología superficial

La morfología del terreno condiciona las características generales de la red hidrográfica existente. Los cauces que circulan por el municipio de Puentes Viejas pertenecen a la cuenca hidrográfica del río Tajo, y más concretamente a la subcuenca del río Jarama, en concreto a la del río Lozoya.

El río principal que atraviesa el territorio municipal es el Lozoya, que emerge en el parque natural de Peñalara, en la vertiente madrileña de la Sierra de Guadarrama, atraviesa la sierra de la Cuerda Larga y los Montes Carpetanos, y recorre el norte de la Comunidad de Madrid transversalmente, llevando sus aguas al río Jarama. A su vez, recorre el centro y el límite sureste del mismo, configurando así todo el territorio municipal. También, en menor medida y al noreste del municipio, transcurre el río del Riato.

El Lozoya es interrumpido por cinco embalses, de los cuales 3 se encuentran en el municipio, el de Puentes Viejas, en la parte central; el del Villar, limitando por el oeste; y el del Atazar, al sur del municipio. A él

desembocan diversos arroyos, con un funcionamiento estacional en donde su alimentación se debe a las precipitaciones, por lo que no dispone de agua permanente. Aun así, tienen una cierta entidad el arroyo del Sarnoso, que desemboca en el embalse de Puentes Viejas; el arroyo Malillo, el del Pozo de la Pila y el de Mangirón, que desembocan en el embalse del Villar; y los arroyos de la Alameda y del Recombo, que desembocan en el embalse del Atazar, pues son los grandes afluentes a dichos embalses.

En general, dada la relativa sequedad del clima, el curso de estos arroyos es bastante irregular, presentando caudales máximos en los meses de primavera y otoño, con una sequía prácticamente total en verano.



Figura 8. Hidrología superficial. Municipio Puentes Viejas. Fuente: MITECO.

De acuerdo con el sistema de información geográfica de la Confederación Hidrográfica del Tajo, en el municipio de Puentes Viejas se ha identificado y delimitado cuatro masas de agua superficial, conforme a los criterios de la Directiva Marco del Agua:

CÓDIGO MASA	NOMBRE MASA	CATEGORÍA	ECOTIPO
ES030MSPF0446020	Embalse de Puentes Viejas	Lago	Monomítico, silíceo de zonas húmedas, con temperatura media anual menor de 15° C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos
ES030MSPF0445020	Embalse de El Villar	Lago	Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal
ES030MSPF0444020	Embalse de El Atazar	Lago	Monomítico, silíceo de zonas húmedas, con temperatura media anual menor de 15° C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos
ES030MSPF0451010	Ríos Riato y de la Puebla hasta Embalse de El Atazar	Río	Ríos de montaña mediterránea silícea

Tabla 4. Masa de agua superficial en el municipio de Puentes Viejas. Fuente: CHT.

Como se ha mencionado anteriormente, en el municipio encontramos tres embalses, el de Puentes Viejas, El Villar y El Atazar. Estos forman parte del Canal de Isabel II y suministran agua potable a la población.

El embalse de Puentes Viejas cuenta con una cuenca de captación de unos 276 km<sup>2</sup>, y recibe una media de 90 hm<sup>3</sup> al año. Su presa es de gravedad de planta curva, y regula el agua mediante compuertas deslizantes, con una capacidad de 53 hm<sup>3</sup> y una lámina de agua que ocupa como máximo 280ha. Este, además de destinar el agua a consumo humano, obtiene de energía hidroeléctrica.

El embalse del Villar es la presa más antigua en funcionamiento de la Comunidad de Madrid, su cuenca de captación es de 1,5 km<sup>2</sup>, y recibe una media de 13 hm<sup>3</sup>/año. Al igual que la de Puentes Viejas, es de gravedad de planta curva con compuertas deslizantes, una capacidad 22,4 hm<sup>3</sup> y una superficie de 144 ha.

El embalse de El Atazar es una presa de tipo bóveda gruesa, con zócalo y estribos de gravedad y coronación aligerada. Su cuenca de captación es de 244 km<sup>2</sup>, y recibe 51 hm<sup>3</sup>/año. Dispone de una capacidad de 425,5 hm<sup>3</sup>, y su lámina de agua es de 1.070 ha, siendo la más extensa de los tres. Además de suministrar agua potable, también suministra energía eléctrica y permite practicar deportes náuticos y la navegación de embarcaciones sin motor.

Estos encuentran incluidos en el Catálogo Regional de Embalses y Humedales de la Comunidad de Madrid, dentro del LIC “Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte”. También, forman parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Demarcación Hidrográfica del Tajo dentro de las categorías: Zona de captación para abastecimiento (Directiva 75/440/CEE modificada por art 7 DMA) y Zona sensible (Directiva 91/271/CEE).

Los embalses de Puentes Viejas y El Atazar se encuentran catalogados como de interés regional por su valor paisajístico y recreativo, al amparo de la Ley 7/1990, 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas. El de El Villar, por su valor faunístico y recreativo, al amparo de la Ley 7/1990, 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas

Estos también pertenecen a una Zona de protección de hábitats o especies (Directivas 92/43/CEE y 2009/147/CEE). Es un Espacio Protegido Red Natura 2000 constituido por los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) “Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte” (ES3110002). Además de una Zona de Especial Protección para las “aves Alto Lozoya”. Asimismo, el de Puentes Viejas está incluido parcialmente en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Sierra de Guadarrama, aún que no se recoge el término municipal de Puentes Viejas.

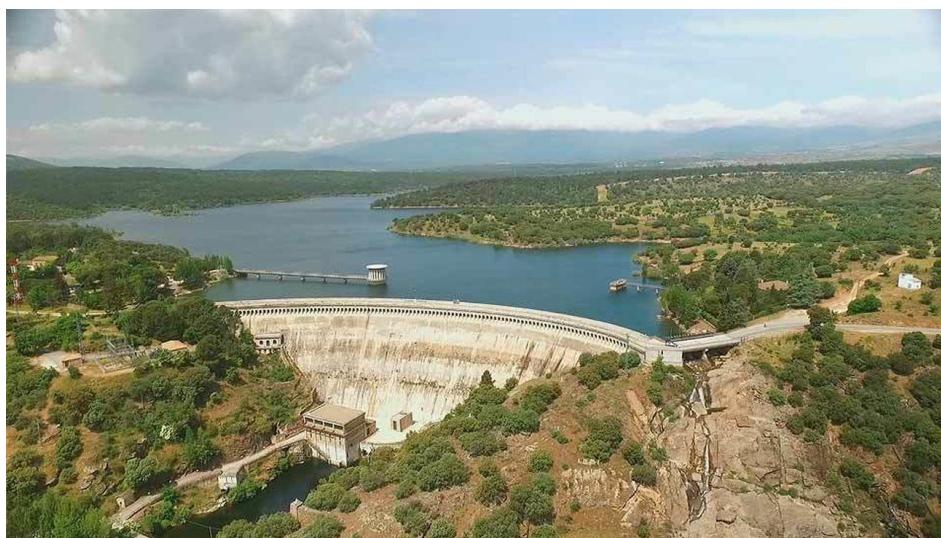


Figura 9. Presa de Puentes Viejas. Fuente: telemadrid.com

### Hidrología subterránea

Las litologías predominantes en el término municipal de Puentes Viejas son metamórficas, a excepción de una pequeña franja de rocas graníticas situada en el límite sur del término municipal. Esto implica que las condiciones hidrogeológicas de gran parte de esta cuenca hidrográfica sean de una baja porosidad y, en consecuencia, no formen acuíferos.

La escorrentía subterránea, de hasta 10-15 m., está situada a la recepción de los valles en la zona de arroyos de circulación intermitente que es aprovechada para usos agrícolas de regadío.

Existe una hidrología más profunda, del orden de 400-500 m., que corresponde a un acuífero situado paralelamente al Sistema Central, constituyendo una verdadera reserva de agua para la Región, debiéndose proteger las posibles entradas de agua para no obstruirlas o contaminarlas. Este importante acuífero, es aprovechado para captar recargas inducidas al Río Jarama a través del campo de pozos localizados en los municipios colindantes, siendo los más cercanos Patones, Torremocha de Jarama y Torrelaguna, al sur del municipio de Puentes Viejas.

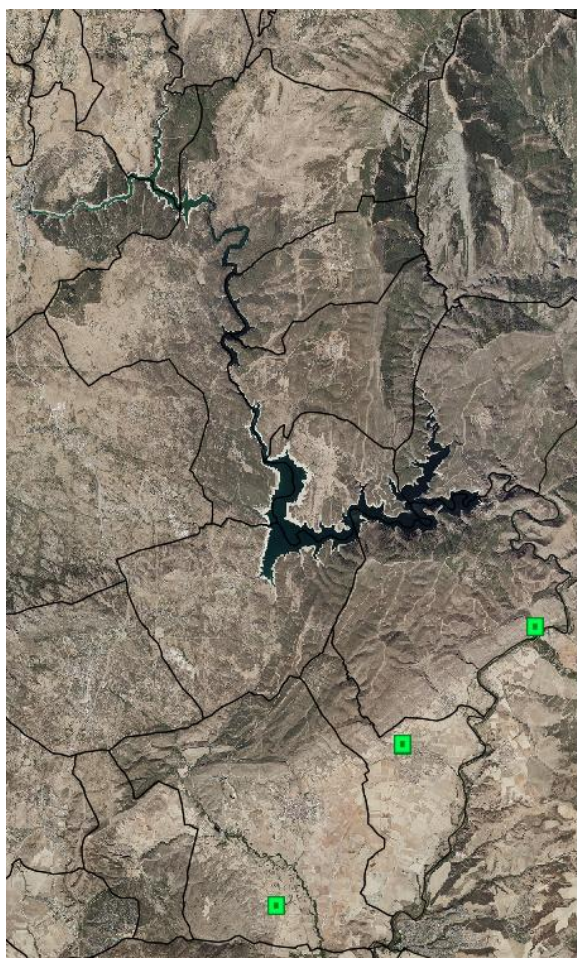


Figura 10. Niveles piezométricos cercanos al área de estudio. Visor: Mediambiente de la Comunidad de Madrid.

Debido a que el término municipal no está englobado en ninguna Unidad Hidrogeológica, se mencionan las encontradas en sus proximidades, ubicándolas al sur del mismo.

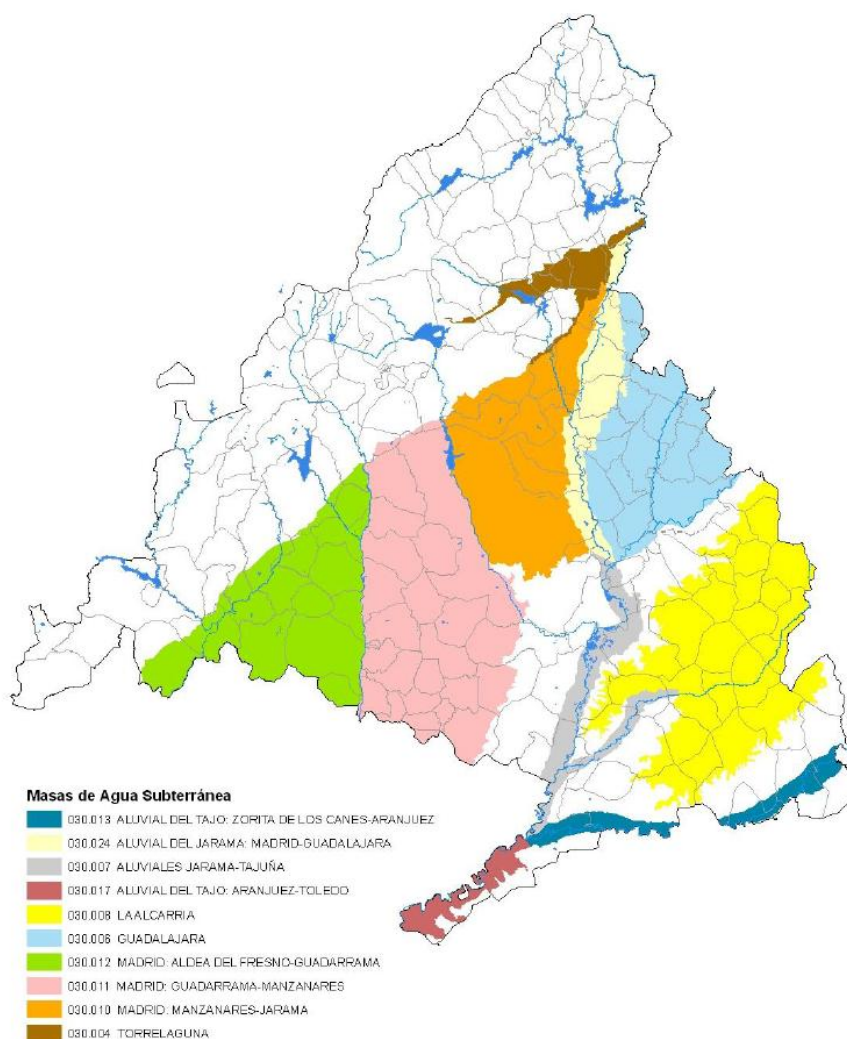


Figura 11. Masas de agua subterránea. Fuente: Comunidad de Madrid.

Así pues, Puentes Viejas no se engloba dentro de ninguna Unidad Hidrogeológica, pero cabe mencionar su inclusión en el sistema de mayor entidad denominado Acuífero del Terciario Detrítico de Madrid, y su cercanía a la denominada Unidad Hidrogeológica UH-03-05 “Madrid-Talavera” definida en el Plan Hidrológico del Tajo, ligado a las litologías detríticas de las unidades de Madrid y Toledo, al sur del término municipal.

Este importante acuífero, con una superficie superior a los 2.600 Km<sup>2</sup>. en la Comunidad de Madrid y con potencias estimadas del orden de los 1.500 m., forma parte de un sistema de mayor entidad denominado “Acuífero Terciario Detrítico de Madrid, Toledo y Cáceres”, catalogado con el núm. 14 del Sistema Acuífero Nacional.



Figura 12. Acuífero terciario detrítico. Fuente: Comunidad de Madrid.

Los acuíferos cuaternarios se localizan en los materiales de origen aluvial presentes en la red de drenaje superficial. Las litologías presentes son principalmente limos, gravas y arenas.

Son acuíferos ligados funcionalmente a los cauces superficiales, con nivel piezométrico elevado y potencias que no superan los 15 m., en esta zona.

La recarga de estos acuíferos es múltiple, recibiendo aportes de los cauces superficiales que discurren sobre ellos, del agua de lluvia y escorrentía superficial, así como de los acuíferos infrayacentes. Su descarga se produce a través del Río Jarama.

Como ya se ha comentado con anterioridad, el término municipal de Puentes Viejas, no se encuentra englobado en ninguna Unidad Hidrogeológica, pero sí al “Acuífero detrítico de Madrid”, en concreto la denominada Unidad Detrítica Superior, formada por arenas de grano medio-fino, fangos arcósicos y lutitas.

Esta asociación litológica representa las facies medias y distales de abanicos aluviales, y termina internándose con las facies de transición de la cuenca. Es decir, constituyen el paso de las facies detríticas más gruesas a las facies de transición. De esta manera, hacia el centro de la cuenca aumenta el contenido de arcillas y, por el contrario, hacia el borde noroeste de la misma aumenta la granulometría de los materiales.

El uso de las aguas subterráneas constituye una reserva hídrica muy importante para los habitantes de la Comunidad de Madrid y está gestionada directamente por el Canal de Isabel II.

En cuanto al drenaje, el municipio de Puentes Viejas, está situado en una zona semipermeable, donde se alternan terrenos permeables e impermeables. El drenaje es aceptable y se realiza por pendientes medias o por percolación natural.

La mayor parte del área dispone de una morfología está muy marcada, observándose relieves desde pendientes del 4 al 6%, hasta acusadas del 7 al 15%. Los materiales (rocas metamórficas, en mayor medida con neis) junto con la cubierta irregular, se consideran como impermeables con una cierta permeabilidad ligada al grado de tectonización, y su drenaje se da como favorable, efectuado por escorrentía superficial activa.

Una parte en la zona norte municipal, se corresponde con recintos hundidos y formas del relieve llanas, en donde las pendientes topográficas no superan el 3%. Los materiales son superficialmente permeables (rocas sedimentarias, correspondiéndose con gravas y arenas) con un drenaje por percolación natural aceptable, pasando a un drenaje desfavorable en cuanto aumenta la profundidad. Más al noreste, limitando con la sierra del Ayllón, las pendientes topográficas rebasan el 20-30%, favoreciendo así el drenaje por escorrentía.

En nuestra zona de estudio, no se localiza ninguna unidad hidrogeológica, únicamente se encuentra a 3km entre los puntos más cercanos del municipio y la unidad, la definida como UH 03.03 Torrelaguna-Jadraque.

CÓDIGO	DENOMINACIÓN	SUPERFICIE (KM <sup>2</sup> )	TIPO	ACUÍFERO
UH 03.03	Torrelaguna – Jadraque	672,54	Carbonatado	Calizas mesozoicas cretácicas del borde del Guadarrama

Tabla 5. Unidad hidrogeológica cercana al municipio de Puentes Viejas. Fuente: CHT.



Figura 13. Unidades hidrogeológicas en el área de estudio. Visor: Mediambiente de la Comunidad de Madrid.

En nuestra zona de estudio debido a que las condiciones litológicas de la zona presentan una permeabilidad muy baja o nula, no encontramos ninguna Masa de Agua Subterránea de relevancia. La franja más cercana se encuentra a 6km desde los puntos más cercanos entre el municipio y la masa de agua subterránea, denominada como Torrelaguna, al sur del municipio.

CÓDIGO MASA	NOMBRE MASA	SUPERFICIE (KM <sup>2</sup> )	ACUÍFERO
031.004	Torrelaguna	146,18	Carbonatado Mesozoico

Tabla 6. Masa de agua subterránea cercana al municipio de Puentes Viejas. Fuente: CHT.



Figura 14. Masas de agua subterránea cercana al ámbito de estudio. Visor: medioambiente de la Comunidad de Madrid.

#### Identificación de zonas protegidas en relación con el medio acuático

Según la información disponible en el sistema de información geográfica de la Confederación Hidrográfica del Tajo, en el ámbito de actuación se localizan los siguientes espacios incluidos en el Registro de Zonas Protegidas de la Demarcación:

CÓDIGO	TIPO	DENOMINACIÓN	SUPERFICIE (HA)	INSTRUMENTO DE PLANIFICACIÓN
ES030RNF059	Reserva natural fluvial	Ríos Riato y Puebla, con su correspondiente cuenca	6.741,24	Acuerdo del Consejo de Ministros de 10 de febrero de 2017, por el que se declaran nuevas reservas naturales fluviales en las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias
ESRI576	Zona sensible / LIC	Embalse de Puentes Viejas	225,7	Resolución de 6 de febrero de 2019, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, a los efectos previstos en el Real Decreto-ley 11/1995
ESRI577	Zona sensible / LIC	Embalse de El Villar	134,4	Resolución de 6 de febrero de 2019, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, a los efectos previstos en el Real Decreto-ley 11/1995
ESRI578	Zona sensible / LIC	Embalse de El Atazar	1.062,8	Resolución de 6 de febrero de 2019, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, a los efectos previstos en el Real Decreto-ley 11/1995
ES030ZCCM0000001004	Zona protegida agua potable	Embalse de Puentes Viejas	225,7	Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco para la acción comunitaria en el ámbito de la política del agua
ES030ZCCM0000000014	Zona protegida agua potable	E. El Villar - Lozoya	134,42	Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco para la acción comunitaria en el ámbito de la política del agua
ES030ZCCM0000000013	Zona protegida agua potable	E. El Atazar - Lozoya	1.062,81	Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco para la acción comunitaria en el ámbito de la política del agua

Tabla 7. Espacios incluidos en el Registro de Zonas Protegidas de la CHT en el municipio de estudio. Fuente: CHT.

## 2.2. SITUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA

### Abastecimiento

El municipio de Puentes Viejas se abastece directamente del propio embalse de Puentes Viejas y del embalse de El Villar, en sendas captaciones.

En las proximidades del embalse de Puentes Viejas, la tubería de abastecimiento presenta una bifurcación, dirigiéndose por un lado hacia el noreste del municipio, abasteciendo a las localidades de Paredes de Buitrago y Serrada de la Fuente y por otro, hacia el suroeste, dando servicio a Mangirón y Cincovillas. Asimismo, existe otra conducción desde la captación de El Villar que discurre hacia Mangirón.

Asociados a cada una de estas dos líneas, existen sendos depósitos de regulación. Estos se sitúan en Mangirón, al oeste de la localidad y entre las localidades de Paredes de Buitrago y Serrada de la Fuente.

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

DEPÓSITO	CÓDIGO	CAPACIDAD (M3)	ALTITUD (M.S.N.M.)
Mangirón	C02920	900	1.040
La Corta (entre Paredes y Serrada)	C02880	900	1.160

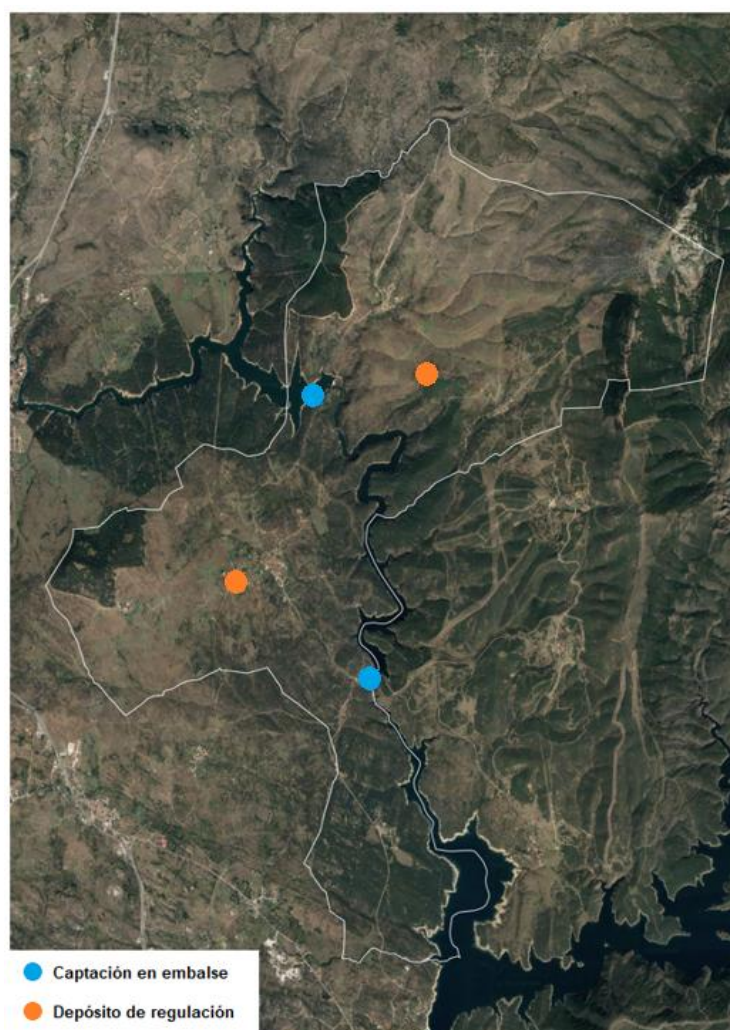


Figura 15. Embalses de Puentes Viejas y El Villar y Depósitos de Regulación. Fuente: Elaboración propia.

El embalse de Puentes Viejas se sitúa en tercer lugar en el curso del río Lozoya, inmediatamente aguas arriba de la cola del embalse de El Villar, en el que vierte sus aguas. Los trabajos de construcción se iniciaron entre 1913 y 1914 y se desarrollaron en dos fases. En la primera, finalizada en 1925, la presa alcanzó una altura de 43,5 m. En la segunda se recreció llegando hasta el volumen actual de embalse, de 53 hm<sup>3</sup>. Desde 1991 cuenta con una central hidroeléctrica cuyas turbinas son impulsadas por los caudales que se desaguan al río.

El embalse de El Villar fue finalizado en 1873, y actualmente cuenta con la presa más antigua en funcionamiento de la Comunidad de Madrid. Posee una capacidad de almacenamiento de 22,4 hm<sup>3</sup>. Parte del agua embalsada se deriva a través del canal de El Villar y el resto se vierte al embalse de El Atazar, situado inmediatamente aguas abajo de la presa. Desde 1991 cuenta con una central hidroeléctrica cuyas turbinas son impulsadas por los caudales que se desaguan en el río.



Figura 16. Depósito de regulación de Mangirón. Fuente: Google maps.



Figura 17. Depósito de regulación de Paredes de Buitrago y Serrada. Fuente: Google maps.

Dentro de cada localidad, la red de distribución es sensiblemente mallada, en la medida en que lo permiten los viales existentes, presentando diferentes diámetros y materiales. En este sentido, predomina la fundición dúctil, existiendo algún tramo de fibrocemento y polietileno.

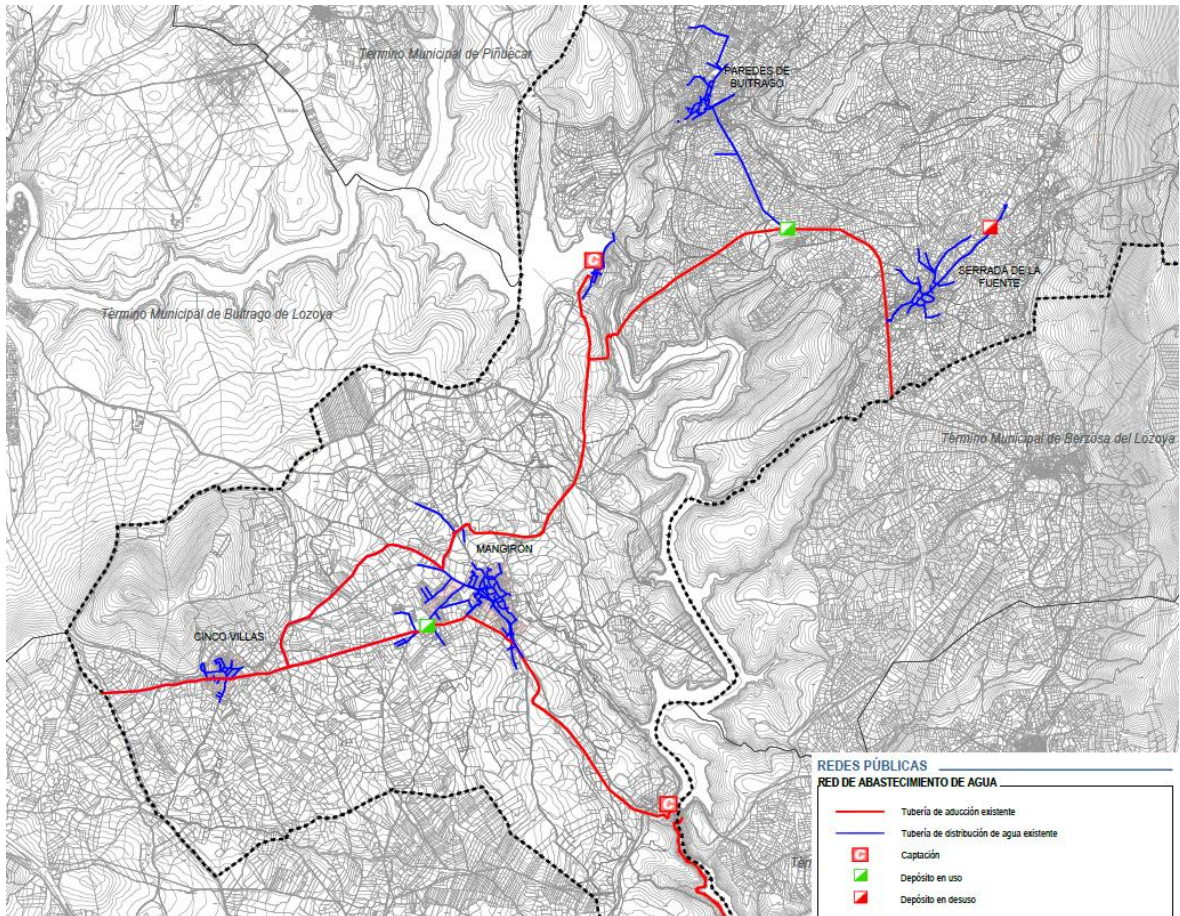


Figura 18. Red actual de abastecimiento. Fuente: elaboración propia

**Saneamiento y depuración**

El saneamiento dentro del municipio se establece en torno a pequeñas estaciones depuradoras asociadas a cada uno de los núcleos de población.

Así se refleja en el censo de vertidos autorizados de la Confederación Hidrográfica del Tajo, en el término municipal de Puentes Viejas. A continuación, se incluye tabla y mapa de localización de los vertidos autorizados en el municipio, con sus características más importantes:

ID	NOMBRE	TITULAR	X UTM	Y UTM	MEDIO RECEPTOR	NATURALEZA	HAB. EQUIV.	VOLUMEN (M <sup>3</sup> )
1	Centro canino Jose Ricardo Vizcaino (aseos)	Persona física	449.440	4.533.056	Terreno	Urbano o asimilable	<2.000 h-e	876
2	EDAR Cincovillas	Canal de Isabel II	448.860	4.534.220	Arroyo del Verdinal	Urbano o asimilable	<2.000 h-e	14.980

ID	NOMBRE	TITULAR	X UTM	Y UTM	MEDIO RECEPTOR	NATURALEZA	HAB. EQUIV.	VOLUMEN (M <sup>3</sup> )
3	EDAR Mangirón	Canal de Isabel II	451.321	4.534.818	Arroyo Mangirón	Urbano o asimilable	<2.000 h-e	52.385
4	EDAR Paredes de Buitrago	Canal de Isabel II	452.630	4.539.318	Arroyo La Hoz	Urbano o asimilable	<2.000 h-e	24.400
5	EDAR Serrada de la Fuente	Canal de Isabel II	454.574	4.537.597	Arroyo Hitos	Urbano o asimilable	<2.000 h-e	16.867
6	Poblado Embalse Puentes Viejas	Canal de Isabel II	451.920	4.537.798	Terreno	Urbano o asimilable	<250 h-e	4.745

**Tabla 8.** Vertidos autorizados en el municipio de Puentes Viejas. Fuente: CHT.

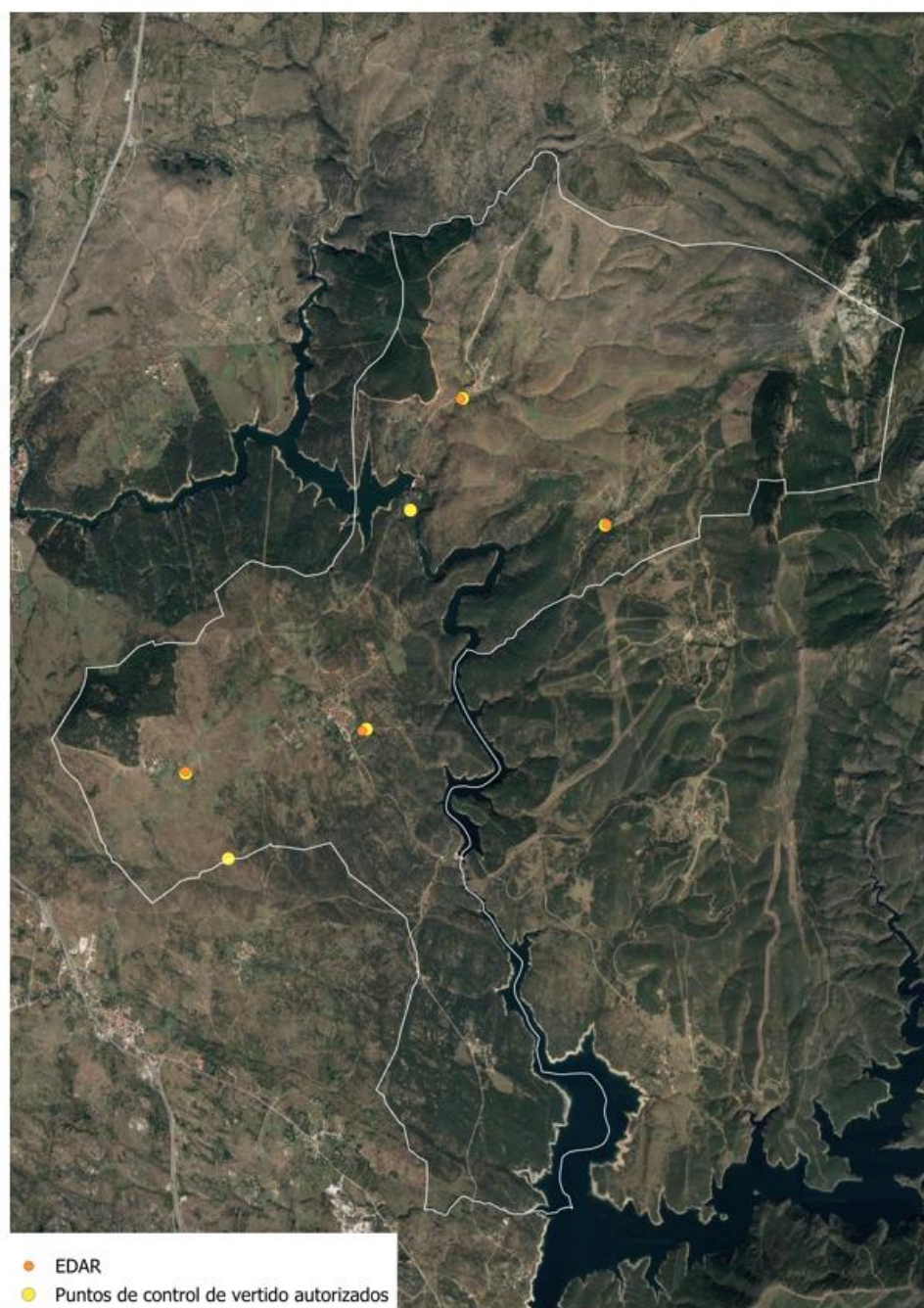


Figura 19. Vertidos autorizados en el municipio de Puentes Viejas y EDARes existentes.  
Fuente: CHT.

De este modo, en cada uno de los núcleos de población existe un sistema de saneamiento independiente.

- Cinco Villas

La EDAR de Cinco Villas da servicio a la localidad del mismo nombre.

Se encuentra en servicio desde el año 2004 y cuenta con una capacidad de tratamiento de 200 habitantes equivalentes, con un caudal autorizado de 41 m<sup>3</sup>/día.

- Mangirón

La EDAR de Mangirón da servicio a la propia localidad, y se encuentra en servicio desde el año 2004.

Cuenta con un caudal autorizado de 144 m<sup>3</sup>/día para una población de 800 habitantes equivalentes.

- Paredes de Buitrago

La EDAR de Paredes de Buitrago da servicio a la localidad de igual nombre

Esta instalación se puso en servicio en el año 2004 y cuenta con un caudal autorizado de 72 m<sup>3</sup>/día.

Presenta una capacidad de 400 habitantes equivalentes.

- Serrada de la Fuente

La EDAR de Serrada de la Fuente da servicio a la localidad de igual nombre.

Se puso en servicio en el año 2004 y cuenta con un caudal autorizado de 57 m<sup>3</sup>/día

El caudal de diseño se corresponde con una carga de 400 habitantes equivalentes

Por tanto, la red de saneamiento se establece en sistemas independientes en cada una de las localidades. Son unitarias y cuentan con diámetros y materiales variados.

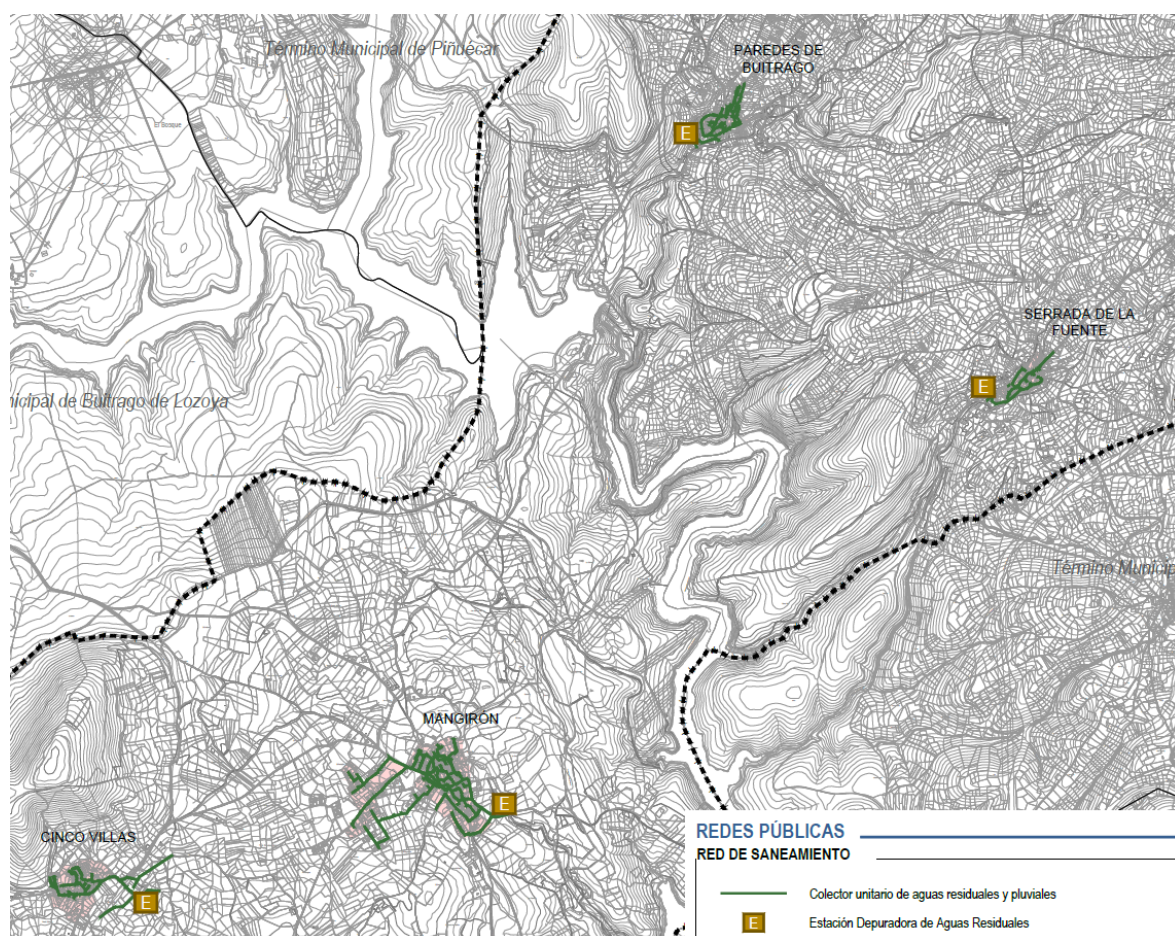
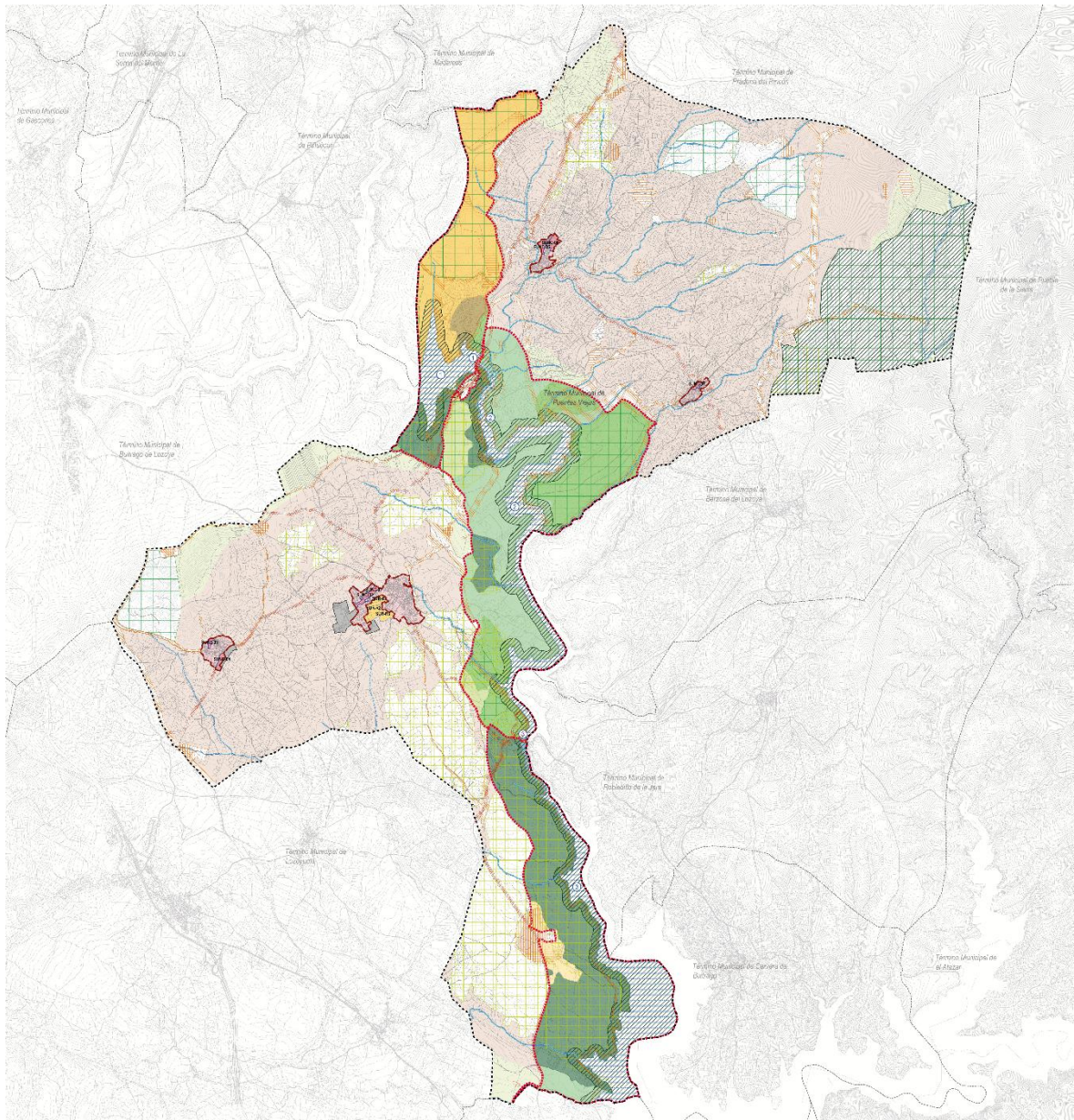


Figura 20. Red actual de saneamiento. Fuente: elaboración propia

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

#### 3.1. CLASIFICACIÓN DEL SUELO ESTABLECIDA POR EL NUEVO PLAN GENERAL

La Clasificación del Suelo se adaptará a las prescripciones de la Ley del Suelo de la Comunidad de Madrid, dividiendo la superficie del término municipal de Puentes Viejas en Suelo Urbano, Suelo Urbanizable y Suelo No Urbanizable, con sus correspondientes categorías en cada caso.



**CLASIFICACIÓN Y CATEGORÍA DEL SUELO**

**SUELO URBANO (SU)**

	SU	Limite del Suelo Urbano
	SU-C	Suelo Urbano Consolidado
	SU-NC	Suelo Urbano No Consolidado Residencial

**SUELO URBANIZABLE (SUR)**

<b>SUELO URBANIZABLE SECTORIZADO (SUR-S)</b>	
	SUR-R Suelo Urbanizable Sectorizado Residencial
<b>SUELO URBANIZABLE NO SECTORIZADO (SUR-NS)</b>	
	SUR-NS Suelo Urbanizable No Sectorizado

**SUELO NO URBANIZABLE DE PROTECCIÓN (SNUP)**

<b>SUELO NO URBANIZABLE DE PROTECCIÓN PRESERVADO (SNUP-P)</b>	
	SNUP-P-AG Agrícola
	SNUP-P-PA Paisajística

**SUELO NO URBANIZABLE DE PROTECCIÓN ESPECIAL (SNUP-E)**

	SNUP-E-E1 Embalses. Zona de Máxima Protección
	SNUP-E-E2.1 Embalses. Zona de Conservación. A conservar
	SNUP-E-E2.2 Embalses. Zona de Conservación. A mejorar
	SNUP-E-E2.3 Embalses. Zona de Conservación. A regenerar
	SNUP-E-E2.4 Embalses. Zona de Conservación. Con uso ganadero
	SNUP-E-E3.1 Embalses. Otras Zonas. Zona de uso agrario
	SNUP-E-E3.2 Embalses. Otras Zonas. Zona de uso ganadero tradicional
	SNUP-E-E3.3 Embalses. Otras Zonas. Zona de uso agropecuario tradicional
	SNUP-E-CA Carreteras
	SNUP-E-CR Cauces y Riberas
	SNUP-E-VP Vías Pecuarias
	SNUP-E-MUP Montes de Utilidad Pública
	SNUP-E-M Montes Preservados
	SNUP-E-Z ZEC. "Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte"
	SNUP-E-CU Cultural

**OTRAS DELIMITACIONES**

	Limite de Término Municipal
	Plan de Ordenación de Embalses y Zonas Húmedas
	Embalse de Puentes Viejas
	Embalse del Villar
	Embalse del Atazar

Figura 21. Propuesta de estructura

Tal y como se define en el artículo 15 de la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo, de la Comunidad de Madrid, “tendrán la condición de suelo urbanizable los terrenos que el planeamiento general adscriba a esta clase de suelo, mediante su clasificación, por no proceder serlo a las clases de suelo urbano y no urbanizable de protección”. Se clasifican por lo tanto como tal aquellos suelos que se encuentran al sur del Ensanche del núcleo de Mangirón, en los que no se ha identificado ningún valor natural que haga necesaria su protección como Suelo No Urbanizable.

Los desarrollos urbanizables plantean un uso global residencial, dimensionados para acoger la demanda de vivienda analizada y prevista en el presente plan general, con un crecimiento compacto, equilibrado con la demanda de vivienda estimada y es respetuoso con los valores urbanos, naturales y paisajísticos que caracterizan el municipio de Puentes Viejas.

Se categorizan como **Suelo Urbanizable Sectorizado** estrictamente aquellos suelos que “el planeamiento general prevea expresamente que deben transformarse en suelo urbano”. Estos sectores se contemplan con una densidad máxima de unas 14 viviendas por hectárea, adaptándose a los modelos residenciales de baja densidad existentes y que también se pretenden incluir en el presente Plan General. Se añade a la capacidad residencial del municipio nuevos sectores de Suelo Urbanizable Sectorizado (SURS), que permiten además de generar un modelo de ciudad unitario y conectado, absorber y adaptarse a la demanda prevista de viviendas.

El Plan General propone los siguientes usos:

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍA	ÁMBITO	Sbruta (m <sup>2</sup> )
Suelo Urbano (SU)	Consolidado (SUC)	SUC-1. Mangirón	369.972
		SUC-2. Cinco Villas	97.755
		SUC-3. Paredes de Buitrago	57.053
		SUC-4. Serrada de la Fuente	46.179
		<b>Total SUC</b>	<b>570.960</b>
	No Consolidado (SUNC)	SUNC-1 (R). La Cerradilla Este	10.447
		SUNC-2 (R). La Cerradilla Oeste	12.928
		SUNC-3 (R). Calle Saleguillas – Calle del Cañuelo	6.093
		SUNC-4 (R). Prado Trigos	13.796
		SUNC-5 (R). La Fragua	17.147
		SUNC-6 (R). Polideportivo de Paredes de Buitrago	20.954
		SUNC-7 (R). Iglesia de San Andrés Apóstol	8.397
	<b>Total SUNC</b>	<b>89.762</b>	
<b>Total SU</b>	<b>660.722</b>		
Suelo Urbanizable (SUR)	Sectorizado (SURS)	SURS-1 (R). Las Charquillas	23.153
		SURS-2 (R). La Portilla	37.946
		SURS-3 (R). Las Navas	20.093
	<b>Total SUR</b>	<b>81.192</b>	
<b>TOTAL CAPACIDAD</b>			<b>741.913</b>

CLASE DE SUELO	CATEGORÍA DE SUELO		SUPERFICIE (m2s)
SUELO NO URBANIZABLE (SNUP)	ESPECIALMENTE PROTEGIDO (SNUP-E)	EMBALSES. Zona de Máxima Protección	103.999
		EMBALSES. Zona de Conservación. A conservar	4.050.977
		EMBALSES. Zona de Conservación. A mejorar	2.380.584
		EMBALSES. Zona de Conservación. A regenerar	3.243.099
		PARQUE NACIONAL. Zona de Uso Especial	439.824
		EMBALSES. Zona de Conservación. Con uso ganadero	245.555
		EMBALSES. Otras Zonas. Zona de uso agrario	210.059
		EMBALSES. Otras Zonas. Zona de uso ganadero tradicional	2.219.300
		EMBALSES. Otras Zonas. Zona de uso agropecuario tradicional	932.316
		CARRETERAS*	929.080
		CAUCES Y RIBERAS*	2.688.533
		VÍAS PECUARIAS*	3.361.589
		MONTES DE UTILIDAD PÚBLICA*	9.650.510
		MONTES PRESERVADOS*	10.737.785
		ZONA ESPECIAL DE CONSERVACIÓN*	9.103.093
		CULTURAL*	3.421.495
	PRESERVADO (SNUP-P)	PROTECCIÓN AGRÍCOLA	24.911.688
		PROTECCIÓN PAISAJÍSTICA	2.779.682
	TOTAL SNUP*		57.586.448
	TOTAL PUENTES VIEJAS		58.432.504

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

Para el análisis de la incidencia sobre la hidrología de los **nuevos desarrollos urbanísticos** previstos en los distintos sectores a desarrollar incluidos en el PGOU, se ha comparado la situación **preoperacional**, es decir, en las condiciones actuales de ocupación del suelo en el término municipal con la situación **postoperacional** que implica la máxima ocupación del suelo con sus correspondientes usos previstos en la modificación del Plan General.

El análisis se ha centrado en los arroyos que se ven afectados por los nuevos desarrollos planteados, habiéndose incluido tanto los correspondientes al suelo urbanizable sectorizado como al no sectorizado.

El procedimiento seguido para la realización de este estudio hidrológico se detalla en el **Anejo Nº 1 “Cálculos Hidrológicos”**, no obstante, a continuación, se detalla un pequeño resumen del mismo:

La metodología empleada ha sido la siguiente:

1. Delimitación y cálculo GIS de cuencas sobre MDT.
2. Cálculo de los parámetros físicos de cada una de las cuencas (superficie, longitud del curso principal y cálculo de la pendiente media).
3. Determinación de los coeficientes de escorrentía mediante la identificación y delimitación de las características y usos del suelo en el Mapa Geológico a escala 1:50.000, y en la cartografía del SIOSE, con posterior corrección de su valor mediante el coeficiente **b**.
4. Asignación a cada cuenca de la precipitación diaria a considerar para el periodo de retorno establecido, obtenida mediante la aplicación MAXPLUWIN incluida en la publicación del Ministerio de Fomento "Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular" y posterior corrección mediante el coeficiente **K A** en aquellas cuencas de  $S > 1 \text{ km}^2$ .
5. Cálculo de la intensidad de precipitación y cálculo del caudal mediante las fórmulas establecidas.

Los arroyos y las cuencas afectadas por el nuevo suelo urbanizable e incluidos en la **Red Hidrográfica Principal** de la Confederación Hidrográfica del Tajo son los siguientes:

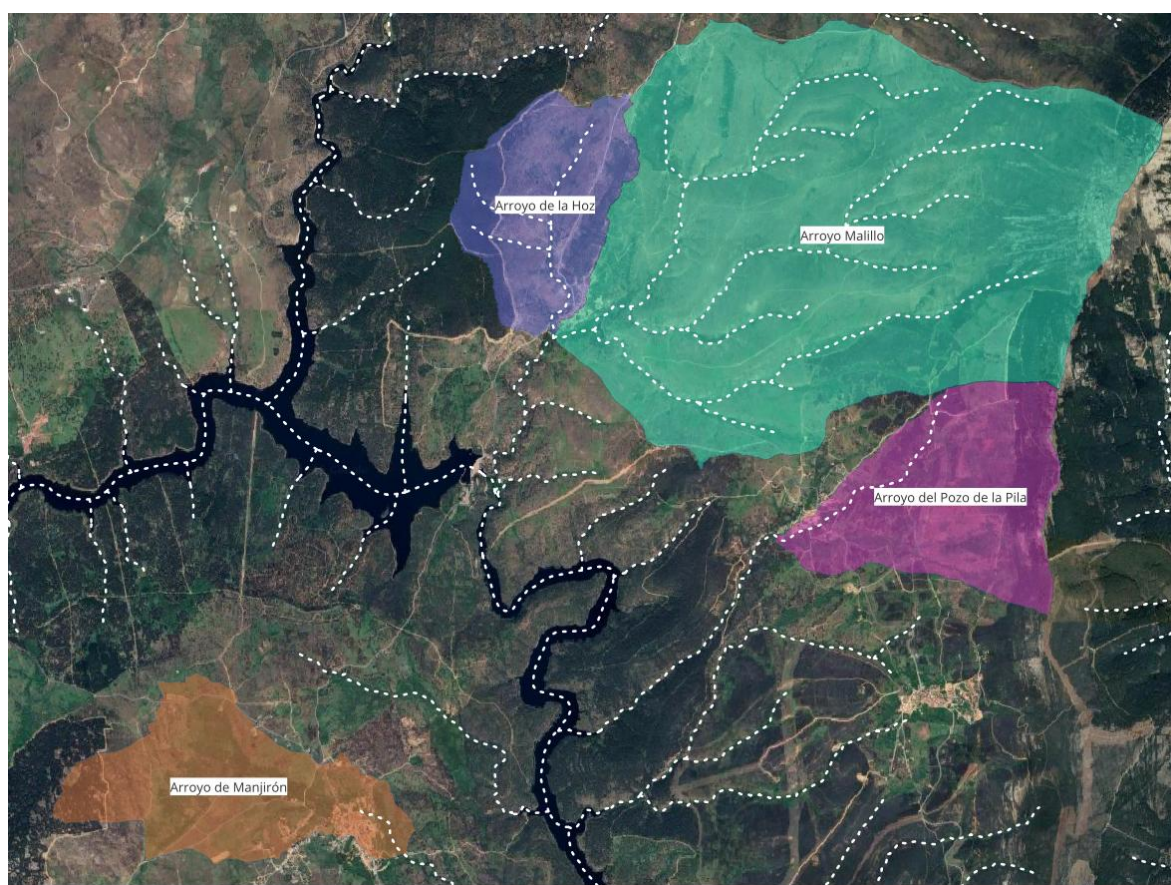


Figura 22. Cuencas consideradas en el cálculo.

Características Cuencas								
Cuenca	S (Km 2)	Cota inicial	Cota final	Az (m)	L (m)	Anchura media (m)	i (m/m)	Ka
Arroyo de la Hoz	2.25	1078	951	127.00	2900.00	774.42	0.044	0.977
Arroyo de Mangirón	2.79	1195	975	220.00	3700.00	755.18	0.059	0.970
Arroyo del Pozo de la Pila	3.01	1400	992	408.00	2950.00	1,020.28	0.138	0.968
Arroyo Malillo	13.51	1609	951	658.00	6900.00	1,958.12	0.095	0.925

### 3.2.1. Modificaciones del Coeficiente de Escorrentía

Además de la modificación de las superficies drenantes, el cambio en los usos del suelo conlleva la alteración de los coeficientes de escorrentía, es decir, la porción de agua de lluvia que escurre de manera superficial.

La impermeabilización de las superficies debido al asfaltado de viales y a la construcción de edificaciones (terrazas, tejados, aceras, etc.), supone el incremento de los coeficientes de escorrentías, y por tanto, el aumento de los caudales producidos.

Como quiera que el coeficiente de escorrentía también depende de la situación de humedad del suelo y de la propia intensidad y duración de la tormenta, se ha considerado más preciso calcular el mismo a partir del umbral de escorrentía, es decir, el valor mínimo de lluvia para el que se supera la capacidad de infiltración de agua en el suelo y por tanto se produce escorrentía superficial.

Para determinar el coeficiente de escorrentía de las cuencas rurales se ha utilizado el método racional, de acuerdo con la Instrucción 5.2.I.C Drenaje Superficial de la Dirección General de Carreteras.

Según este método el coeficiente de escorrentía varía según el período de retorno que se considere, al variar el umbral de escorrentía de la cuenca (P0) y el valor de la precipitación máxima en 24 horas, que también varía con el período de retorno. El umbral de escorrentía de la cuenca se determina en función de las características físicas de la misma (pendiente, usos del suelo, geología local...etc.).

Es por esto que la producirse una variación en los usos del suelo (en este caso por urbanización del mismo) se afecta al umbral de escorrentía y aumenta de forma global el coeficiente de escorrentía de la cuenca.

Se han tenido en cuenta los desarrollos adyacentes y pertenecientes a las diferentes cuencas en estudio.

En las siguientes tablas se recogen los valores obtenidos para el coeficiente de escorrentía de las cuencas afectadas por la urbanización de los sectores contemplados en el PGOU

Cuenca	Pd Corregido			Pd /P0			Coef de Escorrentia -C (Actual)		
	5	100	500	5	100	500	5	100	500
Arroyo de la Hoz	52.29	94.83	121.50	1.2	2.1	2.7	0.03	0.16	0.24
Arroyo de Manjirón	51.95	94.21	120.71	1.2	2.3	2.9	0.04	0.18	0.25
Arroyo del Pozo de la Pila	51.83	94.00	120.44	1.0	1.9	2.4	0.00	0.13	0.20
Arroyo Malillo	49.50	89.78	115.03	1.3	2.3	3.0	0.04	0.19	0.26

### 3.2.2. Caudales en la Situación Postoperacional.

En las tablas siguientes se resumen los caudales calculados en las distintas cuencas:

Caudales Punta (m3/s)			
Cuenca	5	100	500
Arroyo de la Hoz	0.26	2.5	4.7
Arroyo de Manjirón	0.42	3.4	6.1
Arroyo del Pozo de la Pila	0.18	2.7	5.4
Arroyo Malillo	2.36	15.3	26.5

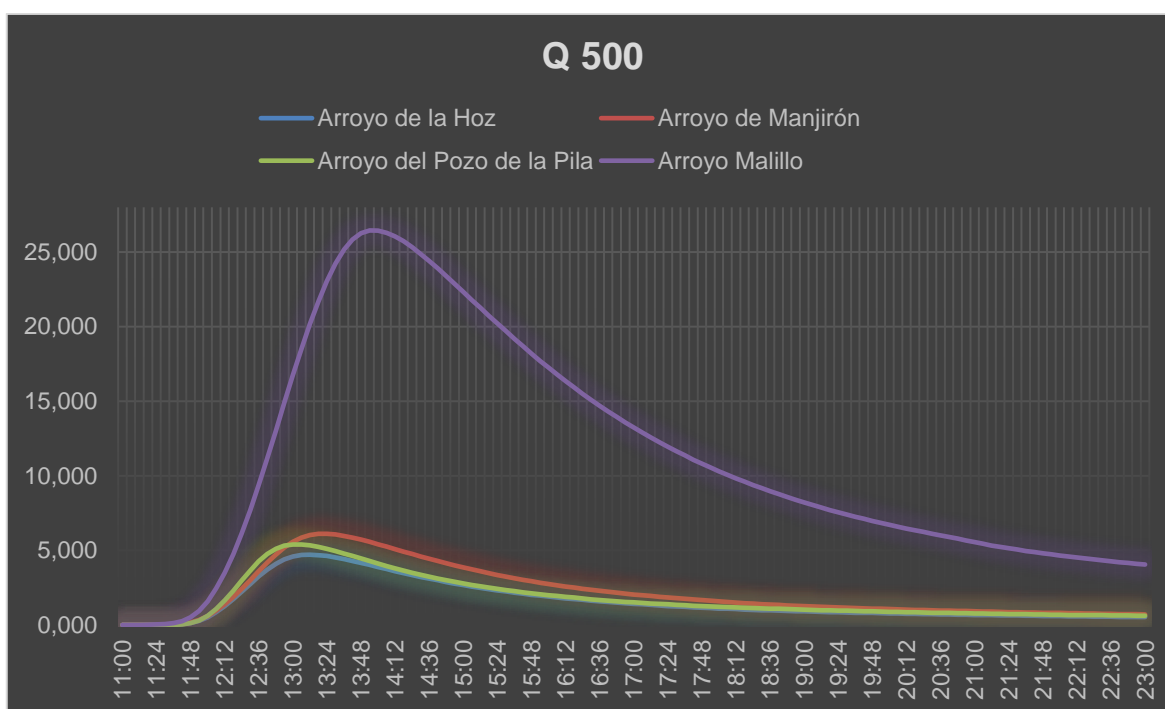


Figura 23. Hidrogramas Calculados para un periodo de Retorno T= 500 años.

## 4. REDES DE ABASTECIMIENTO, SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN

Se hace un planteamiento inicial, con cálculos estimativos y sin diseño de las redes, dado el nivel de ordenación y alcance de la fase de planeamiento actual.

### 4.1. ABASTECIMIENTO

#### 4.1.1. Caudales

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

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

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

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

Cabe destacar que en el municipio de Puentes Viejas la única población en la que se contempla crecimiento es en el núcleo de Mangirón. En los demás núcleos el único crecimiento que se contempla es el de consolidación de los sectores existentes, para lo cual las infraestructuras de servicios ya están preparadas, no precisándose, por tanto, de la ejecución de ningún nuevo tramo de red ni el refuerzo de las ya existentes.

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

ÁMBITO			SUPERFICIES GENERALES	POBLACIÓN MÁXIMA		
CÓDIGO	NOMBRE	USO GLOBAL	SUP. BRUTA (m2s)	DENSIDAD (viv/ha)	Nº VIVIENDAS	POBLACIÓN
SUC-1	Mangirón	RESIDENCIAL	369.972	-	91	
SUC-2	Cinco Villas	RESIDENCIAL	97.755	-	46	
SUC-3	Paredes de Buitrago	RESIDENCIAL	57.053	-	18	
SUC-4	Serrada de la Fuente	RESIDENCIAL	46.179	-	20	
<b>TOTAL SUC</b>			<b>570.960</b>	<b>-</b>	<b>174</b>	
SUNC-1	La Cerradilla Este	RESIDENCIAL	10.447		14	
SUNC-2	La Cerradilla Oeste	RESIDENCIAL	12.928		16	
SUNC-3	Calle Saleguillas – Calle del Cañuelo	RESIDENCIAL	6.093		9	
SUNC-4	Prado Trigos	RESIDENCIAL	13.796		12	
SUNC-5	La Fragua	RESIDENCIAL	17.147		14	
SUNC-6	Polideportivo Paredes de Buitrago	RESIDENCIAL	20.954		11	
SUNC-7	Iglesia San Andrés Apóstol	RESIDENCIAL	8.397		10	
<b>TOTAL SUNC</b>			<b>89.762</b>	<b>-</b>	<b>85</b>	
<b>TOTAL SUELO URBANO</b>			<b>660.722</b>	<b>-</b>	<b>259</b>	
SURS-1	Las Charquillas	RESIDENCIAL	23.153	14	26	
SURS-2	La Portilla	RESIDENCIAL	37.946	14	53	
SURS-3	Las Navas	RESIDENCIAL	20.093	14	28	
<b>TOTAL SUELO URBANIZABLE</b>			<b>81.192</b>	<b>-</b>	<b>107</b>	
SNUP-E	Embalses. Zona de Máxima Protección		103.999			
SNUP-E	Embalses. Zona de Conservación. A conservar		4.050.977			
SNUP-E	Embalses. Zona de Conservación. A mejorar		2.380.584			
SNUP-E	Embalses. Zona de Conservación. A regenerar		3.243.099			
SNUP-E	Embalses. Zona de Conservación. Con uso ganadero		439.824			
SNUP-E	Embalses. Otras zonas. Zona de uso agrario		245.555			
SNUP-E	Embalses. Otras zonas. Zona de uso ganadero tradicional		210.059			
SNUP-E	Embalses. Otras zonas. Zona de uso agropecuario tradicional		2.219.300			
SNUP-E	Carreteras		929.080			
SNUP-E	Cauces y Riberas		2.688.533			
SNUP-E	Vías Pecuarias		3.361.589			
SNUP-E	Montes de Utilidad Pública		9.650.510			
SNUP-E	Montes Preservados		10.737.785			
SNUP-E	Zona Especial de Conservación "Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte"		9.103.093			
SNUP-E	Cultural		3.421.495			
SNUP-P	Protección Agrícola		25.015.830			
SNUP-P	Protección Paisajística		2.779.682			
<b>TOTAL SUELO NO URBANIZABLE*</b>			<b>57.690.590</b>			
<b>TOTAL TÉRMINO MUNICIPAL</b>			<b>58.556.791</b>	<b>-</b>		

CATEGORÍA DE SUELO	ÁMBITO / SECTOR	USO GLOBAL	SUPERFICIE BRUTA	POBLACIÓN MÁXIMA	
			Sb (m <sup>2</sup> s)	Densidad (viv/Ha)	Nº Viviendas
<b>SURS</b>	SURS-1 Las Charquillas	Residencial	23.153	14	26
	SURS-2 La Portilla	Residencial	37.946	14	53
	SURS-3 Las Navas	Residencial	20.093	14	28
<b>Total</b>			<b>81.192</b>		<b>107</b>

Para obtener los consumos estimados referidos a los caudales medios, al desconocerse la superficie de cada sector destinada para zonas verdes, equipamientos y red viaria, se tendrá en cuenta únicamente el área edificable del sector, quedando además el cálculo del lado de la seguridad al tomar para la estimación datos más desfavorables. En fases sucesivas, cuando se tenga definida la ordenación de estos sectores, se realizará un cálculo más ajustado.

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

REQUERIMIENTOS DE ABASTECIMIENTO DE LOS NUEVOS SECTORES				
Usos	Sup (m <sup>2</sup> )	Dotación (l/m <sup>2</sup> y día)	Consumo (m <sup>3</sup> /día)	Consumo (l/seg)
Residencial	81.192	9,5	771,32	8,93
<b>TOTAL</b>	<b>81.192</b>		<b>771,32</b>	<b>8,93</b>

Figura 24. Consumos de abastecimiento estimados para los nuevos sectores

Los valores anteriores responden a los consumos estimados en relación a los nuevos sectores. Se analiza también el consumo actual del municipio. Para la parte asociada a las viviendas, se considera una dotación de 250 l/habitante y día, que para una población de 474 habitantes, la que habita en Mangirón, representa un consumo diario de 118,5 m<sup>3</sup>. Para el resto de usos, se analiza su edificabilidad y se aplican las dotaciones ya indicadas anteriormente.

REQUERIMIENTOS DE ABASTECIMIENTO ACTUALES* EN MANGIRÓN				
Usos	Sup. (m <sup>2</sup> )	Dotación (l/m <sup>2</sup> y día)	Consumo (m <sup>3</sup> /día)	Consumo (l/seg)
Residencial			118,50	1,37
Terciario		8		
Industrial		8		
Equipamientos	7.728	8	61,82	0,72
Zonas verdes	4.286	1.5	6,43	0,07
TOTAL			186,75	2,16

\* Valores estimados

Figura 25. Consumos de abastecimiento estimados para la situación actual en Mangirón

Se calculan también los consumos de abastecimiento estimados para la situación actual en los otros núcleos de población, en los que no se prevé el desarrollo de nuevos sectores urbanizables. Para ello, en el uso residencial se tomará como dotación 250 l/habitante y día, y según los datos del INE la población en cada núcleo en 2024 es de 131 habitantes en Cinco Villas, 80 en Paredes de Buitrago y 89 en Serrada de la Fuente:

REQUERIMIENTOS DE ABASTECIMIENTO ACTUALES* EN CINCO VILLAS				
Usos	Sup. (m <sup>2</sup> )	Dotación (l/m <sup>2</sup> y día)	Consumo (m <sup>3</sup> /día)	Consumo (l/seg)
Residencial			32,75	0,38
Terciario		8		
Industrial		8		
Equipamientos	2.081	8	16,65	0,19
Zonas verdes	1.722	1.5	2,58	0,03
TOTAL			51,98	0,60

\* Valores estimados

Figura 26. Consumos de abastecimiento estimados para la situación actual en Cinco Villas

REQUERIMIENTOS DE ABASTECIMIENTO ACTUALES* EN PAREDES DE BUITRAGO				
Usos	Sup. (m <sup>2</sup> )	Dotación (l/m <sup>2</sup> y día)	Consumo (m <sup>3</sup> /día)	Consumo (l/seg)
Residencial			20,00	0,23
Terciario		8		
Industrial		8		
Equipamientos	1.796	8	14,37	0,17
Zonas verdes	1.526	1.5	2,29	0,03
TOTAL			36,66	0,43

\* Valores estimados

Figura 27. Consumos de abastecimiento estimados para la situación actual en Paredes de Buitrago

REQUERIMIENTOS DE ABASTECIMIENTO ACTUALES* EN SERRADA DE LA FUENTE				
Usos	Sup. (m <sup>2</sup> )	Dotación (l/m <sup>2</sup> y día)	Consumo (m <sup>3</sup> /día)	Consumo (l/seg)
Residencial			22,25	0,26
Terciario		8		
Industrial		8		
Equipamientos	1.841	8	14,73	0,17
Zonas verdes	2.537	1.5	3,81	0,04
TOTAL			40,79	0,47

\* Valores estimados

Figura 28. Consumos de abastecimiento estimados para la situación actual en Serrada de la Fuente

Una vez obtenido el caudal demandado, se podrá comprobar si los depósitos existentes actualmente tienen la capacidad suficiente para garantizar 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, según queda recogido en las citadas Normas para el Abastecimiento de Agua del CYII.

#### 4.1.2. Necesidades en la red de abastecimiento

A partir de los datos anteriores, se obtienen los consumos medios actuales y futuros

REQUERIMIENTOS DE ABASTECIMIENTO ACTUALES* EN MANGIRÓN				
Usos	Sup. (m <sup>2</sup> )	Dotación (l/m <sup>2</sup> y día)	Consumo (m <sup>3</sup> /día)	Consumo (l/seg)
Residencial			889,82	10,30
Terciario		8		
Industrial		8		
Equipamientos	7.728	8	61,82	0,72
Zonas verdes	4.286	1.5	6,43	0,07
TOTAL			958,07	11,09

Sobre el valor medio, se obtiene un coeficiente punta según la siguiente expresión

$$\text{Coeficiente punta } C_p = 1,4 + (2,8/Qm^{0,5}) < 3$$

Obteniéndose por tanto los siguientes valores:

- Caudal medio: 11,09 l/s
- Coeficiente punta: 2,24
- Caudal punta:  $2,24 \times 11,09 = 24,84$  l/s

#### 4.1.3. Criterios de diseño

Las conducciones de alimentación a depósito se dimensionarán a caudal medio siempre que la capacidad de regulación supere el 50 % de la demanda diaria.

Las redes de distribución se dimensionarán a caudal punta.

$$\text{Caudal punta } Q_p \text{ (l/s)} = 1,4 + (2,8/Q_m^{0,5}) \times Q_m < 3 \times Q_m$$

En la red de distribución, los diámetros mínimos de las tuberías a instalar en función de la edificabilidad, serán los siguientes:

EDIFICABILIDAD (M <sup>2</sup> /M <sup>2</sup> )	RED PRINCIPAL DN (MM)	RED SECUNDARIA DN (MM)
Baja ( Ce < 0,5 )	150	80
Media ( 0,5 < Ce < 1,0 )	200	100
Alta ( Ce > 1,0 )	300	100

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, como en los viales en fondo de saco, 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.

## 4.2. SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN

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 los emisarios que vierten en cada una de las EDAR existentes 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.

#### 4.2.1. 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. A partir de los caudales de aguas domésticas e industriales se calculará el caudal punta, que es con el que se diseñan las conducciones. En este caso, estos caudales se calcularán solo para Mangirón, el único núcleo en el que se han previsto nuevos sectores urbanizables:

Requerimientos medios de fecales				
Usos	Sup. (m <sup>2</sup> )	Dotación (l/m <sup>2</sup> y día)	Abastecimiento (l/seg)	Saneamiento (l/seg)
Residencial actual	322.334	9,5	35,44	28,35
Industrial actual	0	8,0	0	0
Residencial nuevo	81.192	9,5	8,93	7,14
Industrial nuevo	0	8,0	0	0
Equipamientos	7.728	8,0	0,72	0,57
<b>Total Residencial</b>				
	403.526	9,5	44,37	35,49
<b>Total Industrial</b>				
	0	8,0	0	0
<b>Total Equipamientos</b>				
	7.728	8,0	0,72	0,57
<b>Total</b>				
	411.254		45,09	36,06

Caudal punta de aguas residuales:

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

Dónde:

QD = caudal doméstico

QI = caudal industria

Y el caudal punta resultante a tener en cuenta para los dimensionamientos de las conducciones sería, conforme a la formulación planteada, de **67,3 l/s**, cumpliendo así con los requisitos de dicha fórmula.

#### Necesidades y diseño de las redes

Cabe destacar que en el municipio de Puentes Viejas la única población en la que se contempla crecimiento es en el núcleo de Mangirón. En Cinco Villas, Paredes de Buitrago y Serrada de la Fuente el único crecimiento que se contempla es el de consolidación de los sectores existentes, para lo cual las infraestructuras de servicios ya están preparadas y con capacidad suficiente, no precisándose, por tanto, de la ejecución de ningún nuevo tramo de red ni el refuerzo de las ya existentes.

En cada núcleo de población existe un sistema de saneamiento independiente:

- **EDAR de Cinco Villas:** con una capacidad de 200 habitantes equivalentes y un caudal autorizado de 41 m<sup>3</sup>/día
- **EDAR de Mangirón,** con un caudal autorizado de 144 m<sup>3</sup>/día y una capacidad de 800 habitantes equivalentes.
- **EDAR de Paredes de Buitrago:** con un caudal autorizado de 72 m<sup>3</sup>/día y una capacidad de 400 habitantes equivalentes.
- **EDAR de Serrada de la Fuente:** con un caudal autorizado de 57 m<sup>3</sup>/día y una capacidad de 400 habitantes equivalentes.

#### 4.2.2. Saneamiento de aguas pluviales

##### 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:

$$Q = \frac{C_x I_x A_x K t}{3,6}$$

siendo:

Q (m<sup>3</sup>/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 (km<sup>2</sup>)

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 (T):

Precipitación Máxima en 24 h P (mm/día)					
T (años)	5	10	25	100	500
Pd (mm/día)	55	65	78	88	127

Se adopta un periodo de retorno de 25 años y por tanto, una precipitación de: **Pd<sub>25</sub> = 78 mm**

### Tiempo de concentración

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

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

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

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

Siendo:

t (h)= Tiempo de concentración.

L (km)= Longitud del cauce principal.

J (m/m)= Pendiente media.

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

### Intensidad de lluvia

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

$$I_t = \left( \frac{P_d^*}{24} \right) \times \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1-t^{0.1}}}{28^{0.1}-1}}$$

Dónde:

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

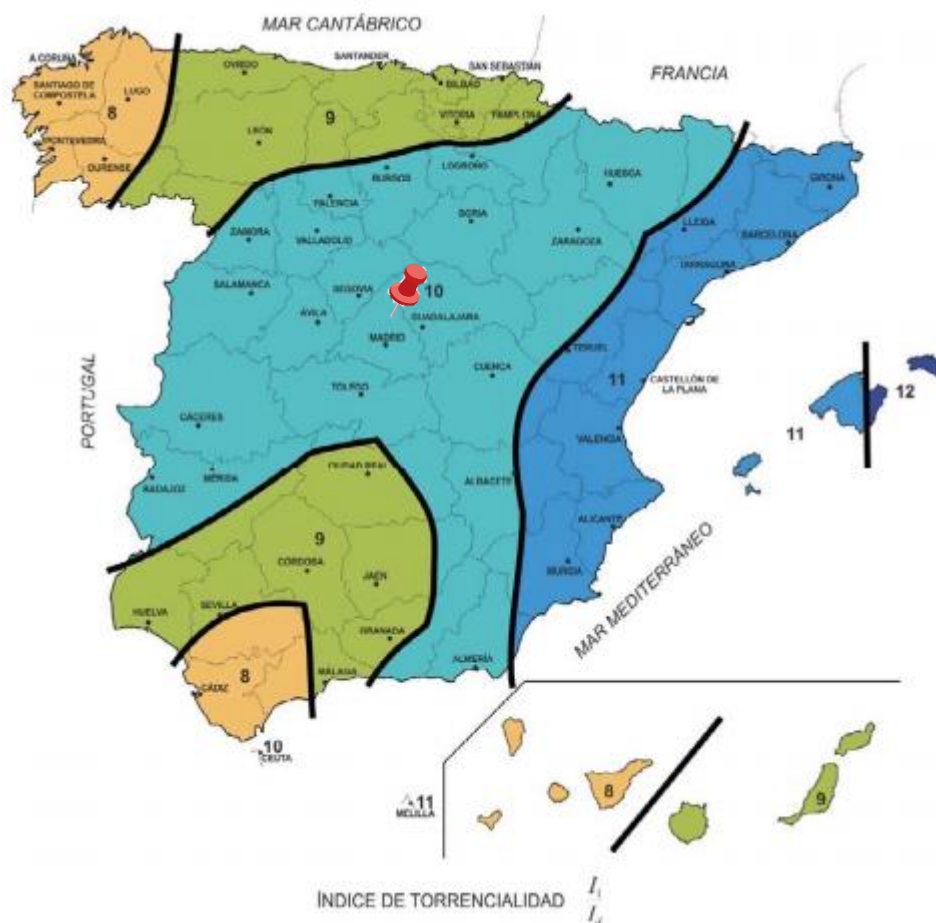
$I_d$  (mm/h) = Intensidad media diaria de precipitación. Se calcula con la expresión:  $I_d = P_d / 24$

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

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

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

Según el mapa de isolinéas de la Península Ibérica,  $I_1/I_d = 10$ .



**Coefficiente de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía representa la fracción de lluvia que discurre por la superficie de la cuenca, es decir, la parte del total de agua de lluvia que no se infiltra en el terreno y no es retenida.

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...

**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 <sup>2</sup> )	Longitud (Km)	Diferencia de cotas (m)	Pendiente media (m/m)	Tiempo de concentración (h)	Id (mm/h)	It (mm/h)	C	Kt	Q (m <sup>3</sup> /sg)
SUR-S1	0.023	0.29	20	0.0685	0.196	4.323	103.779	0.55	1.009	0.370
SUR-S2	0.038	0.33	25	0.0765	0.209	4.323	100.477	0.55	1.010	0.588
SUR-S3	0.020	0.22	25	0.1116	0.146	4.323	119.785	0.55	1.006	0.370

### 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 Sector se construirá una red de pluviales interna, recogida en colectores generales para conducir las aguas de escorrentía generadas, a los puntos de vertido en los arroyos correspondientes. 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.

## 5. 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 conformidad con la ley de aguas vigente, se debe proceder a delimitar el Dominio Público Hidráulico, la zona de Flujo Preferente y las Zonas Inundables, en el **anejo Nº 2 “Cálculos Hidráulicos”**, se detallan los cálculos efectuados a tal efecto.

### 5.1. ZONA INUNDABLE

Según el artículo 14 del **Real Decreto 849/1986**, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, se considera zona inundable los terrenos que puedan resultar inundados por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de **500 años**

Se presenta la lámina de inundación calculada para los arroyos afectados por la modificación del Plan, el resto de ríos y arroyos presentes en el municipio quedan fuera de la propuesta de crecimiento planteada.

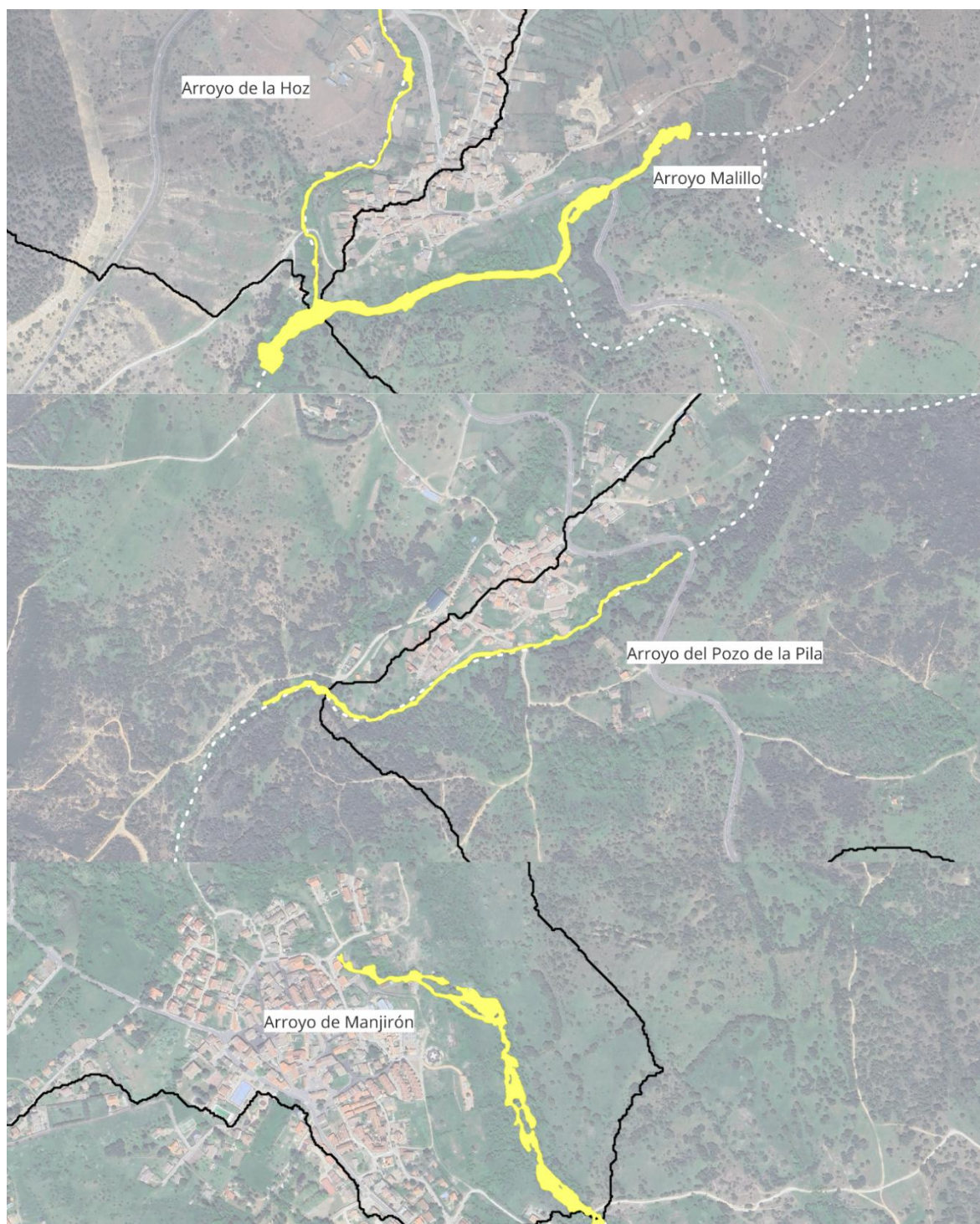


Figura 29. Zona Inundable (RDPH)

## 5.2. ZONA DE FLUJO PREFERENTE

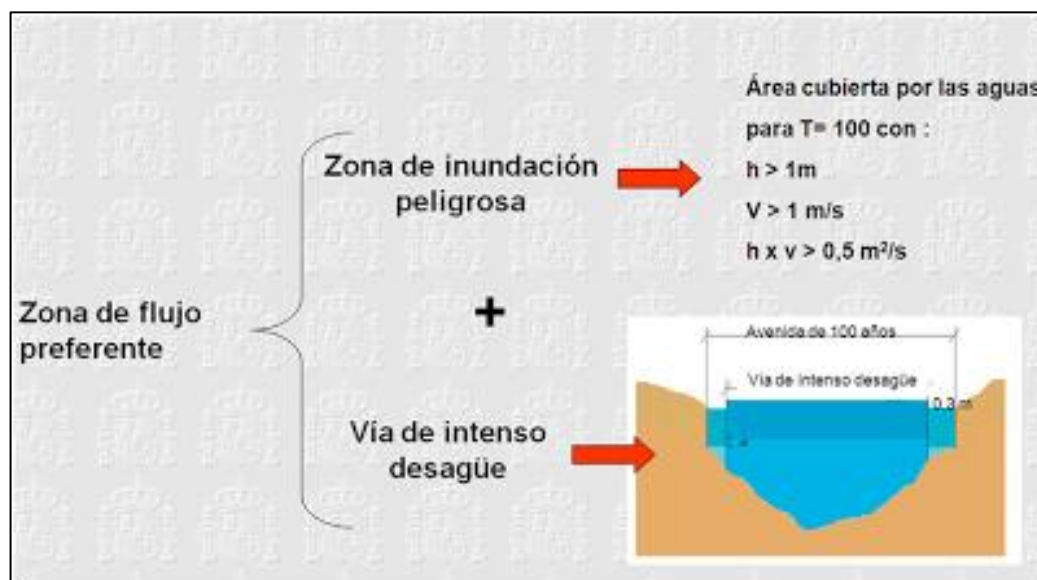
La modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico efectuada a través del Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, introdujo los siguientes conceptos en la zonificación de los espacios fluviales:

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

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

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

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



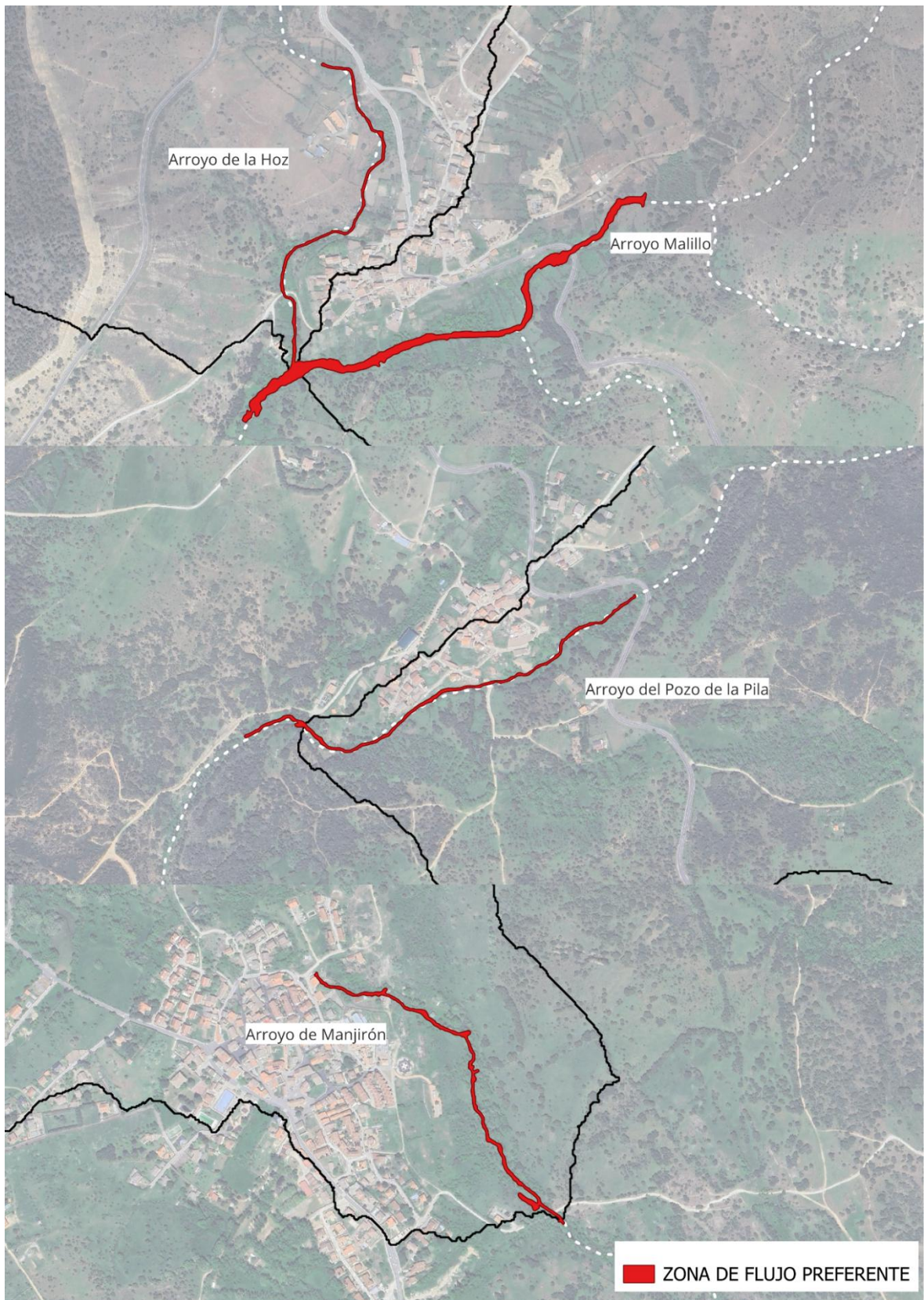
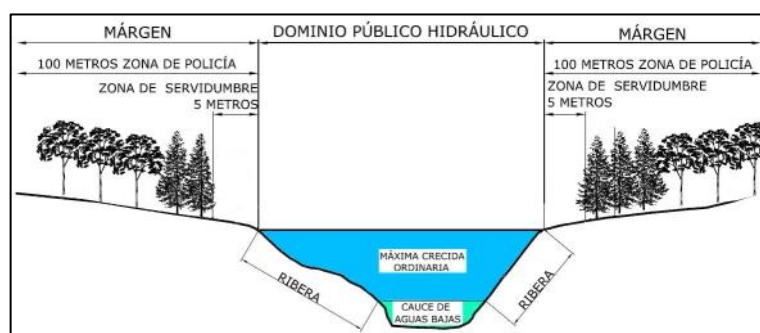


Figura 30. ZFP

### 5.3. 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.

Para el cálculo de la MCO se utilizarán los datos de aforos del río Guadarrama a su paso por Las Rozas y se seguirá la metodología descrita en la publicación del CEDEX "**Guías metodológicas para la estimación del caudal de máxima crecida ordinaria**".

Una vez realizados los cálculos del río Guadarrama, mediante el periodo de retorno correspondiente al  $Q_{MCO}$ , se extrapolan los resultados al resto de cauces considerados en este informe, redondeados a un periodo de retorno de **T= 5 años**

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

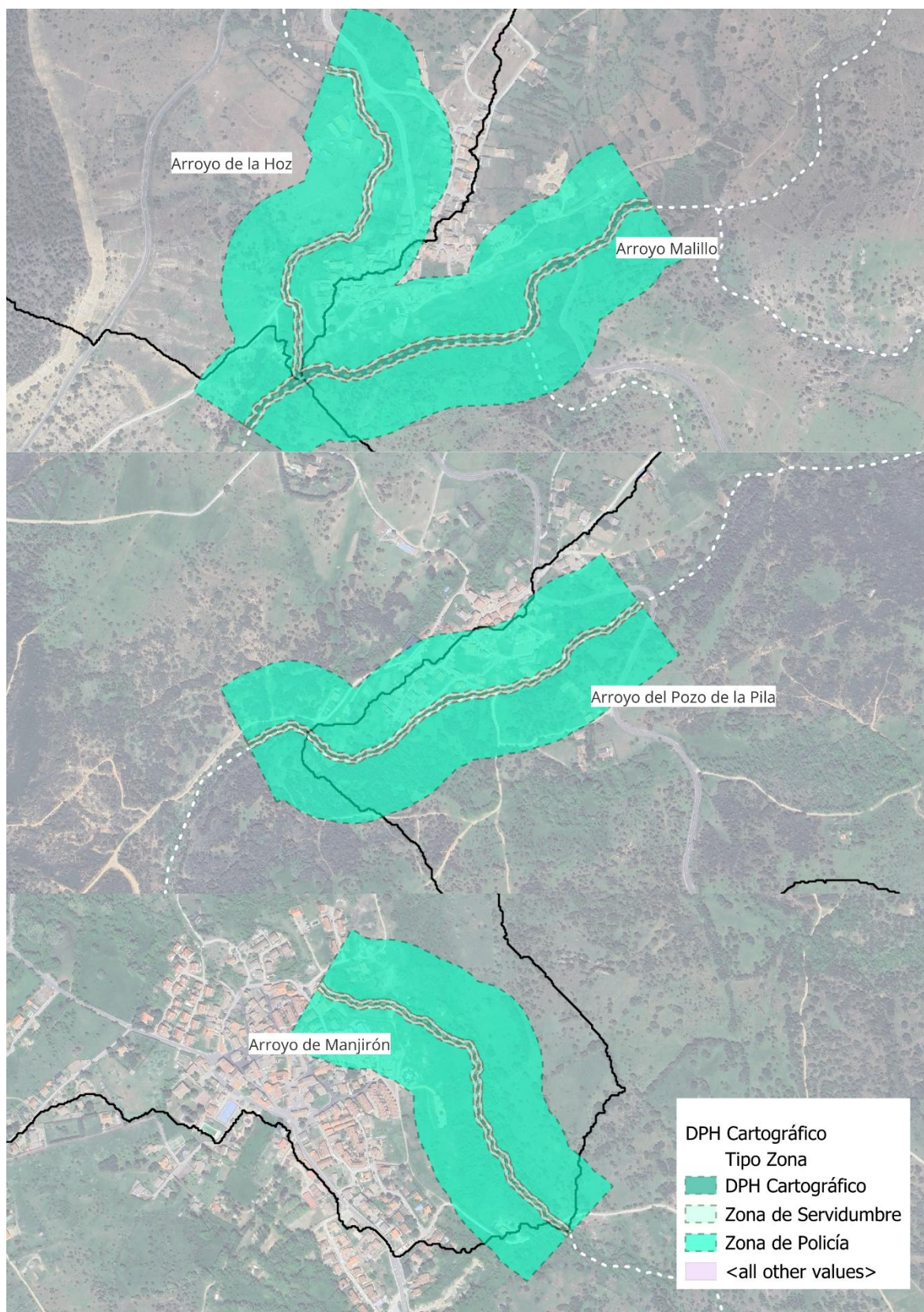


Figura 31. DPH Cartográfico o Probable

## 6. 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.....	28
Capítulo 1. Precipitaciones e Intensidad de Lluvia .....	29
Capítulo 2. Cuencas .....	30
Capítulo 3. Usos del Suelo.....	32
Capítulo 4. Modelo Hidrometeorológico HEC-HMS .....	35
4.1. Precipitación.....	35
4.2. Infiltración .....	35
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 Jarama, 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 \(chtaio.es\)](http://visor.confederacionhidrografica.net))

- a) Arroyo de Manjirón en Manjirón
- b) Arroyo de la Hoz en Paredes de Buitrago
- c) Arroyo Malillo en Paredes de Buitrago
- c) Arroyo del Pozo de La Pila en Serrada de la Fuente

## Título II. HIDROLOGÍA

## Capítulo 1. PRECIPITACIONES E INTENSIDAD DE LLUVIA

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

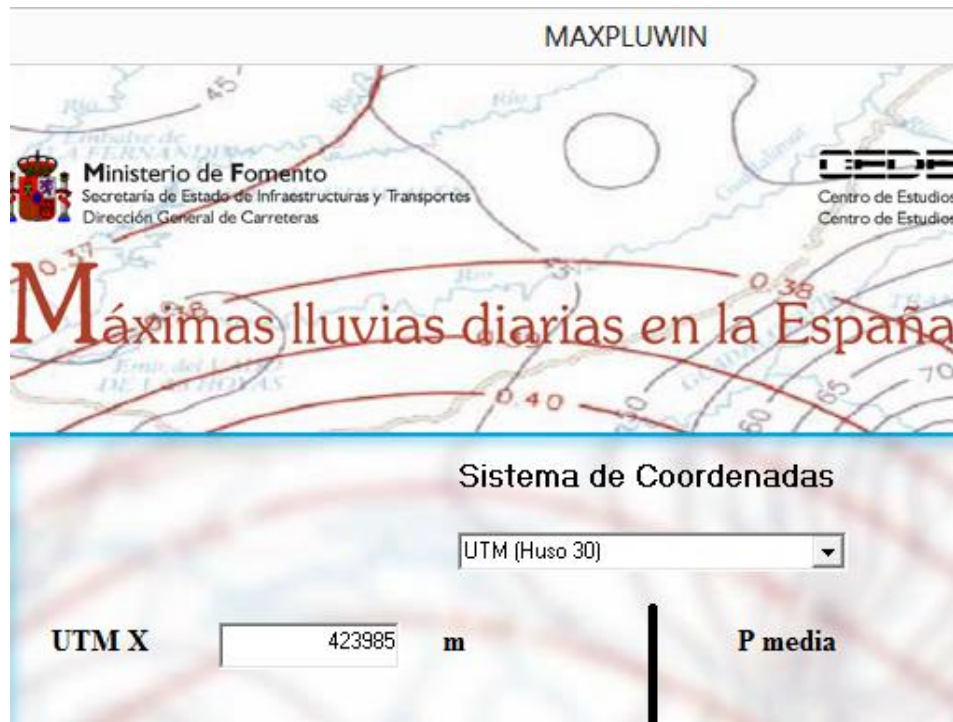


Figura 2. Interfaz para la introducción de datos del programa MAXPLU.

Se ha calculado un punto en la cuenca de mayor entidad y situada más al norte, concretamente la del arroyo Malillo.

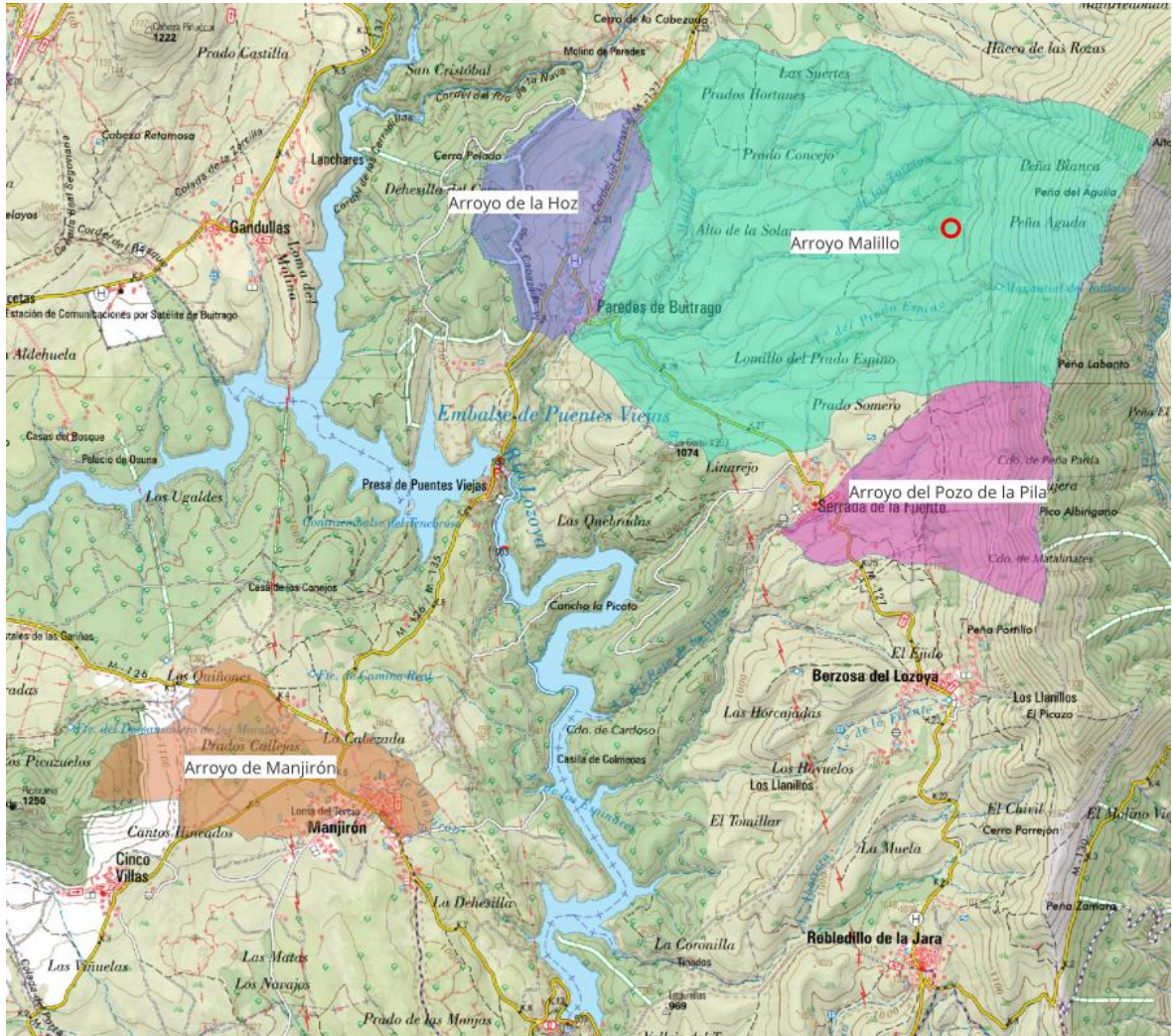


Figura 3. Ubicación del punto consultado en la aplicación MAXPLU.

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	456100	4540300	44	53.54	97.1	124.41

## 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:

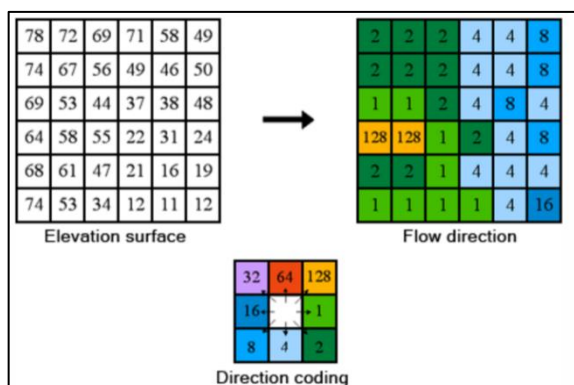


Figura 4. Codificación de la Dirección de Flujo

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

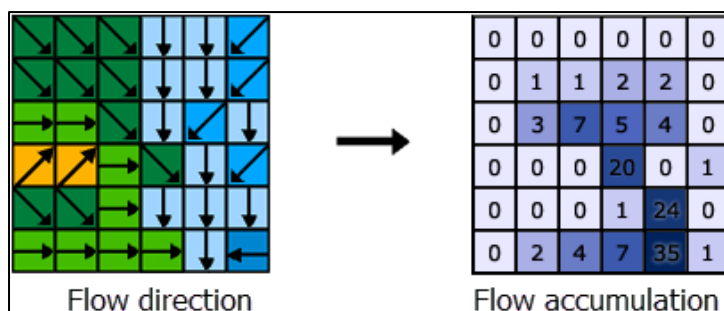


Figura 5. Acumulación de Flujo

- **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.

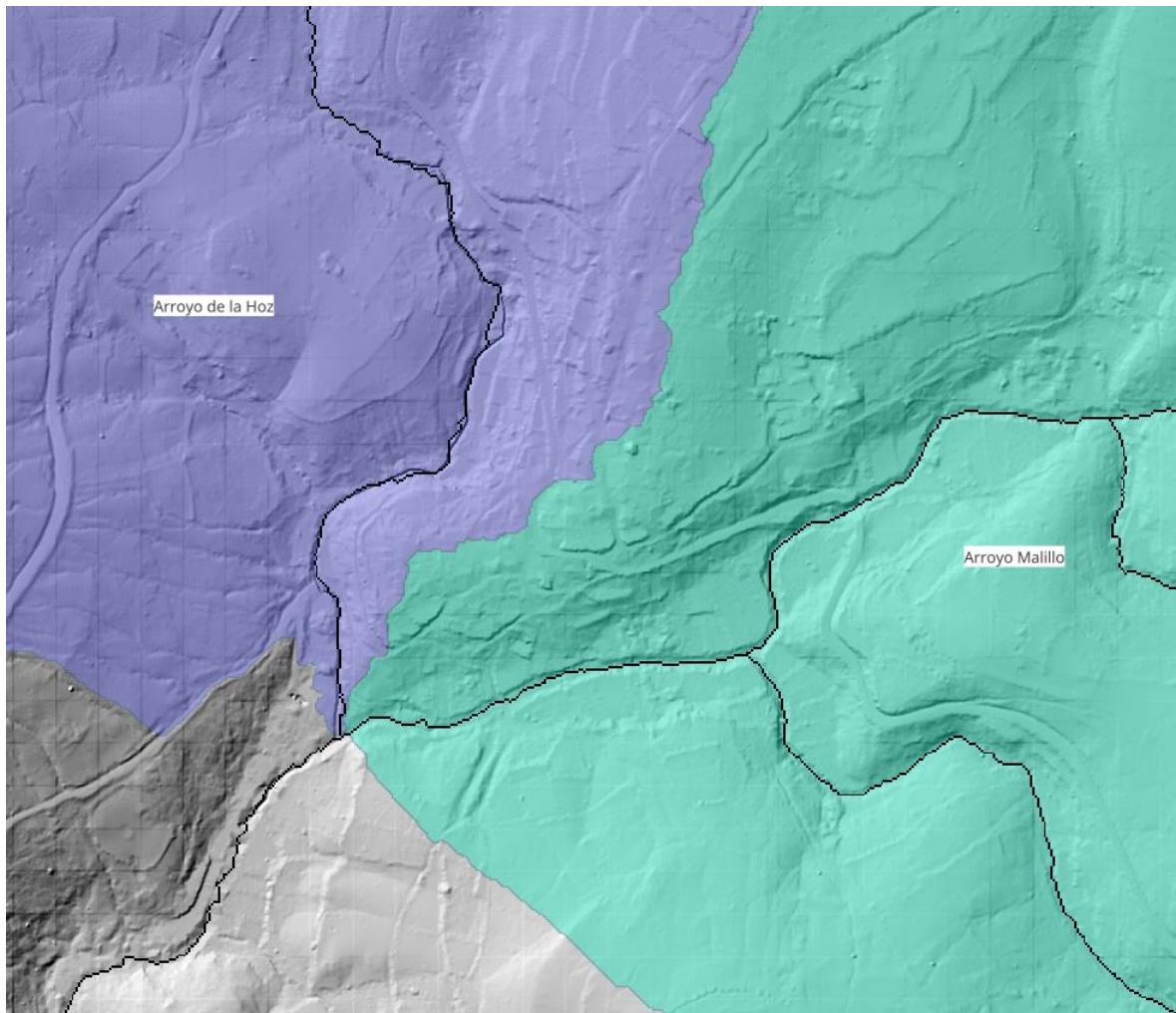


Figura 6. Detalle de la red calculada.

## Capítulo 3. CAUDALES

### 3.1. Método Racional

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

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

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

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

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

Siendo:

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

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

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

C: coeficiente de escorrentía del intervalo donde se produce I

K: coeficiente de uniformidad

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

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

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

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

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

L: Longitud del cauce principal (km)

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

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

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

### Intensidad de Lluvia

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

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

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

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

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

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

$\frac{I_1}{I_d}$

: Cociente entre la intensidad horaria y la diaria, independiente del período de retorno. Se obtiene del mapa de isólinas 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

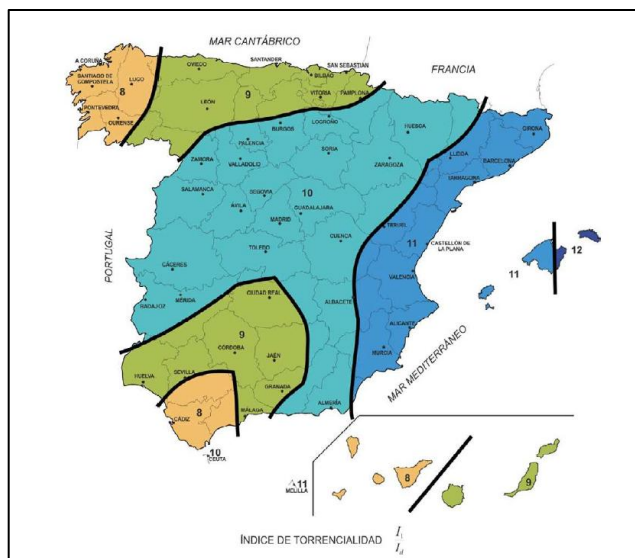


Figura 7. Mapa de Isólinas  $I_1/I_d$

Por la ubicación geográfica de la actuación, la relación ( $I_1 / I_d$ ), 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
<b>A</b>	Rápida	Grande	Arenosa; Areno-limosa	Perfecto
<b>B</b>	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa; Franca; Franco-arcillosa-arenosa; Franco-limosa.	Bueno a moderado
<b>C</b>	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa; Franco-arcillosa-limosa; Arcillo-arenosa	Imperfecto
<b>D</b>	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

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

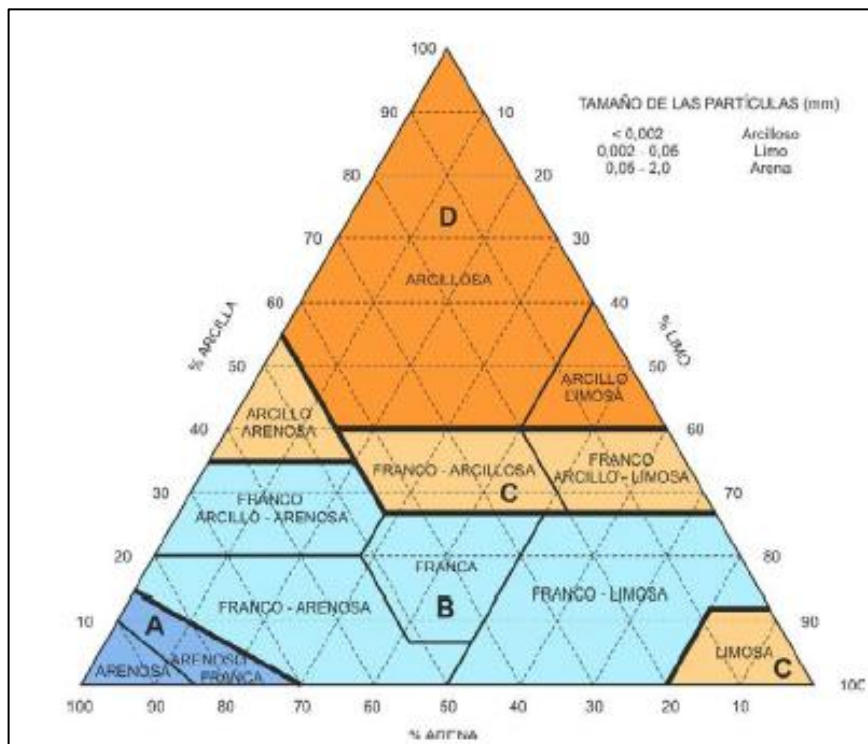


Figura 8. Diagrama de texturas clasificación de suelos.

**ESTIMACIÓN INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA**

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

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

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

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

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

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

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

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

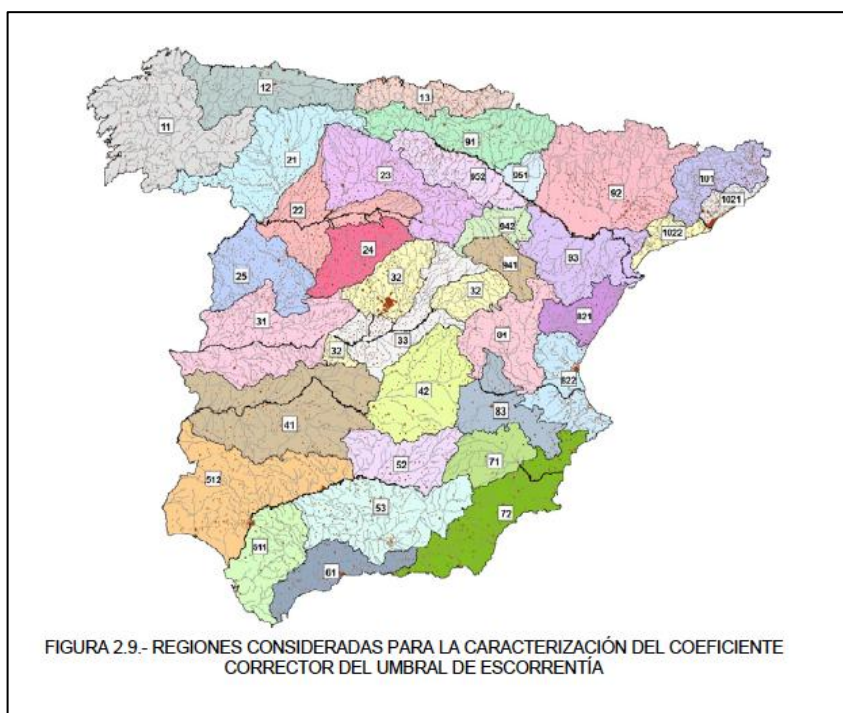


TABLA 2.5.- COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA:  
VALORES CORRESPONDIENTES A CALIBRACIONES REGIONALES

Región	Valor medio, $\beta_m$	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Periodo de retorno $T$ (años), $F_T$				
		50% $\Delta_{50}$	67% $\Delta_{67}$	90% $\Delta_{90}$	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56

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

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

Código	Uso del suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
11100	Tejido urbano continuo			1	1	1	1
11200	Tejido urbano discontinuo			24	14	8	6
11200	Urbanizaciones			24	14	8	6
11210	Estructura urbana abierta			24	14	8	6
11220	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas			24	14	8	6
12100	Zonas industriales y comerciales			6	4	3	3
12100	Granjas agrícolas			24	14	8	6
12110	Zonas industriales			12	7	5	4
12120	Grandes superficies de equipamiento y servicios			6	4	3	3
12200	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados			1	1	1	1
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados			1	1	1	1
12220	Complejos ferroviarios			12	7	5	4
12300	Zonas portuarias			1	1	1	1

Código	Uso del suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
12400	Aeropuertos			24	14	8	6
13100	Zonas de extracción minera			16	9	6	5
13200	Escombreras y vertederos			20	11	8	6
13300	Zonas de construcción			24	14	8	6
14100	Zonas verdes urbanas			53	23	14	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas			79	32	18	13
14210	Campos de golf			79	32	18	13
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R	≥ 3	29	17	10	8
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	N	≥ 3	32	19	12	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R/N	< 3	34	21	14	12
21100	Tierras de labor en secano (viveros)			0	0	0	0
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R	≥ 3	23	13	8	6
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	N	≥ 3	25	16	11	8
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R/N	< 3	29	19	14	11
21100	Tierras abandonadas		≥ 3	16	10	7	5
21100	Tierras abandonadas		< 3	20	14	11	8
21200	Terrenos regados permanentemente	R	≥ 3	37	20	12	9
21200	Terrenos regados permanentemente	N	≥ 3	42	23	14	11
21200	Terrenos regados permanentemente	R/N	< 3	47	25	16	13
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
21210	Cultivos herbáceos en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
21220	Otras zonas de irrigación			0	0	0	0
21300	Arrozales			47	25	16	13
22100	Viñedos		≥ 3	62	28	15	10
22100	Viñedos		< 3	75	34	19	14
22110	Viñedos en secano		≥ 3	62	28	15	10
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

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

Código	Uso del suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R	≥ 3	31	17	10	8
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	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 adherado		≥ 3	53	23	14	9
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado		< 3	80	35	17	10
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherado		≥ 3	53	23	14	9
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherado		< 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

Código	Uso del suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
32100	Pastizales naturales		< 3	80	35	17	10
32100	Prados alpinos		≥ 3	70	33	18	13
32100	Prados alpinos		< 3	120	55	22	14
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		≥ 3	70	33	18	13
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		< 3	120	55	22	14
32110	Pastizales supraforestales		≥ 3	70	33	18	13
32110	Pastizales supraforestales		< 3	120	55	22	14
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		≥ 3	70	33	18	13
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		< 3	120	55	22	14
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32121	Otros pastizales templado oceánicos		≥ 3	53	23	14	9
32121	Otros pastizales templado oceánicos		< 3	79	35	17	10
32122	Otros pastizales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32122	Otros pastizales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32200	Landas y matorrales mesófilas			76	34	22	16
32210	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesófila			76	34	22	16
32220	Fayal-brezal macaronésico			60	24	14	10
32300	Vegetación esclerófila			60	24	14	10
32311	Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso			75	34	22	16
32312	Matorrales subarbusivos o arbustivos muy poco densos			60	24	14	10
32320	Matorrales xerófilos macaronésicos			40	17	8	5
32400	Matorral boscoso de transición			75	34	22	16
32400	Claras de bosques			40	17	8	5
32400	Zonas empantanadas fijas o en transición			60	24	14	10
32410	Matorral boscoso de frondosas			75	34	22	16
32420	Matorral boscoso de coníferas			75	34	22	16
32430	Matorral boscoso de bosque mixto			75	34	22	16
33110	Playas y dunas			152	152	152	152
33120	Ramblas con poca o sin vegetación			15	8	6	4
33200	Roquedo			2	2	2	2
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente			2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		≥ 3	2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		< 3	4	4	4	4

Código	Uso del suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
33230	Coladas lávicas cuaternarias		≥ 3	3	3	3	3
33230	Coladas lávicas cuaternarias		< 3	5	5	5	5
33300	Espacios con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33300	Espacios con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33310	Xeroestepa subdesértica		≥ 3	24	14	8	6
33310	Xeroestepa subdesértica		< 3	58	25	12	7
33320	Cárcavas y/o zonas en proceso de erosión			15	8	6	4
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33400	Zonas quemadas			15	8	6	4
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)

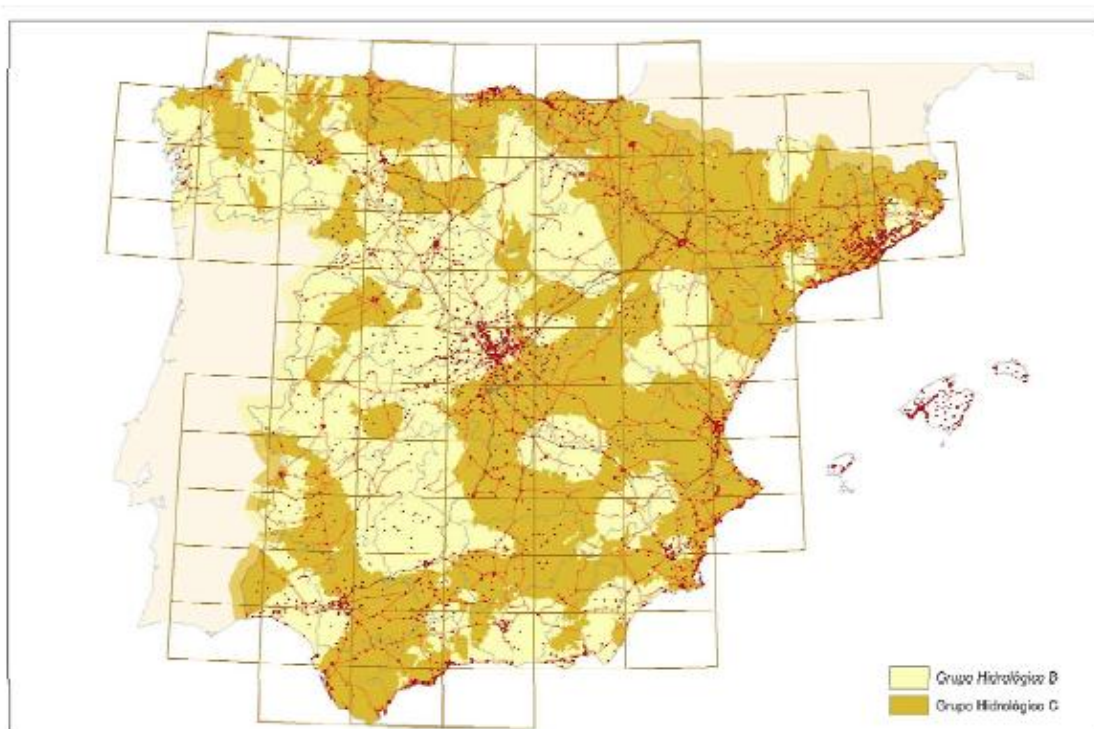


Figura 10. Grupos Hidrológicos del suelo 5.2-IC

### 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:

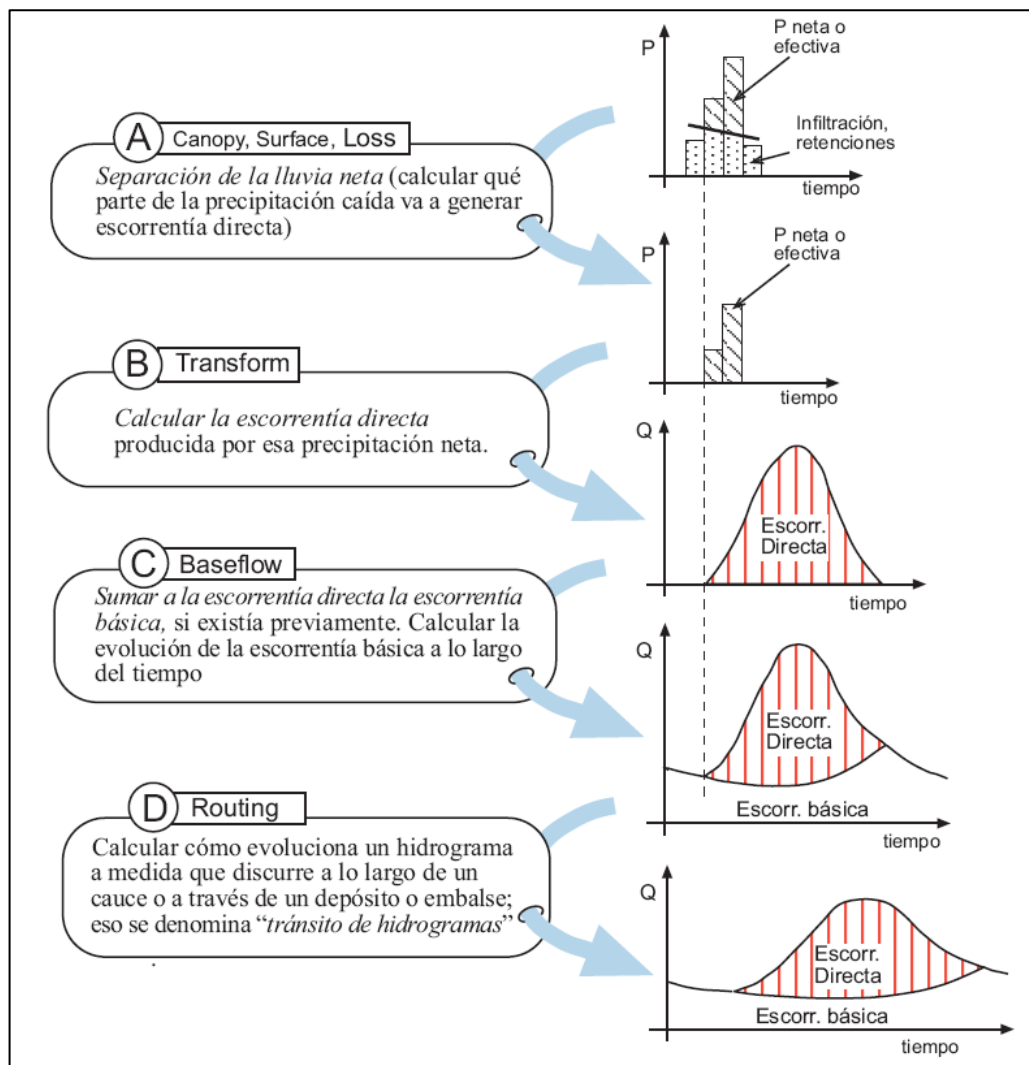


Figura 11. Fases de trabajo HEC-HMS

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
44	53.54	97.10	124.41

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

$$\frac{It}{Id} = \left( \frac{I1}{Id} \right) \left( \frac{28^{0.1} - t^{0.1}}{28^{0.1} - 1} \right)$$

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:

$$\text{Altura del Bloque Mayor} = h1 = i(\Delta t)$$

$$\text{Altura de los dos Bloques Mayores} = \frac{h1 + h2}{2} = i(2\Delta t)$$

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

Si despejamos la altura del bloque:

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

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

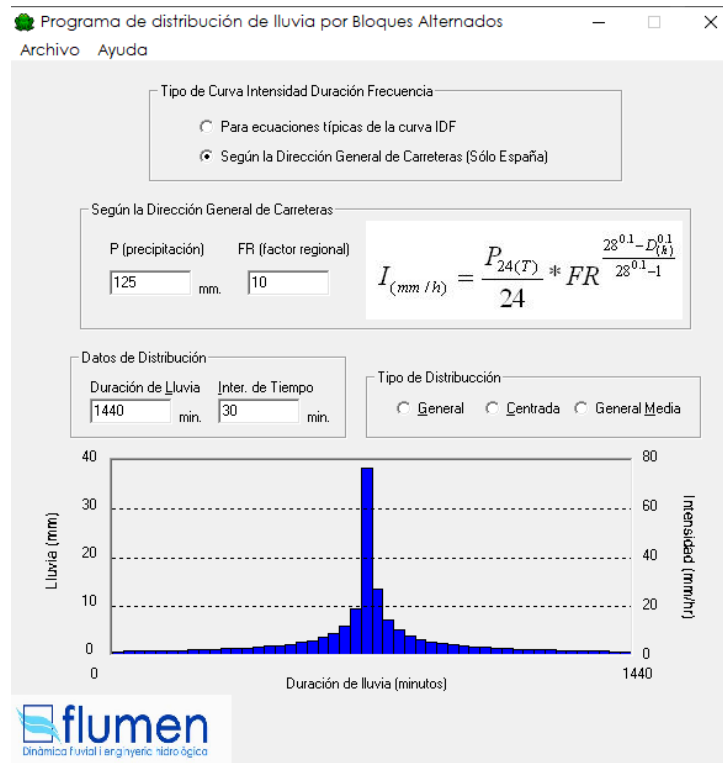


Figura 12. Interfaz del programa Bloques

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

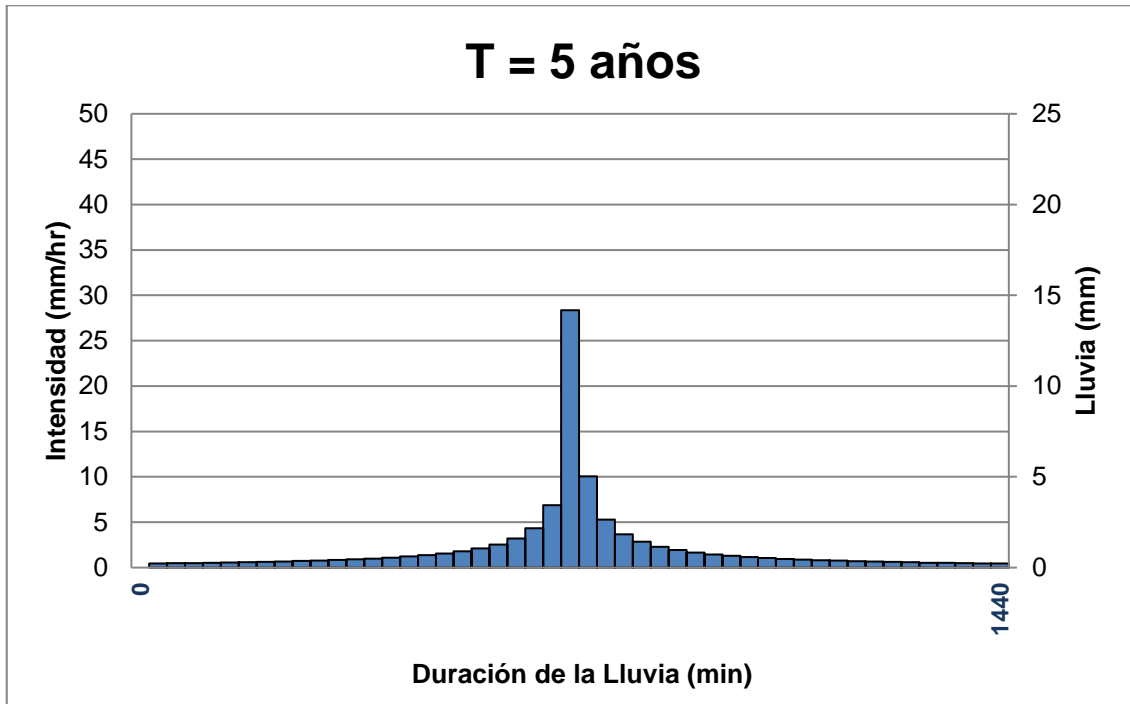


Figura 13. Hietograma por bloques alternativos periodo retorno de 5 años

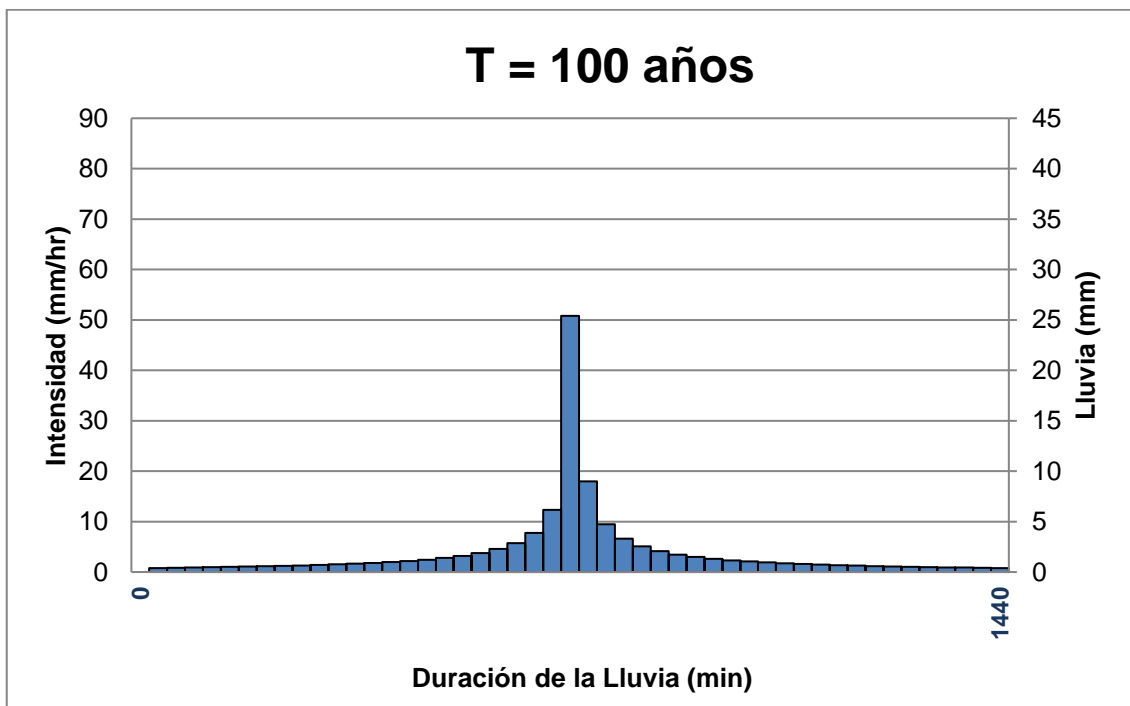


Figura 14. Hietograma por bloques alternativos periodo retorno de 100 años

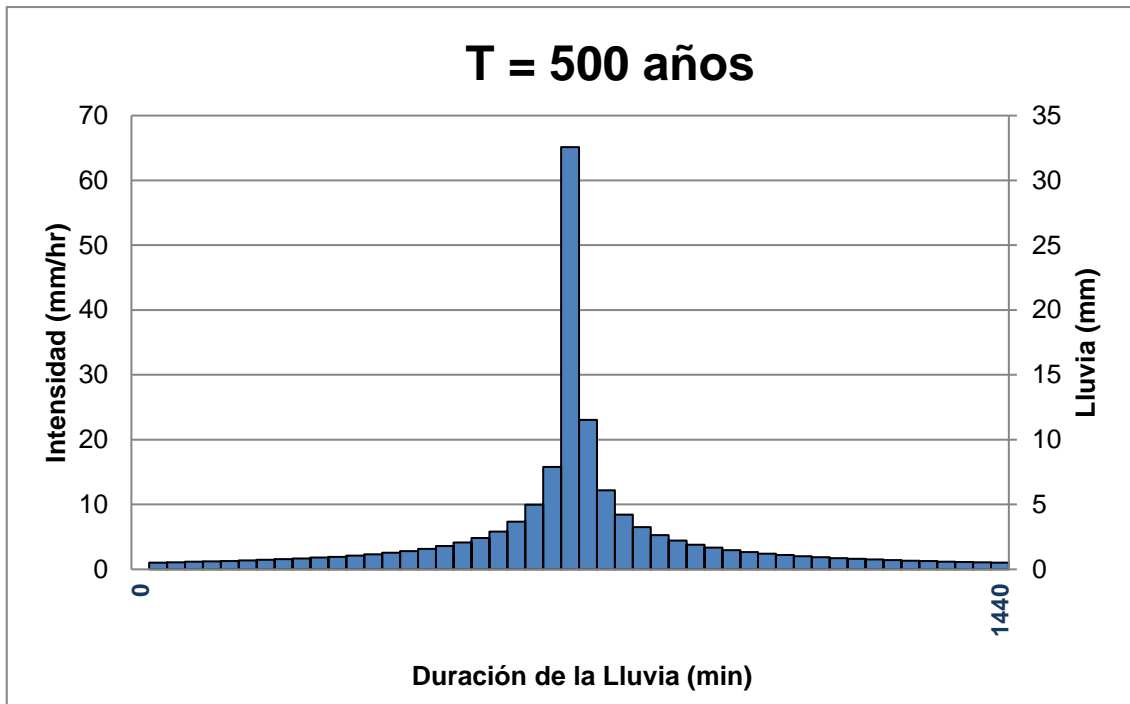


Figura 15. Hietograma por bloques alternativos periodo retorno de 500 años

### Infiltración

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

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

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

### Propagación

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

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

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

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

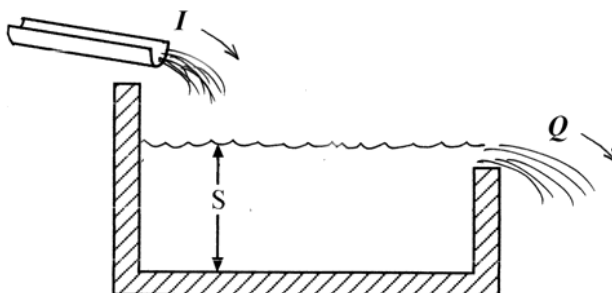


Figura 16. En un depósito lineal, el caudal de salida ( $Q$ ) es proporcional al volumen almacenado ( $S$ ).

Volumen Almacenado:

$$S = Q \cdot R$$

Dónde:

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

Variación de volumen y caudal:

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

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

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

Dónde:

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

Si sustituimos las ecuaciones anteriores y despejamos  $Q$

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

Dónde:

- $I_{i-1}, I_1$  = Caudal de entrada en los tiempos  $t_{i-1}, t_i$
- $Q_{i-1}, Q_i$  = Caudal de salida en los tiempos  $t_{i-1}, t_i$
- $\Delta t$  = Incremento de tiempo entre los tiempos  $t_{i-1}, t_i$
- $R$  = Coeficiente de almacenamiento de la cuenca

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

## Título III. RESULTADOS

Capítulo 1. PRECIPITACIONES E INTENSIDAD DE LLUVIA.

PUNTO	Coordenadas UTM H30		Pm (mm/día)	Pt (mm/día) asociado a T años		
	X	Y		5	100	500
P-1	413127	4513797	44	53.54	97.1	124.41

Tiempo de concentración			
Cuenca	L (km)	i (m/m)	Tc (horas)
Arroyo de la Hoz	2.90	0.044	1.221
Arroyo de Manjirón	3.70	0.059	1.386
Arroyo del Pozo de la Pila	2.95	0.138	0.994
Arroyo Malillo	6.90	0.095	2.035

INTENSIDAD DE LLUVIA														
Cuenca	S (ha)	Ka	Máxima precipitación diaria -Pd			Intensidad Media diaria -ld			Tc (h)	l1/d	lt/d	Intensidad media lt (mm/h)		
			T=5	T=100	T=500	T=5	T=100	T=500				T=5	T=100	T=500
Arroyo de la Hoz	224.58	0.977	52.29	94.83	121.50	2.2	3.95	5.06	1.22	10.00	8.89	19.37	35.13	45.02
Arroyo de Manjirón	279.42	0.970	51.95	94.21	120.71	2.2	3.93	5.03	1.39	10.00	8.24	17.84	32.35	41.45
Arroyo del Pozo de la Pila	300.98	0.968	51.83	94.00	120.44	2.2	3.92	5.02	0.99	10.00	10.03	21.67	39.30	50.36
Arroyo Malillo	1,351.10	0.925	49.50	89.78	115.03	2.1	3.74	4.79	2.04	10.00	6.51	13.43	24.37	31.22

Capítulo 2. CUENCAS.

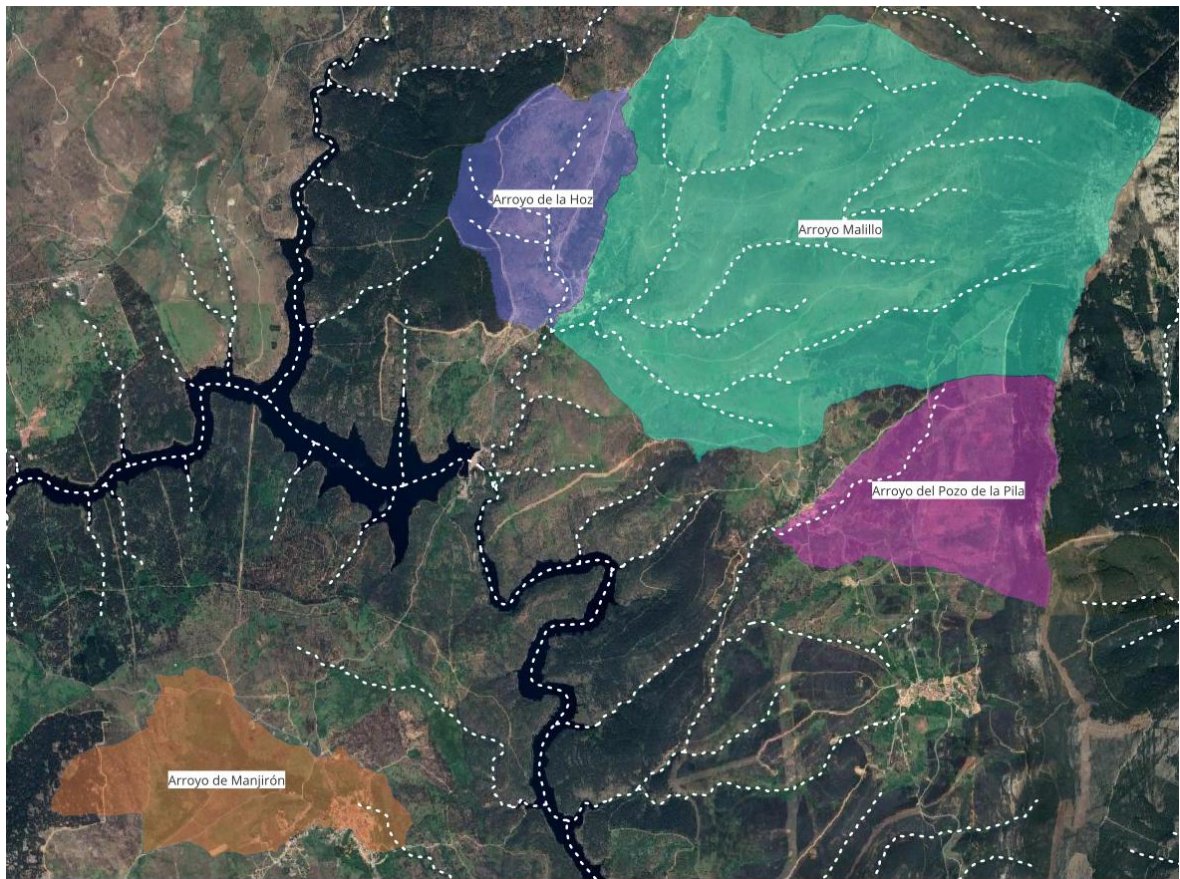


Figura 17. Cuencas consideradas en el cálculo.

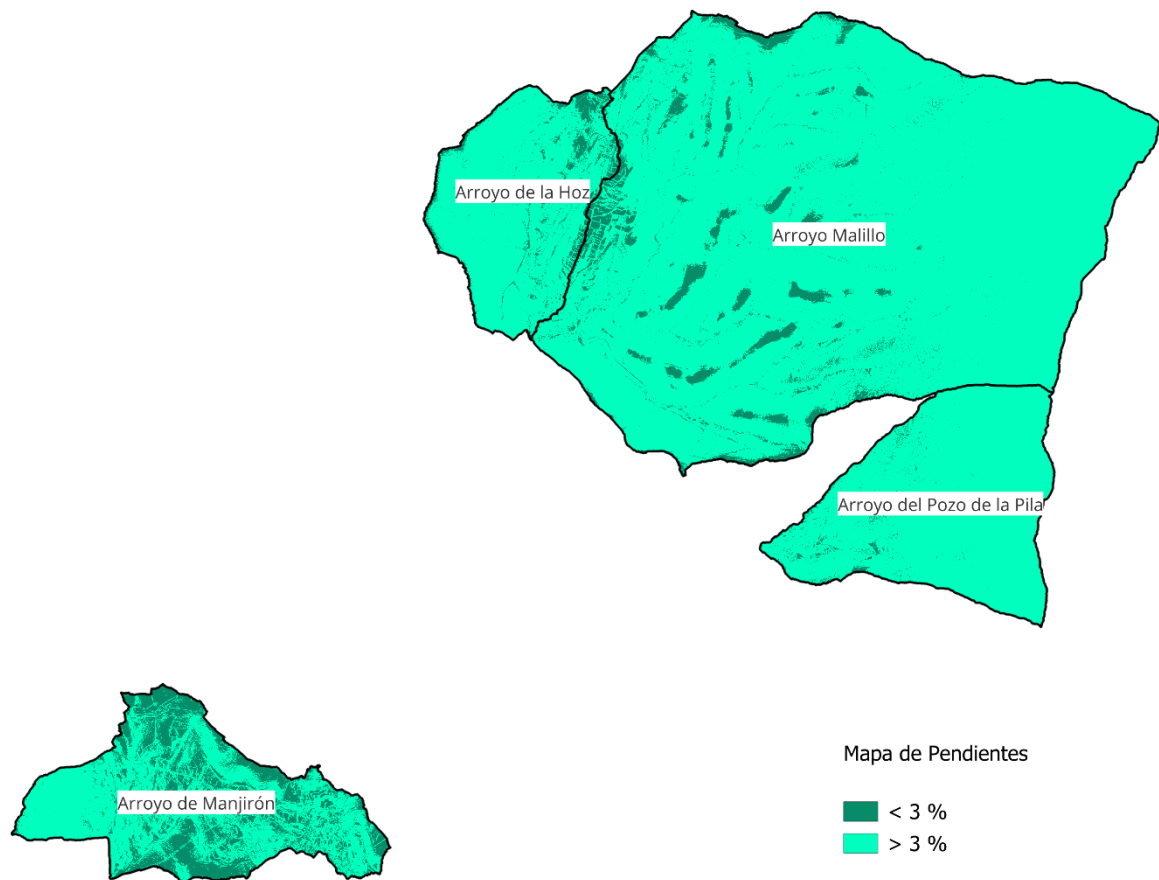


Figura 18. Mapa de pendientes.

Características Cuenca								
Cuenca	S (Km 2)	Cota inicial	Cota final	Az (m)	L (m)	Anchura media (m)	i (m/m)	Ka
Arroyo de la Hoz	2.25	1078	951	127.00	2900.00	774.42	0.044	0.977
Arroyo de Manjirón	2.79	1195	975	220.00	3700.00	755.18	0.059	0.970
Arroyo del Pozo de la Pila	3.01	1400	992	408.00	2950.00	1,020.28	0.138	0.968
Arroyo Malillo	13.51	1609	951	658.00	6900.00	1,958.12	0.095	0.925

Figura 19. Resumen de Características Físicas de las cuencas.

Capítulo 3. USOS DEL SUELO

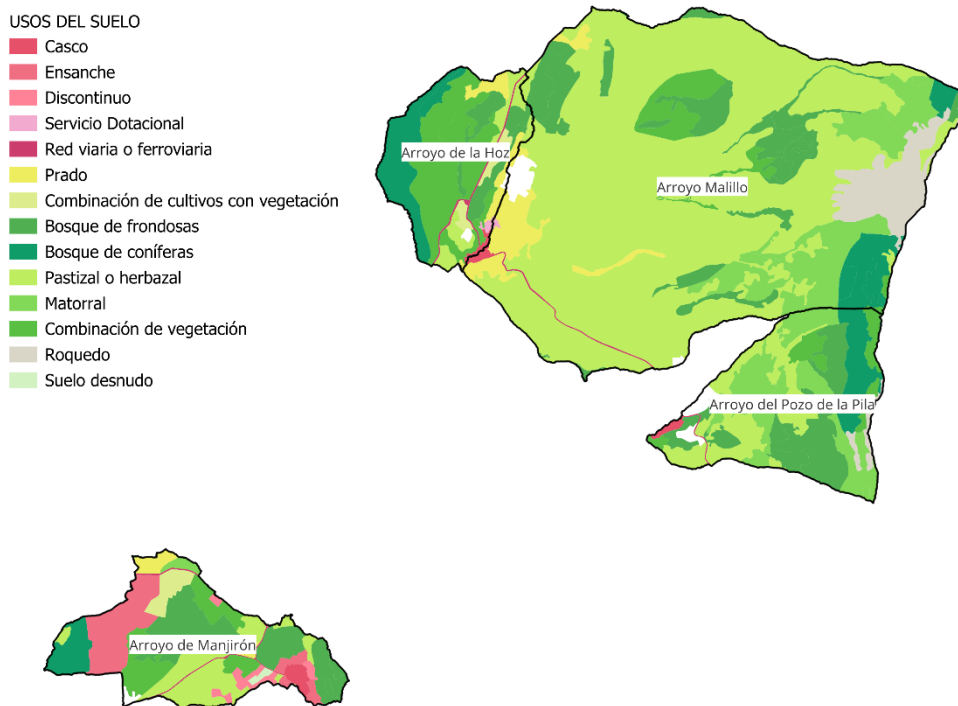


Figura 20. Mapa de Usos del suelo actuales.

USO SUELO	AREA	%	i	SUELO	P0	Coefficiente B (CEDEX)	P0 Corregido
<b>Arroyo de la Hoz</b>	<b>2,245,828.00</b>	<b>200%</b>			<b>29.66</b>	<b>1.50</b>	<b>44.50</b>
Bosque de coníferas	488,465.59	21.75%		B	47		
Bosque de frondosas	281,838.49	12.55%		B	47		
Casco	20,067.50	0.89%		B	1		
Combinación de cultivos con vegetación	86,604.80	3.86%	>3	B	19		
Combinación de vegetación	950,004.55	42.30%	>3	B	20		
Cultivo herbáceo	18,150.05	0.81%	>3	B	19		
Pastizal o herbazal	202,084.20	9.00%	>3	B	23		
Prado	141,361.53	6.29%	>3	B	33		
Red viaria o ferroviaria	44,764.11	1.99%		B	1		
Servicio dotacional	12,487.19	0.56%		B	4		
<b>Arroyo de Manjirón</b>	<b>2,794,152.00</b>	<b>100%</b>			<b>27.75</b>	<b>1.50</b>	<b>41.62</b>
Bosque de coníferas	183,435.51	6.56%		B	47		

USO SUELO	AREA	%	i	SUELO	P0	Coefficiente B (CEDEX)	P0 Corregido
Bosque de frondosas	696,700.32	24.93%		B	47		
Casco	55,486.41	1.99%		B	1		
Combinación de cultivos con vegetación	113,799.42	4.07%	>3	B	19		
Combinación de vegetación	389,276.56	13.93%	>3	B	20		
Cultivo herbáceo	18,627.24	0.67%	>3	B	19		
Discontinuo	97,277.45	3.48%		B	14		
Ensanche	492,249.89	17.62%		B	14		
Matorral	38,417.13	1.37%	>3	B	34		
Pastizal o herbazal	543,438.52	19.45%	>3	B	23		
Prado	112076.42	4.01%	>3	B	33		
Red viaria o ferroviaria	36117.1081	1.29%		B	1		
Suelo desnudo	17250.0194	0.62%		B	1		
<b>Arroyo del Pozo de la Pila</b>	<b>3,009,812.00</b>	<b>100%</b>			<b>33.64</b>	<b>1.50</b>	<b>50.46</b>
Asentamiento agrícola y huerta	78322.3152	2.60%	>3	B	19		
Bosque de coníferas	319698.893	10.62%		B	47		
Bosque de frondosas	775429.239	25.76%		B	47		
Casco	26561.0019	0.88%		B	1		
Combinación de vegetación	244065.47	8.11%	>3	B	20		
Matorral	819188.051	27.22%	>3	B	34		
Pastizal o herbazal	672300.199	22.34%	>3	B	23		
Red viaria o ferroviaria	9039.1284	0.30%		B	1		
Roquedo	65207.7027	2.17%		B	1		
<b>Arroyo Malillo</b>	<b>13,511,040.00</b>	<b>100%</b>			<b>25.91</b>	<b>1.50</b>	<b>38.87</b>
Asentamiento agrícola y huerta	10050.253	0.07%	>3	B	19		
Bosque de coníferas	425577.362	3.15%		B	47		
Bosque de frondosas	1245071.05	9.22%		B	47		
Casco	24104.9697	0.18%		B	1		
Combinación de vegetación	461231.916	3.41%	>3	B	20		
Cultivo herbáceo	99567.271	0.74%	>3	B	19		
Matorral	1194049.39	8.84%	>3	B	34		
Pastizal o herbazal	8882331.49	65.74%	>3	B	23		
Prado	443838.193	3.29%	>3	B	33		
Red viaria o ferroviaria	33697.4967	0.25%		B	1		
Roquedo	685504.256	5.07%		B	1		
Servicio dotacional	6016.35139	0.04%		B	4		

Figura 21. cálculo de P0.

Cuenca	Pd Corregido			Pd /P0			Coef de Escorrentia -C (Actual)		
	5	100	500	5	100	500	5	100	500
Arroyo de la Hoz	52.29	94.83	121.50	1.2	2.1	2.7	0.03	0.16	0.24
Arroyo de Manjirón	51.95	94.21	120.71	1.2	2.3	2.9	0.04	0.18	0.25
Arroyo del Pozo de la Pila	51.83	94.00	120.44	1.0	1.9	2.4	0.00	0.13	0.20
Arroyo Malillo	49.50	89.78	115.03	1.3	2.3	3.0	0.04	0.19	0.26

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.

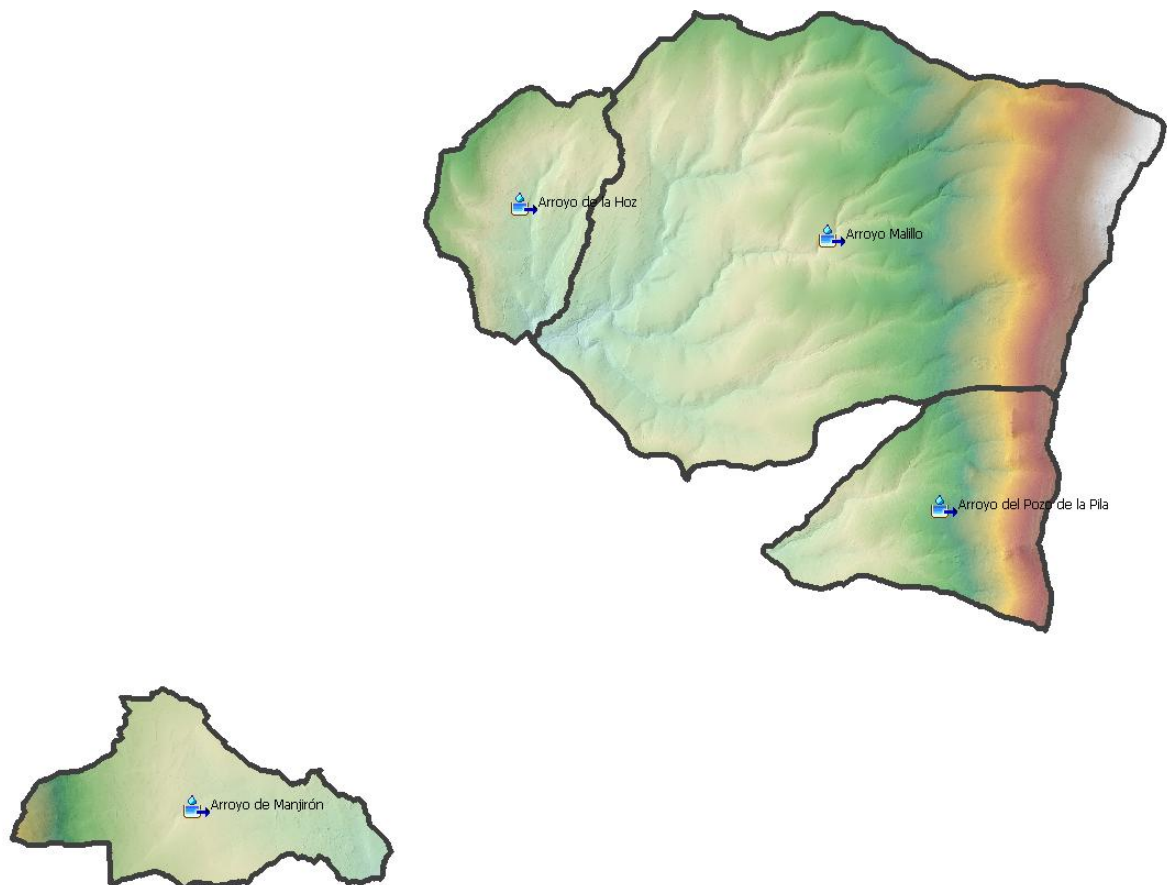


Figura 23. Modelo Hidrometeorológico HEC-HMS.

### 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 de la Hoz	44.50	53.31
Arroyo de Manjirón	41.62	54.96
Arroyo del Pozo de la Pila	50.46	50.17
Arroyo Malillo	38.87	56.65

### 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)	Tlag (min)	0.29Tlag (min)
Arroyo de la Hoz	73.3	2.25	26	8
Arroyo de Manjirón	83.2	2.79	29	8
Arroyo del Pozo de la Pila	59.6	3.01	21	6
Arroyo Malillo	122.1	13.51	43	12

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

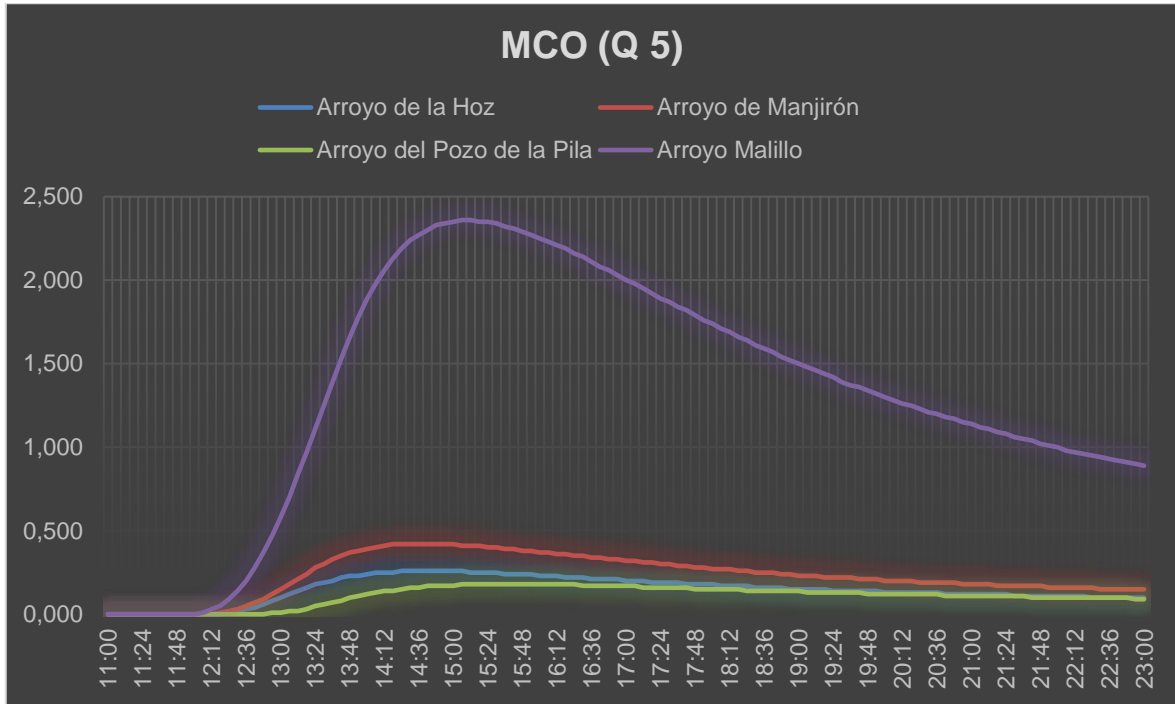


Figura 24. Hidrograma de Vertido para t= 5 años.

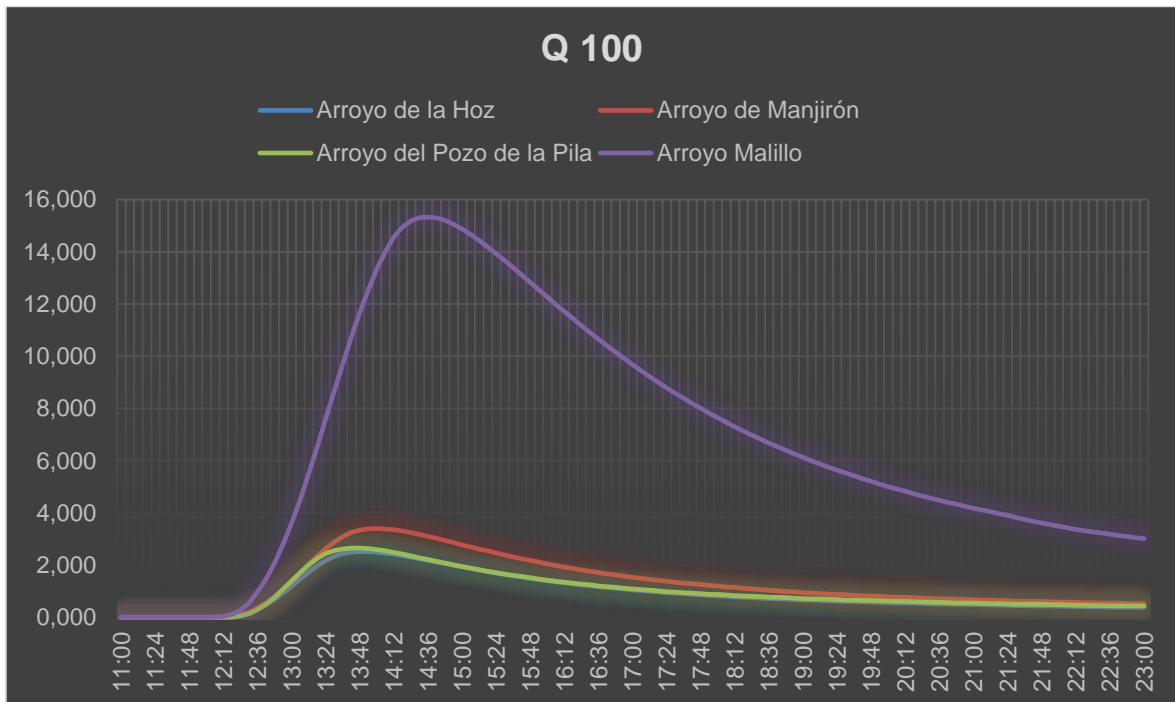


Figura 25. Hidrograma de Vertido para t= 100 años.

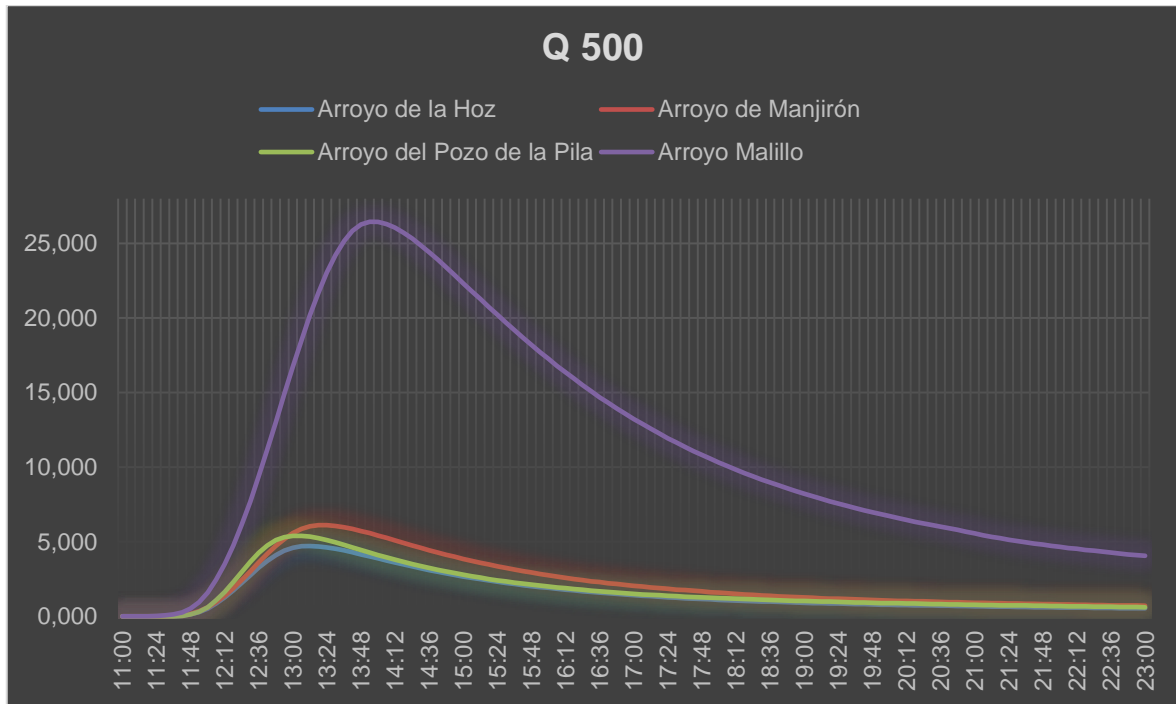


Figura 26. Hidrograma de Vertido para t= 500 años.

Capítulo 5. CAUDALES

Caudales Punta (m3/s)			
Cuenca	5	100	500
Arroyo de la Hoz	0.26	2.5	4.7
Arroyo de Manjirón	0.42	3.4	6.1
Arroyo del Pozo de la Pila	0.18	2.7	5.4
Arroyo Malillo	2.36	15.3	26.5

Figura 27. Caudales punta.

## 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
Capítulo 4. Postproceso y exportación de resultados.....	12
TÍTULO III. DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO PROBABLE .....	13
Capítulo 1. Máxima Crecida Ordinaria.....	14
TÍTULO IV. ZONA DE FLUJO PREFERENTE.....	16
TÍTULO V. ZONA INUNDABLE .....	18

## Título I. INTRODUCCIÓN

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

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

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

## Título II. MODELO HIDRÁULICO

## Capítulo 1. IBER

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

Los campos de aplicación de Iber son:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Figura 1. Interfaz del programa Iber

## Capítulo 2. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

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

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

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

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

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

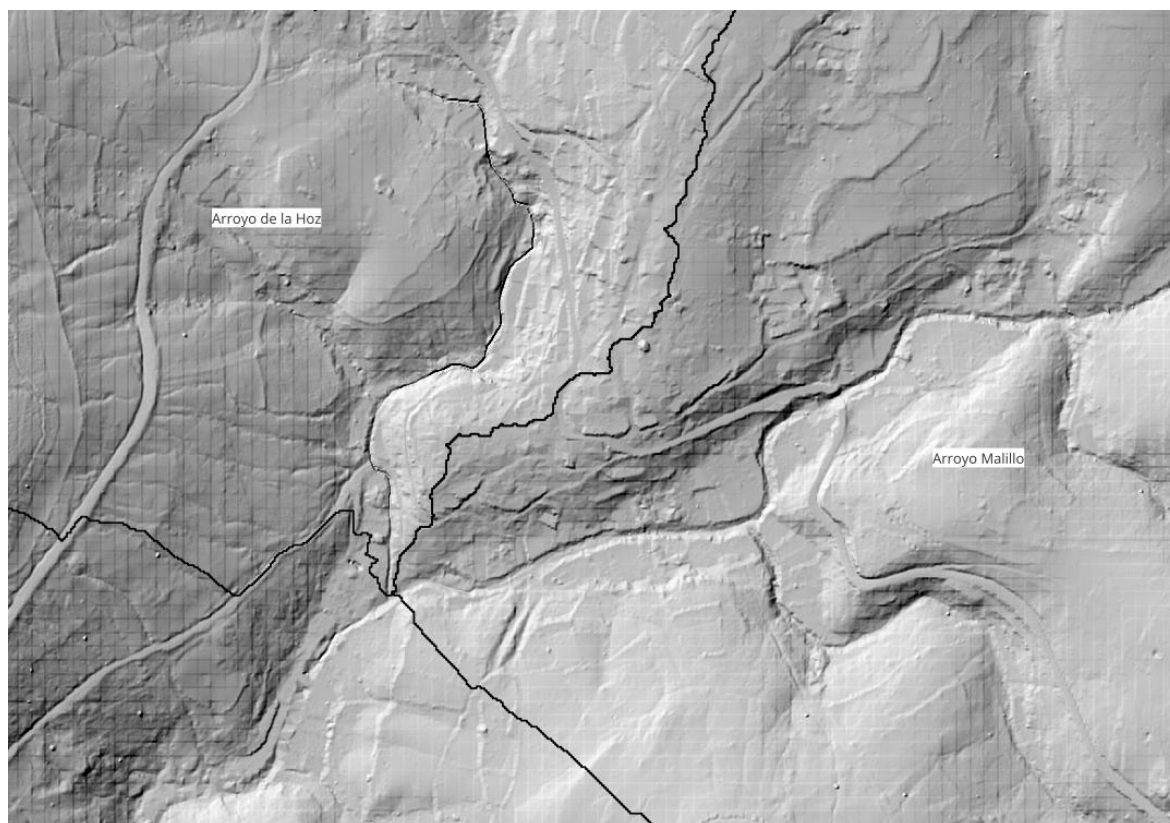


Figura 2. MDT utilizado en el cálculo.

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

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

### Capítulo 3. PARÁMETROS DE IBER

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

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



Figura 3. Mallado usado en el cálculo.

- **Datos del problema,** Tiempos de cálculo:
  - Instante inicial: 39.600 seg (11:00 h). Inicio del Hidrograma.
  - Instante final: 75.600 seg (21:00 h). Fase de declive del hidrograma.
  - Intervalo de resultados: 300 seg.(5 min)

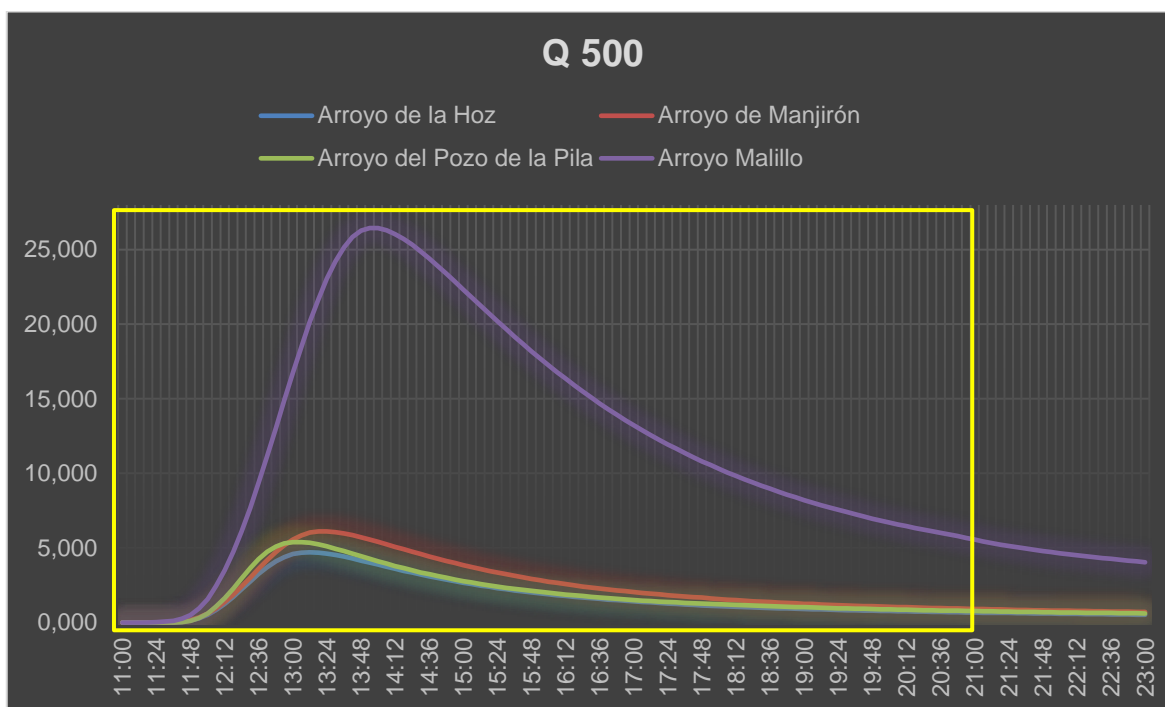


Figura 4. Parámetros de tiempo utilizados en la simulación

- 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
Red Viaria	0.100
Pastizales	0.045
Urbano Discontinuo	0.090
Matorral	0.060

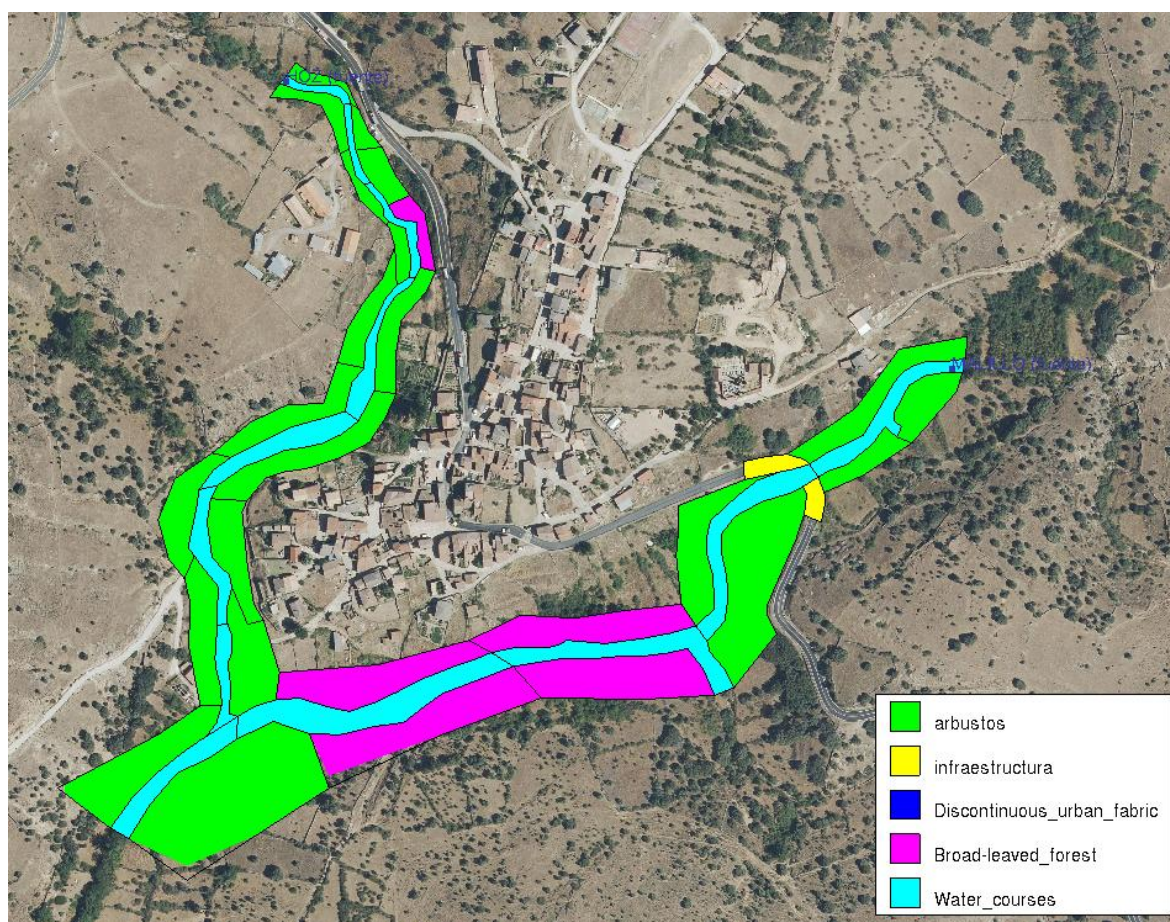


Figura 5. Capa de Coeficiente de Rugosidad.

### 3.1. Condiciones de Contorno:

#### 3.1.1. Entrada de caudal

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

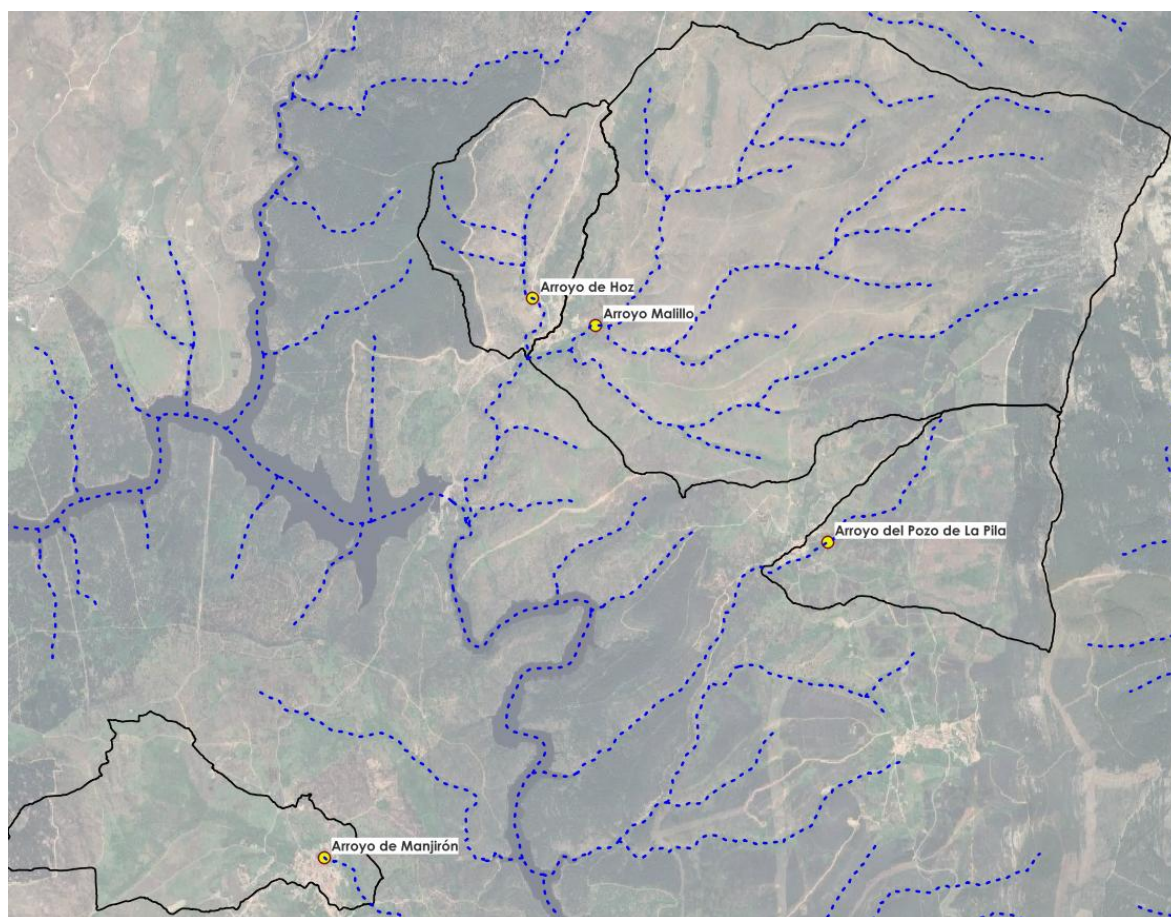


Figura 6. Entradas de caudales

### 3.1.2. Salida de caudales

Para todos los arroyos se ha considerado un régimen crítico.

## 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.

## 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

$$\text{TMCO } C_v = 5.$$

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

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

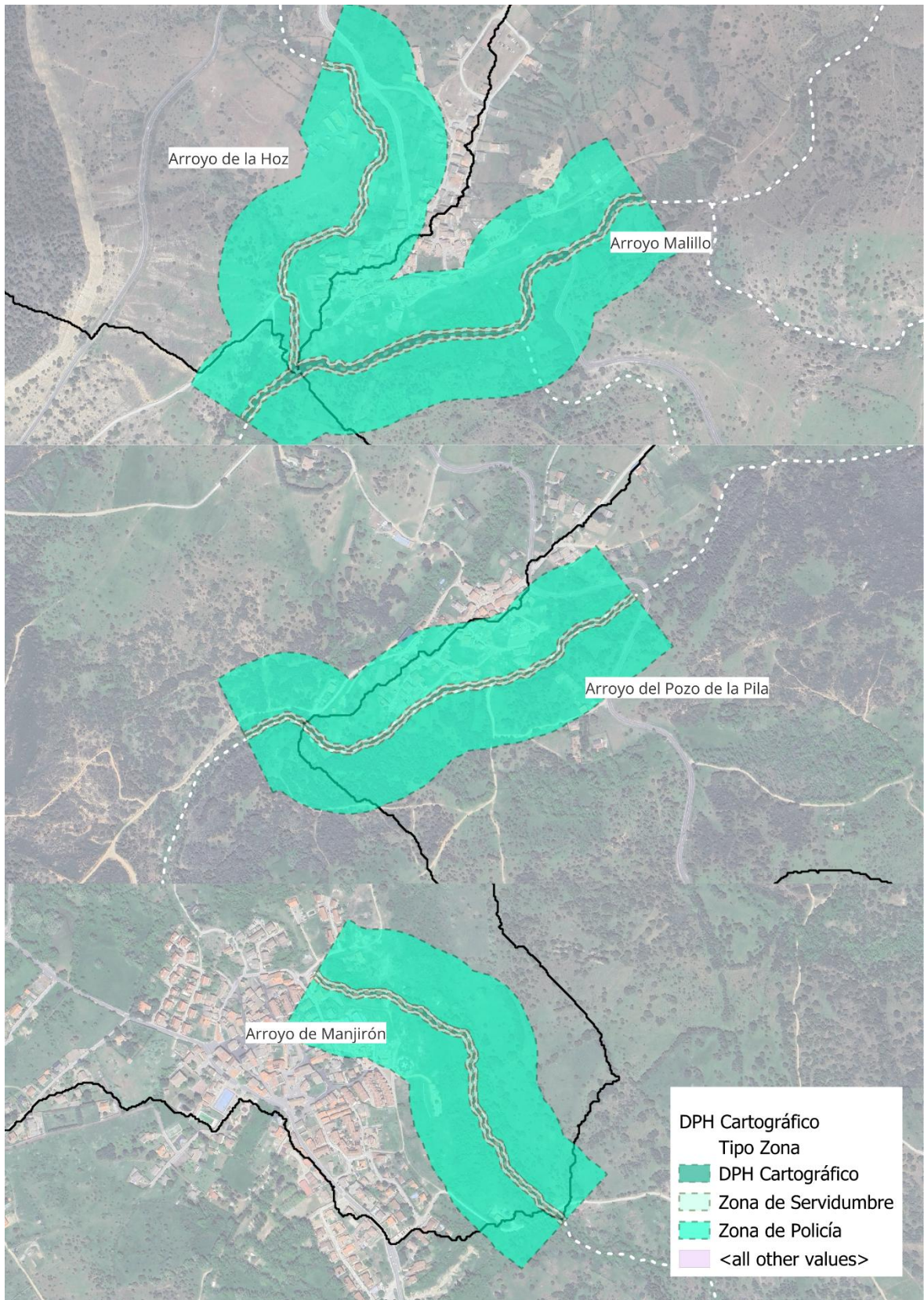


Figura 8. DPH Cartográfico o Probable.

## Título IV. ZONA DE FLUJO PREFERENTE

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

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

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

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

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

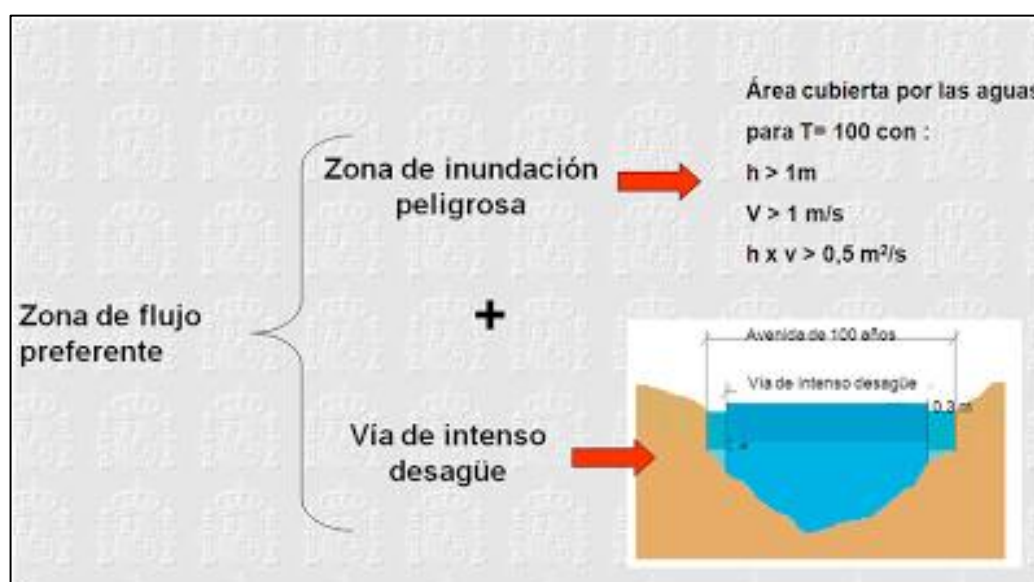


Figura 9. Esquema del cálculo de la zona de flujo preferente.

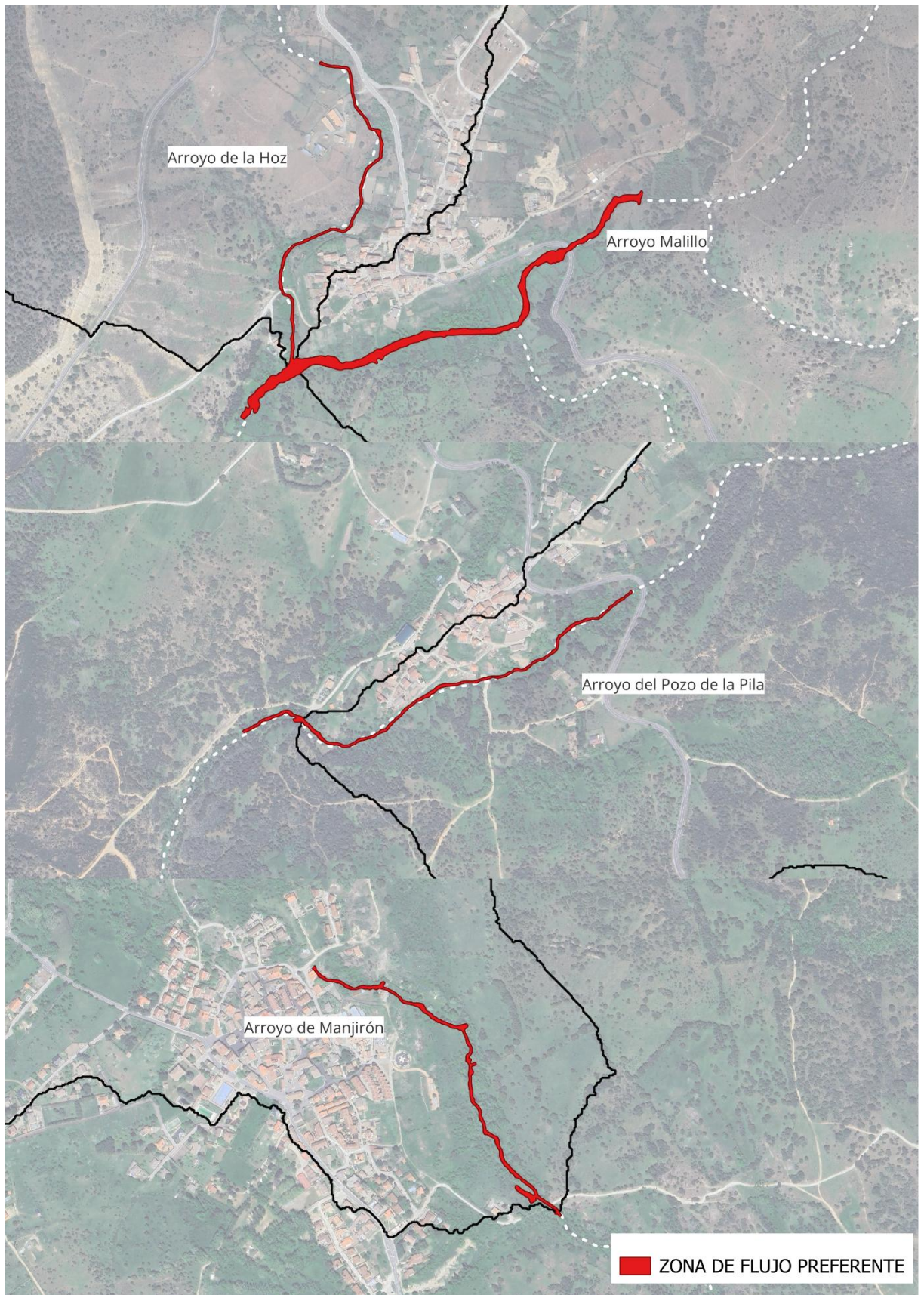


Figura 10. ZFP

## 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).

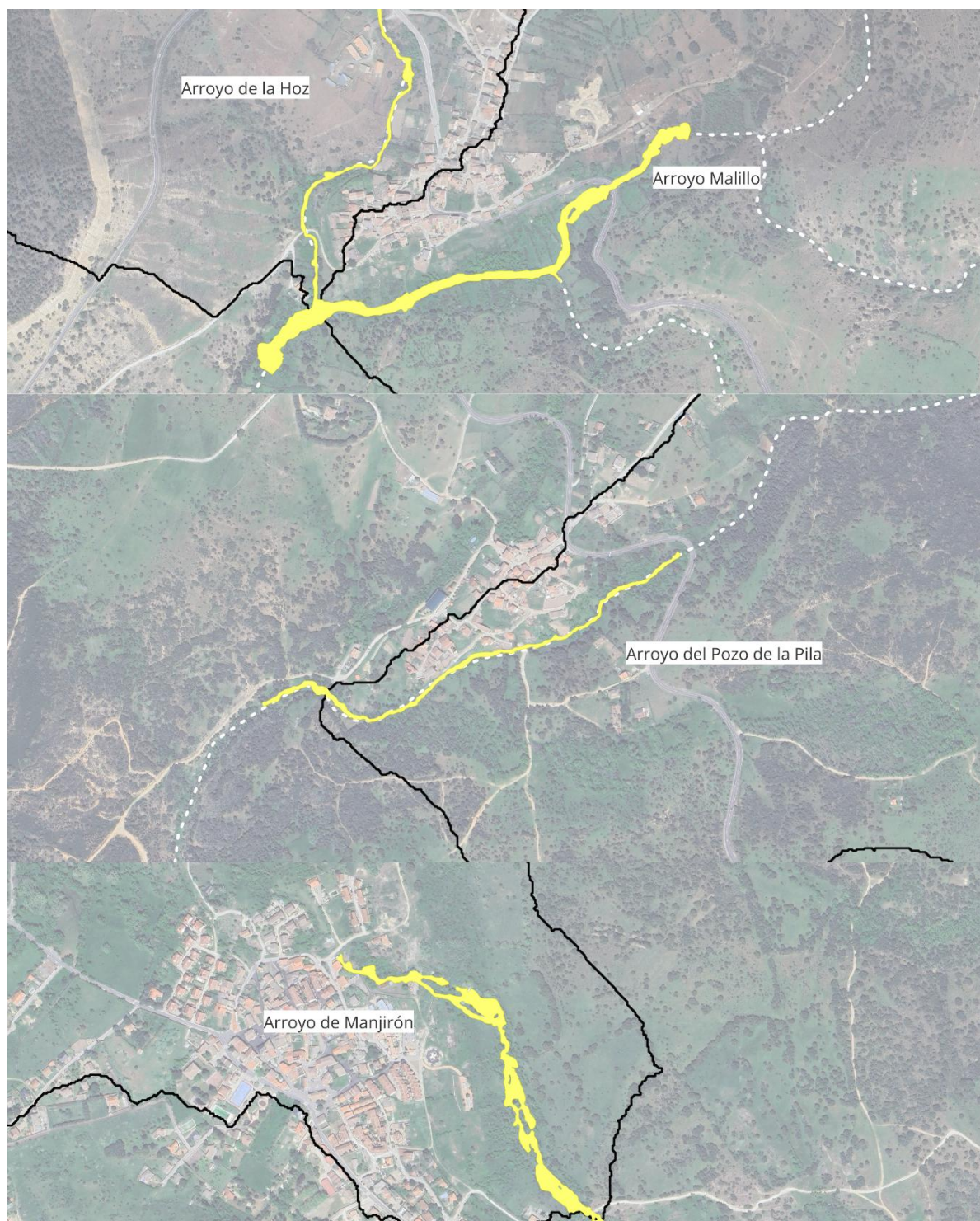


Figura 11. Zona Inundable (RDPH)