

ESTUDIO DE DELIMITACIÓN DEL D.P.H.

***ESTUDIO DE DELIMITACIÓN DEL
D.P.H. DE LOS CAUCES EXISTENTES
EN LA FINCA LA VILANOSA
(VILLANUEVA DE LA CAÑADA)***

***DICIEMBRE
2023***

ÍNDICE

1.	OBJETO	1
2.	CONTENIDO DEL ESTUDIO	1
3.	IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	2
4.	DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO	3
4.1.	REAL DECRETO 9/2008.....	3
4.2.	REAL DECRETO 638/2016.....	6
4.3.	GUÍA TÉCNICA DE APOYO A LA APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO EN LAS LIMITACIONES A LOS USOS DEL SUELO EN LA ZONAS INUNDABLES DE ORIGEN FLUVIAL	6
5.	ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO	7
6.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	8
7.	BREVE DESCRIPCIÓN DEL MODELO BIDIMENSIONAL HEC-RAS	10
8.	MODELO DE ESTUDIO DESARROLLADO CON HEC-RAS	12
8.1.	DATOS DEL MODELO	12
8.2.	GEOMETRÍA.....	12
8.3.	RUGOSIDAD	13
8.4.	CONDICIÓN DE CONTORNO A LA ENTRADA Y LA SALIDA.....	14
8.5.	CONDICIONES INICIALES	14
8.6.	DATOS DEL PROBLEMA	14
9.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	14
9.1.	MAPA DE CALADOS MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA (HEC-RAS)	15
9.2.	DELIMITACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO, ZONA DE SERVIDUMBRE Y ZONA DE POLICÍA.....	16
10.	RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	17
10.1.	OBJETIVO FINAL DEL INFORME	17

10.2. MARCO JURÍDICO. RESUMEN DE LEGISLACIÓN APLICABLE.....	18
10.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	18
APÉNDICE 1. CÁLCULO DE CAUDALES	20
APÉNDICE 2, PLANOS	36

1. OBJETO

El objeto de este informe es elaborar el estudio de delimitación del Dominio Público Hidráulico de los cauces existentes en la finca Vilanosa en Villanueva de la Cañada (Madrid), de acuerdo con la Normativa (RD 638/2016 de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico).

El informe se basa en la realización del Estudio Hidrológico-Hidráulico en la zona de estudio, con el fin de determinar la zona ocupada por la Máxima Crecida Ordinaria la cuál delimitará el Dominio Público Hidráulico de los cauces (en adelante DPH) y sus zonas de servidumbre y policía.

Además de la normativa anteriormente indicada, en el presente informe se ha seguido las indicaciones de la “Guía Técnica de apoyo a la aplicación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico en las limitaciones a los usos del suelo en las Zonas Inundables de Origen Fluvial”.

En el contexto del estudio se han modelado los arroyos situados dentro de la parcela de estudio así como el arroyo que delimita a esta en su límite norte, caracterizándolos con la geometría disponible del Lidar 2x2, en el Instituto Geográfico Nacional (IGN), con las rugosidades adecuadas en base a los usos del suelo reflejados en el Corine Land Cover (CLC) y a los trabajos de fotointerpretación llevados a cabo sobre la zona con las ortofotos aéreas disponibles del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).

Los arroyos no están incluidos en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), por lo tanto, los caudales se han calculado mediante el Método Racional según se indica en la Instrucción de Carreteras 5.2 IC – Drenaje Superficial, debido a las características de las cuencas.

El modelo se ha desarrollado con el programa HEC-RAS para cálculos hidráulicos bidimensionales.

Antes de los estudios hidrológicos-hidráulicos, se realiza un estudio geomorfológico de la zona inundable con el fin de orientar sobre la extensión potencial de la inundación.

2. CONTENIDO DEL ESTUDIO

El informe se estructura conforme a las fases del esquema siguiente:

1. Identificación de la parcela y zona de estudio.
2. Análisis información existente.
3. Modelo Digital del Terreno (MDT).
4. Estudio geomorfológico.
5. Estudio hidrológico.
6. Breve descripción del modelo bidimensional HEC-RAS.
7. Modelización hidráulica 2D con HEC-RAS.
8. Resultados obtenidos del modelo.

9. Análisis de resultados del modelo.

10. Resumen y conclusiones.

A continuación, en diferentes apartados, se desarrollan todas estas fases.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La parcela, de referencia catastral 28176A006000050000RB, está situada aproximadamente a 3 km al suroeste del núcleo urbano de Villanueva de la Cañada (Madrid), dentro del Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su entorno.

La parcela limita al norte con el arroyo de las Cárcavas, al cual desembocan los tres arroyos que se encuentran dentro de la parcela: arroyo del Pozo, arroyo innominado y arroyo de los Jabalíes, de oeste a este respectivamente.



Fig.- 1 Localización de la parcela

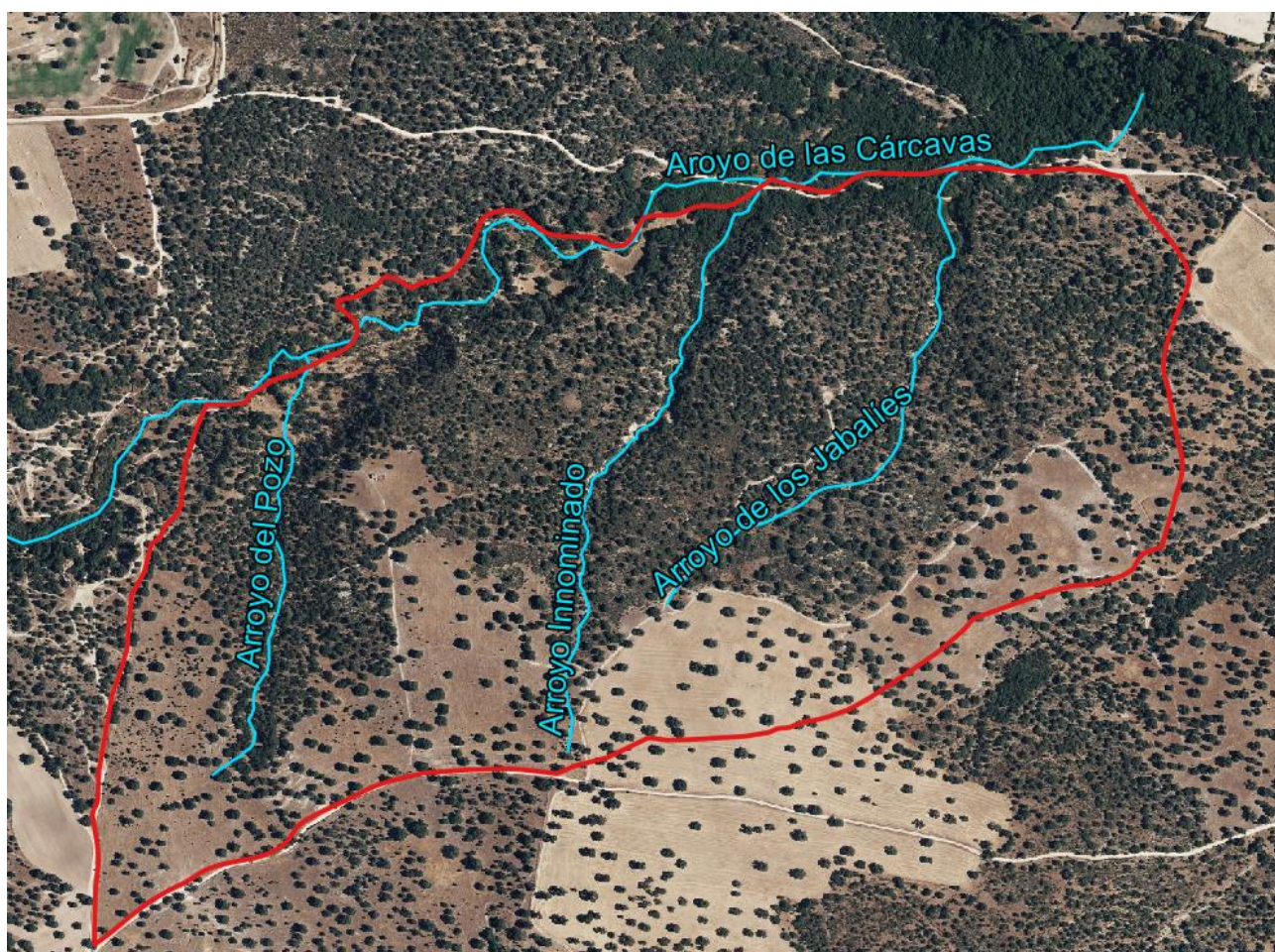


Fig.- 2 Arroyos en la parcela de estudio

4. **DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO**

4.1. **REAL DECRETO 9/2008**

Según el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, se definen los siguientes conceptos, entre otros:

- Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (artículo 4 del texto refundido de la Ley de Aguas). La determinación de ese terreno se realizará atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan, así como las referencias históricas disponibles.
- Se considerará como caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales anuales, en su régimen natural producidos durante diez años consecutivos,

que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente y que tengan en cuenta lo establecido en el apartado 1

- Se entiende por riberas las fajas laterales de los cauces públicos situadas por encima del nivel de aguas bajas y por márgenes los terrenos que lindan con los cauces.

Por otro lado:

2. La protección del dominio público hidráulico tiene como objetivos fundamentales los enumerados en el artículo 92 del texto refundido de la Ley de Aguas. Sin perjuicio de las técnicas específicas dedicadas al cumplimiento de dichos objetivos, las márgenes de los terrenos que lindan con dichos cauces están sujetas en toda su extensión longitudinal:

- a) A una zona de servidumbre de cinco metros de anchura para uso público, que se regula en este reglamento.*
- b) A una zona de policía de cien metros de anchura, en la que se condicionará el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollen.*

3. La regulación de dichas zonas tiene como finalidad la consecución de los objetivos de preservar el estado del dominio público hidráulico, (...)

Las limitaciones de usos impuestos por el reglamento son:

Zona de servidumbre: Con carácter general no se podrá realizar ningún tipo de construcción en esta zona salvo que resulte conveniente o necesaria para el uso del dominio público hidráulico o para su conservación y restauración. Solo podrán autorizarse edificaciones en zona de servidumbre en casos muy justificados. Las edificaciones que se autoricen se ejecutarán en las condiciones menos desfavorables para la propia servidumbre y con la mínima ocupación de la misma, tanto en su suelo como en su vuelo. Deberá garantizarse la efectividad de la servidumbre, procurando su continuidad o su ubicación alternativa y la comunicación entre las áreas de su trazado que queden limitadas o cercenadas por aquélla.»

(...)

La zona de policía (...) podrá ampliarse, si ello fuese necesario, para incluir la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo, al objeto específico de proteger el régimen de corrientes en avenidas, y reducir el riesgo de producción de daños en personas y bienes. En estas zonas o vías de flujo preferente sólo podrán ser autorizadas por el organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía.

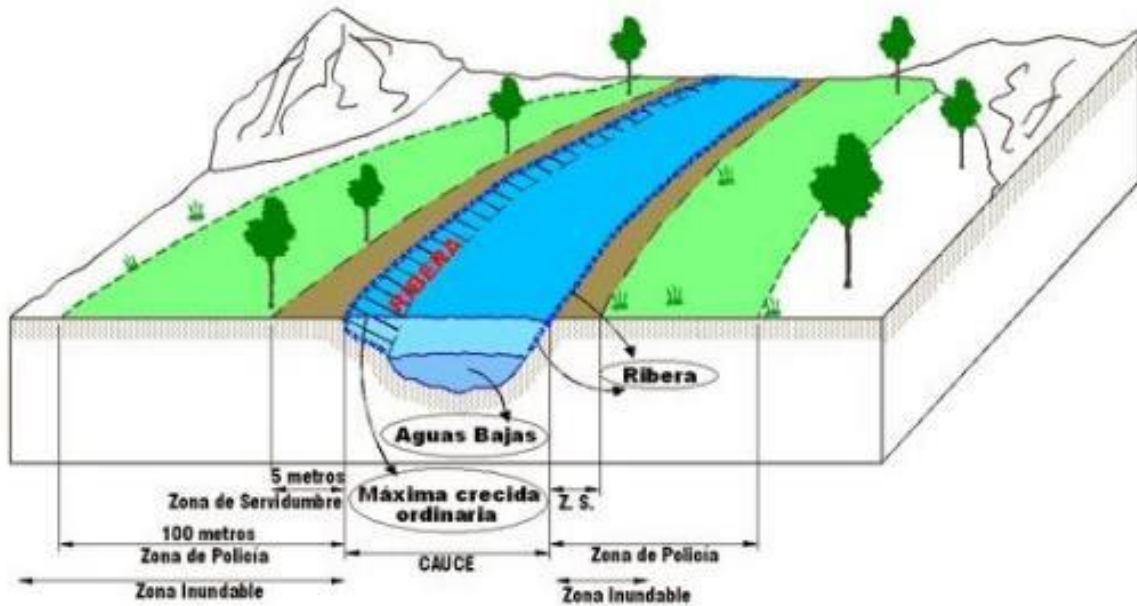


Fig.- 3 Zonas de protección en cauces

El mismo reglamento define:

- Vía de intenso desagüe la 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. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos



Fig.- 4 Delimitación de la vía de intenso desagüe (VID)

“La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas.

A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- a) Que el calado sea superior a 1 m*
- b) Que la velocidad sea superior a 1 m/s*
- c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m²/s*

En la delimitación de la zona de flujo preferente se empleará toda la información de índole histórica y geomorfológica existente, a fin de garantizar la adecuada coherencia de los resultados con las evidencias físicas disponibles sobre el comportamiento hidráulico del río”.

4.2. REAL DECRETO 638/2016

Según el Artículo 14bis del RD 638/2016 las limitaciones a los usos del suelo en la zona inundable:

(...)

b) Se evitará el establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales tales como, hospitales, centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población, acampadas, zonas destinadas al alojamiento en los campings y edificios de usos vinculados, parques de bomberos, centros penitenciarios, depuradoras, instalaciones de los servicios de Protección Civil, o similares. Excepcionalmente, cuando se demuestre que no existe otra alternativa de ubicación, se podrá permitir su establecimiento, siempre que se cumpla lo establecido en el apartado anterior y se asegure su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

4.3. GUÍA TÉCNICA DE APOYO A LA APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO EN LAS LIMITACIONES A LOS USOS DEL SUELO EN LA ZONAS INUNDABLES DE ORIGEN FLUVIAL

La Guía Técnica sirve como explicación del Reglamento, incidiendo en aquellos puntos más importantes en cuanto a las edificaciones en las zonas inundables. Para el caso de la parcela en estudio, los capítulos más importantes son el capítulo V “Actuaciones en zona inundable fuera de la Zona de Flujo Preferente” y el capítulo VI “Recomendaciones sobre criterios constructivos de edificaciones en zona inundable”.

5. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO

El resultado de los estudios históricos y geomorfológicos nos permite establecer la disposición y tipología de las formas del terreno y los depósitos generados durante o tras el episodio de avenida o inundación y con ello poder delimitar geomorfológicamente las áreas actualmente activas o que lo han sido dentro del cauce fluvial y sus márgenes para poder establecer previsiones del marco de inundación futura debida a la dinámica natural de la corriente fluvial.

Para el análisis geomorfológico se han utilizado las fotos aéreas y modelos digitales del terreno disponibles en el área de estudio. La parcela se sitúa en la margen derecha del pequeño valle que el arroyo de las Cárcavas forma a su paso hasta su desembocadura en el río Aulencia. La parcela tiene una pendiente pronunciada, disminuyendo sus cotas hacia el norte.

Las ortofotos de la zona se han obtenido del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) y el modelo digital del terreno en la zona a partir de los vuelos con sensor LiDAR (ficheros .laz 2x2 km) con una densidad de 0,5 puntos/m², y posteriormente clasificadas de manera automática y coloreadas mediante RGB, generado a partir de ortofotos del PNOA con tamaño de pixel de 25 cm.

El Modelo Digital del Terreno del Instituto Geográfico Nacional se encuentra disponible a través del siguiente enlace:

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

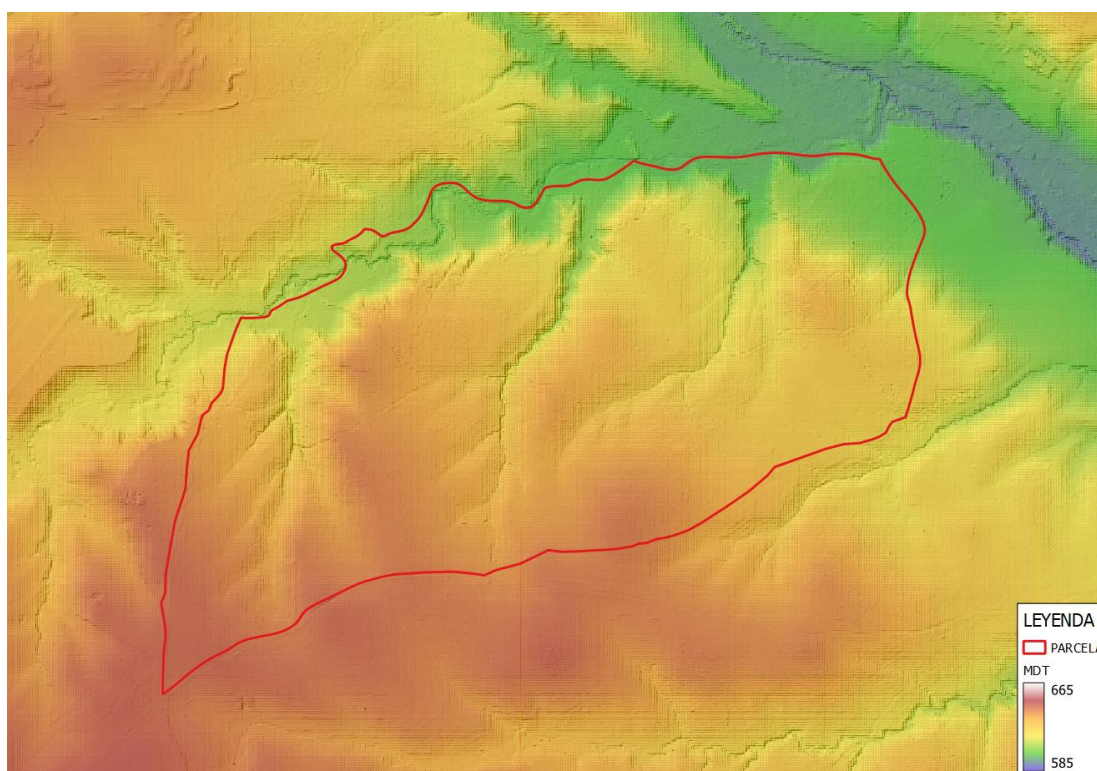


Fig.- 5 Modelo Digital del Terreno

6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Debido a que no se puede encontrar ningún estudio de inundabilidad o información sobre caudales en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) se procede al cálculo de caudales de avenida mediante el método racional según se describe en la norma 5.2 de Instrucción de Carreteras.

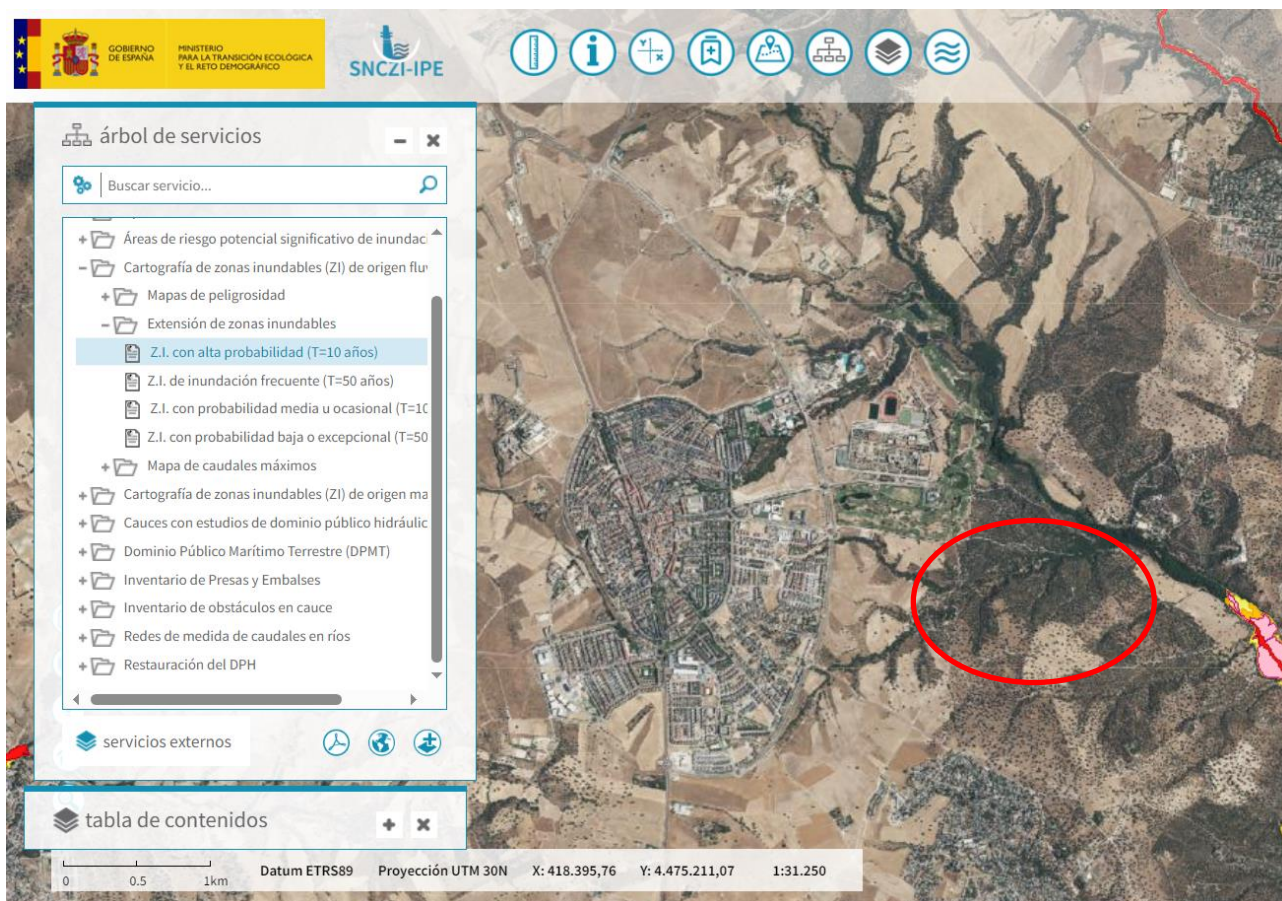


Fig.- 6 Zona de estudio en el SNCZI

Para el cálculo de caudales se ha obtenido el área de las cuencas de la zona de estudio mediante el Modelo Digital del Terreno.

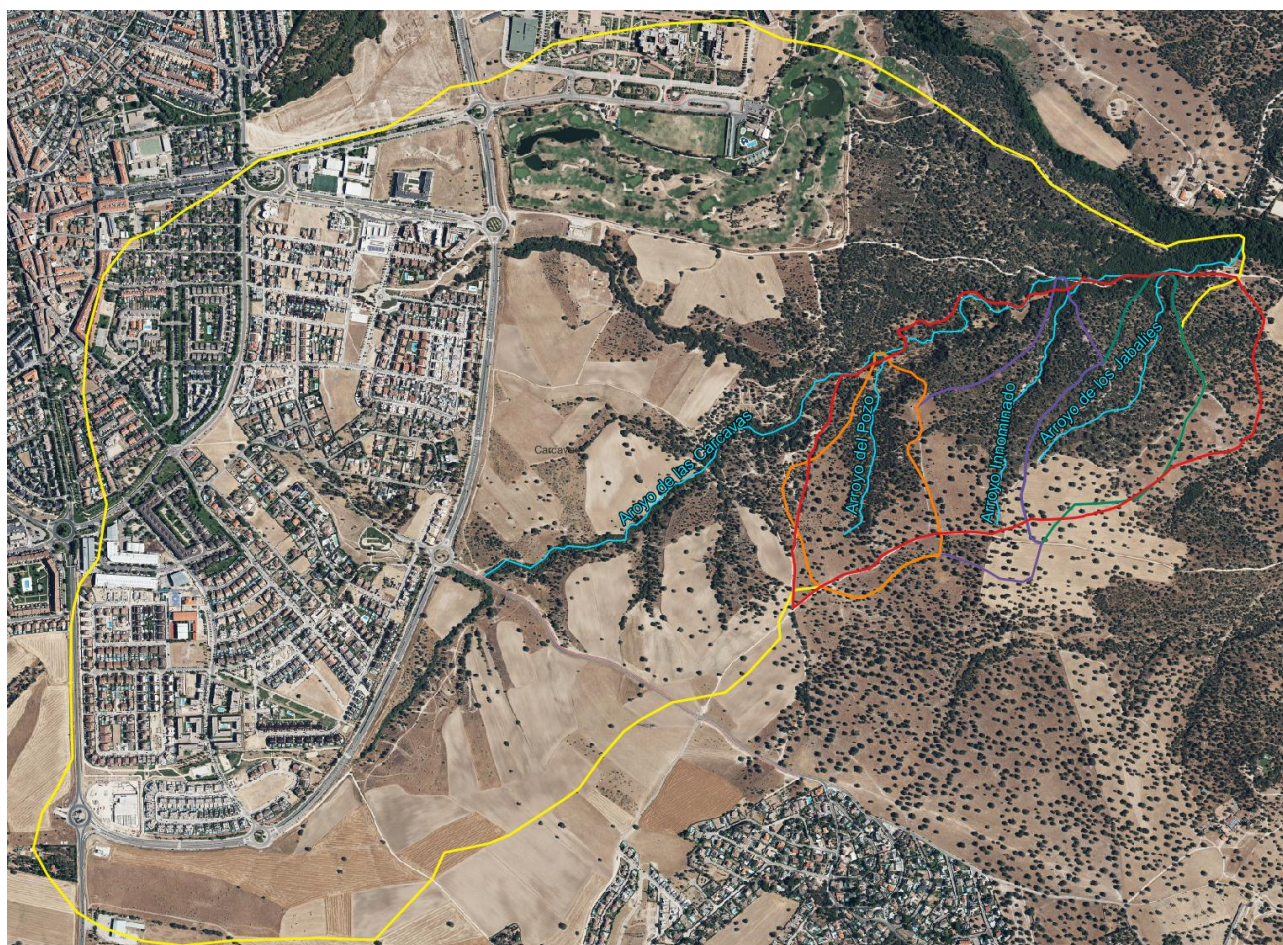


Fig.- 7 Cuencas de los arroyos

El método racional calcula el caudal correspondiente a un determinado periodo de retorno mediante la siguiente fórmula:

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

donde:

Q_T (m³/s)

Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca.

$I(T, t_c)$ (mm/h)

Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T , para una duración de aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca.

C (adimensional)

Coefficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.

A (km²)

Área de la cuenca o superficie considerada.

K_T (adimensional)

Coefficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

Para el cálculo de la intensidad de precipitación se necesitan valores de precipitación que se calculan a partir de los mapas de Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular.

Los cálculos detallados se pueden comprobar en el Apéndice 1 de este informe. A continuación, se muestran los caudales para la Máxima Crecida Ordinaria en cada arroyo:

ARROYO	CAUDAL MCO (m ³ /s)
Cárcavas	4.99
Pozo	0.84
Innominado	0.74
Jabalíes	0.61

Por otra parte, estos caudales son máximos puntuales, sin disponer de información de los hidrogramas de avenidas. Por ello, se han utilizado hidrogramas continuos con los caudales calculados para la modelización hidráulica de los arroyos.

7. BREVE DESCRIPCIÓN DEL MODELO BIDIMENSIONAL HEC-RAS

Para el presente estudio, se ha utilizado un método hidráulico completo y dinámico, de forma que considere las características reales del movimiento en régimen variable de la propagación de la onda de avenida, así como los posibles efectos de las secciones hidráulicas aguas abajo en la propagación aguas arriba del movimiento.

Dado el carácter predominante de flujo somero en las zonas que quedan inundadas, es fundamental emplear un modelo bidimensional que permita determinar la evolución de los flujos en cualquier dirección en un plano horizontal, y no solo según la perpendicular a una sección prefijada en un modelo, así como simular los llenados y vaciados de zonas laterales inefectivas a efectos de una circulación unidimensional. Sin dejar de hacer notar la versatilidad de un modelo que permita simular cambios de régimen e incluso resaltos hidráulicos móviles.

HEC-RAS es un software libre de cálculo matemático unidimensional y bidimensional para la simulación del flujo en lámina libre y procesos de transporte en ríos y estuarios, desarrollado en por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos (US Army Corps of Engineers) en colaboración con otras organizaciones norteamericanas.

El software HEC-RAS se puede descargar gratuitamente desde la web:

<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

El modelo ha sido verificado y contrastado con soluciones analíticas, con otros modelos, con ensayos de laboratorio y con medidas de campo.

Por todo lo dicho, en el caso del presente estudio, se ha optado por utilizar la última versión de este modelo bidimensional: HEC-RAS 6.3.1.

Modelización con HEC-RAS

El programa de modelización hidráulica mediante elementos finitos HEC-RAS utiliza las ecuaciones de Navier-Stokes, las cuales describen el movimiento de fluidos en tres dimensiones. En el contexto de modelización de inundaciones, también se aplican simplificaciones adicionales a los cálculos. Uno de los conjuntos de ecuaciones simplificadas usadas son las ecuaciones de Aguas Someras (Shallow Water equations). En ellas se asumen que el flujo es incompresible, de densidad y presión hidrostática uniforme y las ecuaciones son ecuaciones de Reynolds promediadas de manera que el movimiento del flujo turbulento es aproximado usando una viscosidad de turbulencia. También se asume que la escala de longitudes verticales es mucho más pequeña que las horizontales derivando en las formas diferenciales de las ecuaciones de Aguas Someras. Estas ecuaciones se basan en las ecuaciones de conservación de la masa y de conservación del momento.

En las aguas someras donde el gradiente de presión barotrópica y la fricción del fondo son los términos dominantes se aplica la Aproximación de Onda Difusiva (Diffusive Wave Approximation). Combinando esta aproximación con la ecuación de conservación de la masa produce un modelo de una sola ecuación, conocida como la ecuación de Aproximación de Onda Difusiva de Aguas Someras (Diffusive Wave Approximation of Shallow Water equation).

Conservación de la masa

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{\Omega} d\Omega + \iint_S (V \cdot n) dS + Q = 0$$

donde $V = (u, v)^t$, t es tiempo, y u, v , velocidad en los componentes x e y . Ω es la reguón volumétrica que representa el espacio tridimensional que ocupa el flujo. Los límites vienen dados por la superficie S . Q es el caudal dentro de esos límites de superficie y volumétricos.

Conservación del momento

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left(v_{xx} h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(v_{yy} h \frac{\partial u}{\partial y} \right) - c_f u + f v + \frac{\tau_{s,x}}{\rho h} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -g \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left(v_{xx} h \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(v_{yy} h \frac{\partial v}{\partial y} \right) - c_f v + f u + \frac{\tau_{s,y}}{\rho h} \end{aligned}$$

donde u y v son las velocidades en las direcciones cartesianas, g es la aceleración gravitacional, v_{xx} y v_{yy} son los coeficientes de viscosidad de turbulencia horizontal en las direcciones x e y , c_f es el coeficiente de rugosidad del fondo, τ_s es la fuerza del viento en la superficie del agua, h es el calado y f el parámetro de Coriolis.

Ecuación de Onda Difusiva de Aguas Someras

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \nabla \cdot (\beta \nabla H) + q = 0$$

Donde $\beta = -\frac{R^{2/3} h}{n |\nabla H|^{1/2}}$, H la elevación de la superficie del agua, ∇H el gradiente de la elevación de la superficie del agua, R el radio hidráulico, n el coeficiente de rugosidad de Manning, h el

calado, t el tiempo y q el término de flujo. ∇ es el vector de las derivadas parciales dadas por $\nabla = (\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y})^T$

HEC-RAS utiliza estas ecuaciones para realizar los cálculos en modelización hidráulica en una y dos dimensiones e incluso poder combinarlas dependiendo de las necesidades de la modelización. En modelizaciones donde se combinan áreas calculadas en 1D y 2D se unen mediante líneas de contorno que las unen, sobre las que se realizan unos cálculos de transición. Esto permite que en modelos 2D se puedan incluir tramos de cauces más específicos en 1D o incluir estructuras como puentes o tuberías dentro de las áreas 2D.

El flujo a través de la estructura son modelizadas dentro del entorno 1D. Las últimas versiones de HEC-RAS han optimizado el funcionamiento del cálculo de flujos a través de las estructuras, pudiendo ahora incluir estructuras en paralelo o estructuras con múltiples aberturas, como por ejemplo puentes con múltiples arcos, regulares o irregulares o modelización de tuberías en paralelo de diferentes características.

Cuenta con una herramienta GIS para visualizar los cálculos de una manera sencilla tanto en planta como en 3 dimensiones, además de poder añadir imágenes y capas de elevación de terreno para su inclusión en la modelización y una interpretación de resultados precisa.

8. MODELO DE ESTUDIO DESARROLLADO CON HEC-RAS

Como se indicó al inicio, el objeto del presente estudio de inundabilidad es el análisis de la susceptibilidad del área de estudio frente a la Máxima Crecida Ordinaria y el cumplimiento del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (y el Texto Refundido de la Ley de Aguas).

Para ello, la longitud modelizada ha sido de alrededor de 2,5 km en su longitud máxima del área de estudio, pero en la cual se incluyen todos los arroyos. Esta longitud es suficiente para garantizar la no influencia de las condiciones de contorno a la salida.

El proceso de creación del modelo hidráulico sigue los pasos que se describen a continuación.

8.1. DATOS DEL MODELO

El terreno y los cauces se han caracterizado con la geometría disponible del Lidar 2x2 en el Instituto Geográfico Nacional (IGN), completada con los datos sobre las infraestructuras existentes y con las rugosidades adecuadas en base a los usos del suelo reflejados en el Corine Land Cover (CLC) y a los trabajos de fotointerpretación llevados a cabo sobre la traza con las ortofotos aéreas disponibles del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).

En concreto se ha utilizado la cartografía de la hoja nº 0558-2, del modelo digital del terreno 2ª Cobertura (2015-Actualidad) con paso de malla de 2 m (SGR: ETRS89, proyección UTM en el huso correspondiente y alturas ortométricas). El archivo en formato ASCII matriz ESRI (.asc) utilizado es MDT02-ETRS89-HU30-0558-2-COB2.ASC.

8.2. GEOMETRÍA

La geometría de la zona de estudio se ha obtenido directamente del modelo digital del terreno (MDT) con paso de malla de 2 m, anteriormente mencionado, creando una malla de celdas no estructurada con lado mayor de celda de 5,0 m. La malla obtenida cuenta con 87.999

celdas, a cada una de los cuales HEC-RAS le asigna el parámetro de lado mayor de 5,0 m. La elevación de cada celda es leída del MDT utilizado.

Para una representación más detallada, se han incluido líneas de rotura a lo largo de los cauces de los arroyos. Esto permite cambiar el tamaño de celda a ambos lados de la línea de rotura, eligiendo tamaños de celda menores para una mejor representación de las elevaciones en esa zona. El lado mínimo de celda elegido es de 1,0 m y el máximo de 5,0 m.

A esta geometría es a la que se aplicarán las condiciones de contorno, las iniciales y la rugosidad, con lo que la malla asumirá directamente estos datos al generarse.

8.3. RUGOSIDAD

Para la estimación de las pérdidas de carga por fricción, el modelo HEC-RAS utiliza el coeficiente de rugosidad de Manning. Este parámetro hidráulico no es intrínseco al modelo digital del terreno utilizado (como sí lo son las pendientes, la geometría, estrechamientos, zonas bajas, etc.), por lo que ha de ser introducido específicamente, asignando un valor de n de Manning a cada superficie que forma parte de la geometría del modelo.

En el caso de una onda de avenida, es difícil decidir a priori qué valor de rugosidad es más desfavorable: si se adoptan valores de rugosidad altos se obtienen mayores calados y menores velocidades medias para un caudal determinado; sin embargo, dado que el efecto de laminación por almacenamiento de agua en el cauce es mayor, los caudales punta serán inferiores a medida que nos alejamos de las fuentes de caudal, con lo que podría incluso suceder que los calados máximos en algún punto suficientemente alejado del origen fueran disminuyendo a medida que se aumenta la rugosidad. Recíprocamente, los valores bajos de rugosidad suponen calados inferiores a igualdad de caudal, pero en este caso la laminación en el cauce será menor y los caudales punta, mayores.

En una gran avenida es previsible que se produzca un frente de onda con gran proporción de material arrastrado que frene la propagación, y por ello deben considerarse coeficientes de rugosidad algo superiores a los empleados habitualmente.

Para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning se ha seguido la GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES elaborada en 2011 por Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Basándose en esta publicación, en los usos del suelo y en la publicación Hidráulica de Canales Abiertos de Ven Te Chow, los coeficientes de rugosidad " n " de Manning empleados son los que se reflejan en el correspondiente cuadro de la GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES.

Se ha identificado un solo uso del suelo, el cual es bosque de frondosas. Para este uso del suelo se ha utilizado un valor de rugosidad de 0,06, el cual se ha incluido en todo el área del modelo.

8.4. CONDICIÓN DE CONTORNO A LA ENTRADA Y LA SALIDA

Para la determinación de las condiciones de contorno a la entrada se han utilizado los caudales calculados mediante el método racional según describe la norma 5.2-IC de la Instrucción de Carreteras.

Al no disponer de los hidrogramas de avenida se ha optado por utilizar hidrogramas de caudal continuo con los caudales calculados para cada arroyo.

El modelo termina en un límite establecido arbitrariamente aguas abajo, con garantías de disponer de un espacio suficientemente extenso como para que el mismo no interfiera en las condiciones de funcionamiento del modelo en la zona en estudio.

Para ello, se ha adoptado como condición de contorno a la salida una condición de flujo de calado normal. Se ha optado por un calado normal con una pendiente muy baja, de manera que la restricción de salida sea menor, simulando que el río Aulencia, al cual desemboca el arroyo de las Cárcavas, lleva caudal suficiente como para restringir la salida del caudal de los arroyos. De esta manera se comprueba si este río puede condicionar la afección a la parcela.

8.5. CONDICIONES INICIALES

Como condiciones iniciales se ha impuesto un único calado nulo al inicio, correspondiente a un estado inicial seco de todo el modelo.

8.6. DATOS DEL PROBLEMA

Los parámetros generales de cálculo se han dejado por defecto según recomienda el manual de usuario de HEC-RAS.

Como Resultados, se han solicitado Calado, Velocidad, Cota de Agua, Máximo Calado, Máxima Velocidad, Máximo Caudal Específico y Máxima Cota de Agua.

El Parámetro de Tiempo para los cálculos, es de un Tiempo máximo de simulación de 7 horas para todos, comprobándose que es suficiente para alcanzar el máximo en todo el modelo.

En todos los modelos se ha puesto un Intervalo de resultados de 10 minutos y un Incremento de tiempo máximo entre cálculos de 1 segundos.

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En las siguientes figuras se indican gráficamente los resultados obtenidos que se reflejan en los planos correspondientes.

9.1. MAPA DE CALADOS MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA (HEC-RAS)



Fig.- 8 Mapa de calados máximos en la Máxima Crecida Ordinaria

9.2. DELIMITACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO, ZONA DE SERVIDUMBRE Y ZONA DE POLICÍA

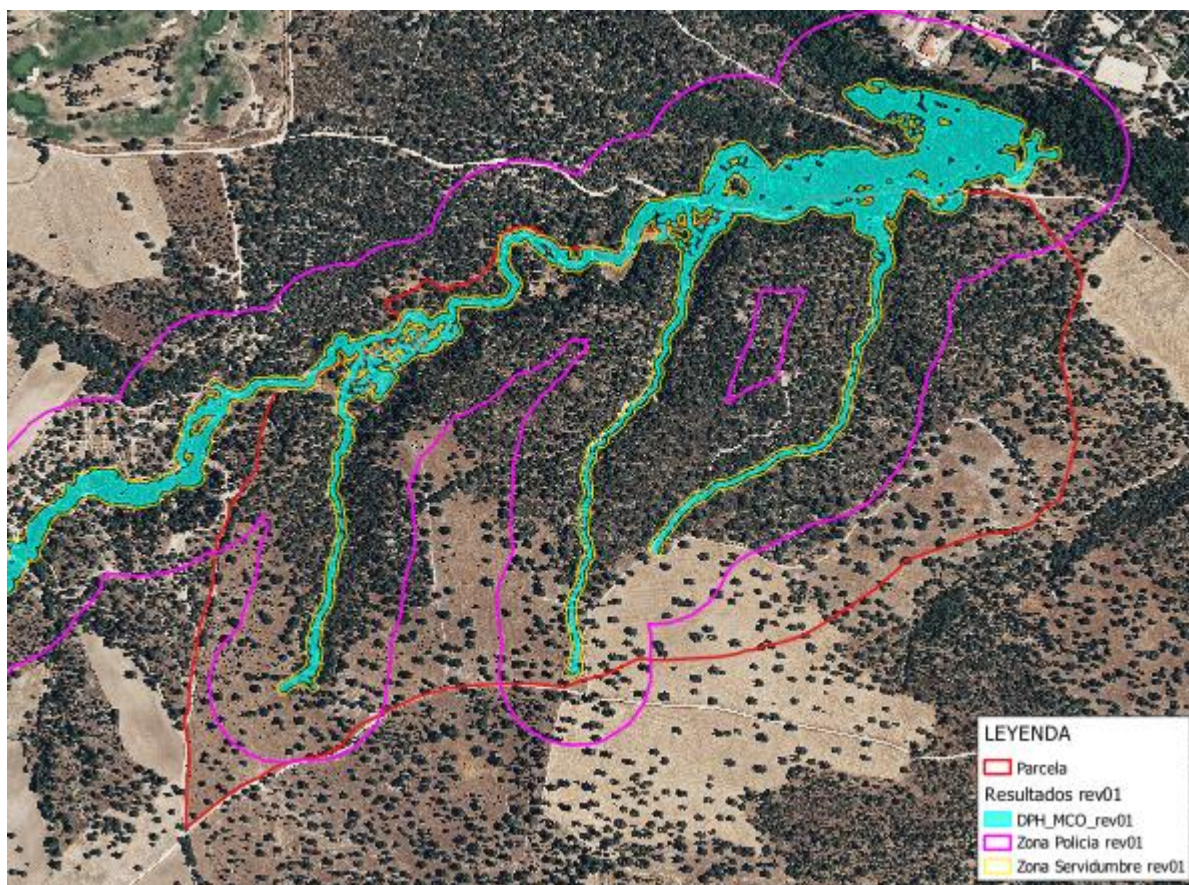


Fig.- 9 Delimitación del Dominio Público Hidráulico, la Zona de Servidumbre y la Zona de Policía

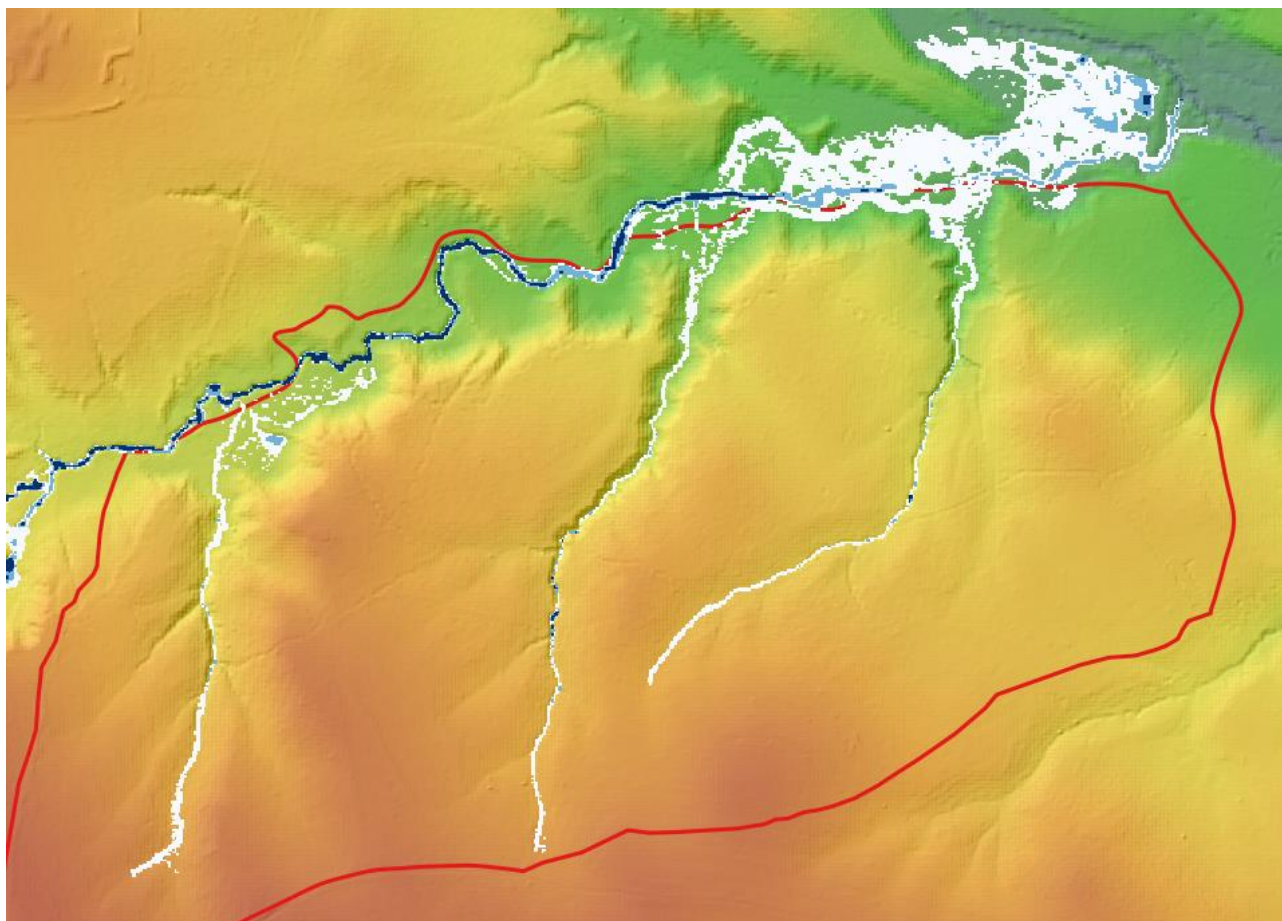


Fig.- 10 Resultados de la modelización hidráulica y parcela y DPH delimitados por el catastro

10. RESUMEN Y CONCLUSIONES

10.1. OBJETIVO FINAL DEL INFORME

El objeto de este informe es elaborar el estudio de delimitación del Dominio Público Hidráulico de los cauces existentes en la finca Vilanosa en Villanueva de la Cañada (Madrid), de acuerdo con la Normativa (RD 638/2016 de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico).

En el informe se ha delimitado el Dominio Público Hidráulico de los cauces existentes en la parcela de estudio, así como su Zona de Servidumbre y su Zona de Policía, de acuerdo con la Normativa (RD 638/2016 de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico). La parcela de estudio está situada aproximadamente a 3 km al sureste del núcleo urbano de Villanueva de la Cañada (Madrid), dentro del Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su entorno.

10.2. MARCO JURÍDICO. RESUMEN DE LEGISLACIÓN APLICABLE

Para delimitar el Dominio Público Hidráulico, en este estudio se parte de las definiciones del RDPH. A continuación, se describen estas definiciones en mayor detalle:

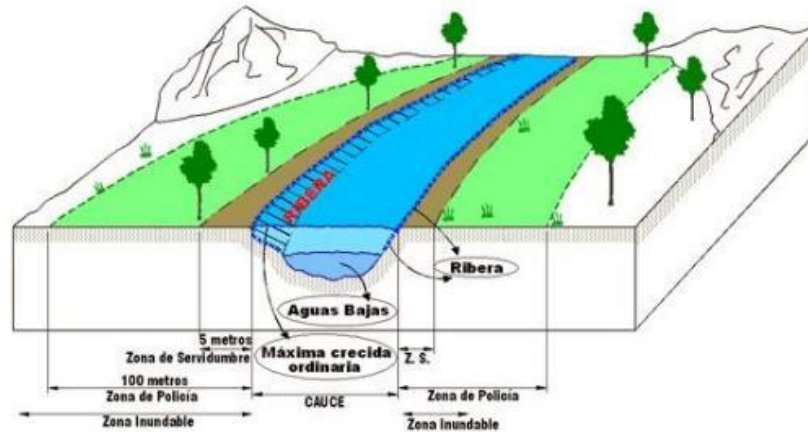


Fig.- 11 Zonas de protección en cauces

- Cauce: Es el Dominio Público Hidráulico y se define como la zona inundada por la Máxima Crecida Ordinaria. Esta zona es de dominio público.
- Zona de Servidumbre: Área delimitada por la paralela al Dominio Público Hidráulico a una distancia de 5 metros. Esta área es de carácter privativo y no se expropia, aunque se limita sus usos: no se puede edificar ni impedir su paso (no se puede vallar).
- Zona de Policía: Área delimitada por la paralela al Dominio Público Hidráulico a una distancia de 100 metros. En esta zona se debe de pedir permiso para realizar actuaciones ante Confederación, condicionando los usos permitidos según esté en Zona de Servidumbre y Zona Inundables.
- Zonas Inundables: asociadas a avenidas de distintos periodos de retorno (100 y 500 años). Puede ser mayor o menor que la Zona de Policía. Debido al Reglamento, tiene limitaciones en cuanto a usos y las características de éstos.
- Zona de Flujo Preferente: Esta zona no se representa en la imagen anterior, sin embargo, es tenida en cuenta en Confederación para sus valoraciones. Se trata de la zona en la que se considera que se producen los mayores daños, debido a que se producen las mayores velocidades y caudales. Se calcula a partir de la avenida de 100 años de periodo de retorno.

10.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En los resultados obtenidos, se puede apreciar que la Máxima Crecida Ordinaria coincide con el área del cauce definido por la topografía, delimitando así el Dominio Público Hidráulico.

En las zonas de las desembocaduras, el área afectada por la Máxima Crecida Ordinaria se amplía debido a que el terreno forma una llanura en abanico debido a la acumulación de depósitos procedentes de los arroyos. En el mapa de calados se puede observar que hay pequeñas zonas en las que aparece acumulación de agua pero que no están conectadas entre

sí. Esto es debido a la falta de definición de la topografía en el modelo digital del terreno y se considera erróneo, por lo tanto, estas zonas no están incluidas dentro del Dominio Público Hidráulico.

En la figura 9, se ha realizado una comparación de los resultados de la modelización y el terreno con el contorno de la parcela y el Dominio Público Hidráulico que muestra el Catastro para la parcela de estudio. Tal y como se puede observar, el DPH del catastro coincide en mayor medida en los arroyos del Pozo e Innominado, sin embargo, en el arroyo de los Jabalíes se encuentra desplazado hacia el este. Mediante el Modelo Digital del Terreno se puede comprobar que a lo largo del DPH del arroyo de los Jabalíes marcado por el catastro no existe un cauce definido por la topografía y, por lo tanto, es erróneo.

En base a estos resultados se ha delimitado el Dominio Público Hidráulico, la Zona de Servidumbre y la Zona de Policía tal y como se pueden ver en la Figura 8 y en el plano número 3.

APÉNDICE 1. CÁLCULO DE CAUDALES

1. IDENTIFICACIÓN DE LAS CUENCAS

Para la delimitación de las cuencas existentes se ha empleado la cartografía a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional para, posteriormente delimitar las divisorias a escala 1:25.000

Las características de las distintas cuencas se exponen en la siguiente tabla:

Cuenca	Área (km ²)	Cota máx. (m)	Cota mín. (m)	Desnivel (m)	Long. cauce (m)	Pte (%)
Cárcavas	4.80	657.96	596.05	61.91	4186.07	0.01
Jabalíes	0.18	642.61	598.70	43.91	906.76	0.05
Innominado	0.18	645.18	600.23	44.95	911.66	0.05
Pozo	0.16	645.21	611.62	33.59	671.49	0.05

1. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo de la lluvia para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía al punto de desagüe considerado. En resumen, el tiempo de concentración es el tiempo que necesita el agua que cae en la zona más alejada de la cuenca para llegar al punto de salida de la misma.

1.1.- CUENCAS PRINCIPALES

Para las cuencas principales el tiempo de concentración se calcula mediante la fórmula de Témez:

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

donde:

T _c	Tiempo de concentración en horas
L	Longitud del cauce principal en km
J	Pendiente del cauce principal (tanto por uno)

En aquellas cuencas principales de pequeño tamaño en las que el tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno sea apreciable respecto al recorrido total no será de aplicación la fórmula anterior, debiendo aplicarse las indicaciones de la Instrucción 5.2-I.C. Drenaje Superficial para cuencas secundarias que se recoge en el siguiente apartado. Según los criterios que establece la Instrucción se considera que se produce esta circunstancia cuando el tiempo de concentración calculado mediante la fórmula anterior resulta inferior a 15 minutos (0,25 horas).

En la siguiente tabla se observa que todas las cuencas estudiadas son principales, al ser los tiempos de concentración de cada una de ellas superiores a 0,25 horas.

Cuenca	Área (km ²)	Longitud del cauce (m)	Pendiente (adimensional)	Tc (horas)	Tipo de cuenca
Cárcavas	4,80	4186,07	0,01	1,98	Cuenca principal
Jabalíes	0,18	906,76	0,05	0,50	Cuenca principal
Innominado	0,18	911,66	0,05	0,50	Cuenca principal
Pozo	0,16	671,49	0,05	0,39	Cuenca principal

2. ESTUDIO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS

Además del conocimiento del marco físico de las cuencas vertientes en estudio, es preciso conocer el régimen de precipitaciones máximas, en toda el área, para determinar las duraciones y amplitudes de las tormentas de diseño en diferentes períodos de recurrencia.

2.1.- MÁXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR

Esta publicación se realizó en 1999 mediante un convenio de la Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento) con el CEDEX, que realizó una modelización estadística de las series anuales de máximas lluvias diarias, cuyo resultado ha sido la aplicación informática MAXPLUWIN, que permite la consulta de los cuantiles de máximas lluvias diarias en cualquier punto de la península.

Como ley de distribución para el análisis de máximas lluvias se ha adoptado la ley denominada SQR-ET_{max} que ha sido desarrollada específicamente para el análisis de máximas lluvias diarias:

$$F(x) = \exp\left[-K \cdot (1 + \sqrt{\alpha x}) \exp(-\sqrt{\alpha x})\right]$$

donde:

F (x)	Probabilidad de que se presente un valor inferior a x
K, α	Parámetros de la distribución denominados forma y escala respectivamente, que dependen de la media y desviación típica

El cálculo se facilita mediante una aplicación informática denominada MAXPLUWIN, que obtiene las precipitaciones máximas previsibles en un día en cualquier punto definido por sus coordenadas geográficas.

En esta publicación se incluyen los mapas de isolíneas representando tanto la precipitación media como el coeficiente de variación C_v, resultando para la zona:

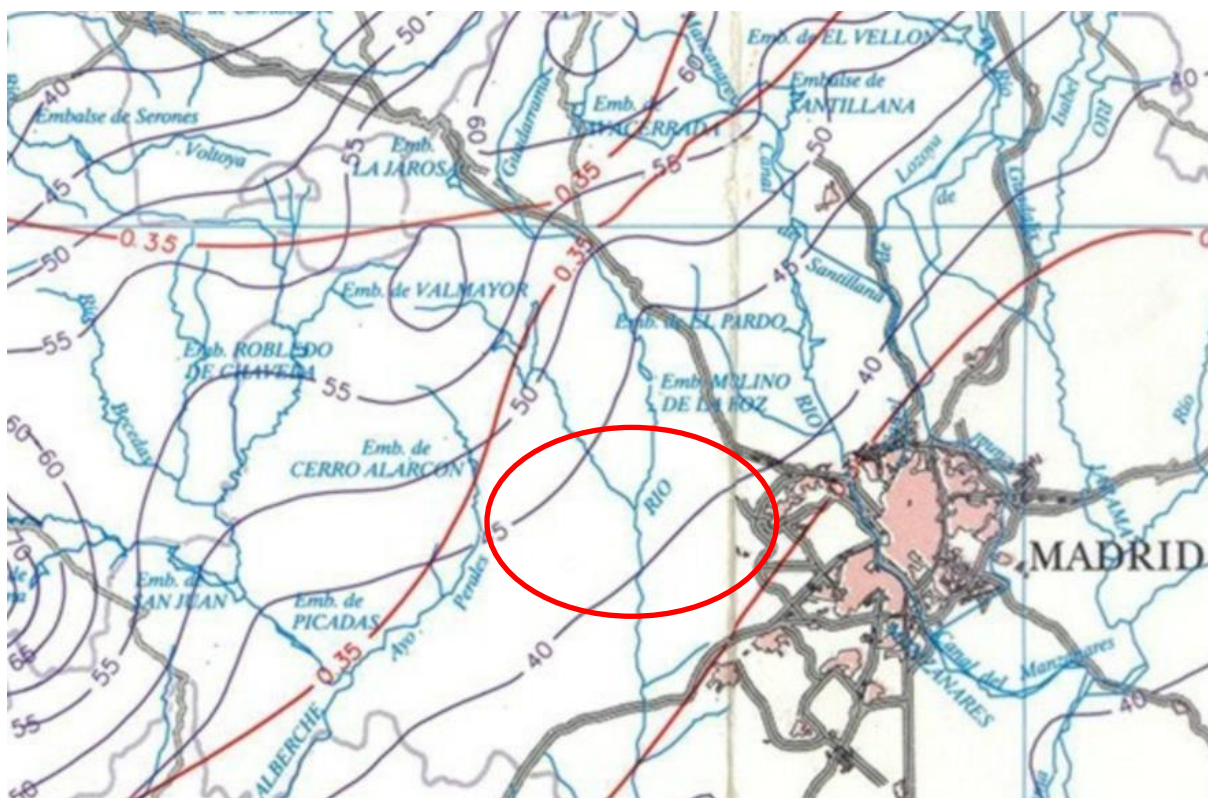


Imagen 1. Mapa de isolíneas de la zona de proyecto

En la tabla siguiente se recogen las precipitaciones máximas obtenidas con MAXPLUWIN:

C _v	P _m	PRECIPITACIÓN (mm)					
	(mm/día)	T=2	T=2,5	T=3	T=4	T=5	T=10
0,34	43,00	39,73	41,67	44,28	48,41	52,16	61,19

C _v	P _m	PRECIPITACIÓN (mm)					
	(mm/día)	T=20	T=25	T=50	T=100	T=200	T=500
0,34	43,00	71,50	73,83	82,99	93,48	104,66	119,76

3. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

La intensidad de precipitación I correspondiente a un período de retorno T , y a una duración del aguacero t , a emplear en la estimación de caudales por el método racional, se obtendrá por medio de la siguiente fórmula:

$$I = I_d \times F_{int}$$

donde:

I	Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración de aguacero t igual al tiempo de concentración.
I_d	Intensidad media diaria de precipitación corregida en mm/h correspondiente al período de retorno T , calculada según el apartado 4.1.
F_{int}	Factor de intensidad (adimensional) calculado según el apartado 4.2.

3.1.- INTENSIDAD MEDIA DE PRECIPITACIÓN

La intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno T , y a una duración de aguacero t , viene modificada según la expresión siguiente, para tener en cuenta la torrencialidad en el área de estudio.

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

donde:

I_d	Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T en mm/h.
F_{int}	Factor de intensidad.

La intensidad media diaria de precipitación corregida se obtiene mediante la fórmula:

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

donde:

P_d	Precipitación diaria correspondientes a un período de retorno T en mm.
K_A	Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca K_A tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie y que por tanto adoptará los siguientes valores en función de la superficie de la cuenca.

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

$$K_A = 1 \quad \text{para } A < 1 \text{ km}^2$$

En la siguiente tabla se exponen los valores de precipitación diaria para los distintos periodos de retorno antes y después de aplicar el factor de reducción K_A .

CUENCA	P _d (mm)												Factor de Reducción K _A
	T=2	T=2,5	T=3	T=4	T=5	T=10	T=20	T=25	T=50	T=100	T=300	T=500	
Cárcavas	39,7	41,7	44,3	48,4	52,2	61,2	71,5	73,8	83,0	93,5	104,7	119,8	0,95
Jabalíes	39,7	41,7	44,3	48,4	52,2	61,2	71,5	73,8	83,0	93,5	104,7	119,8	1,00
Innominado	39,7	41,7	44,3	48,4	52,2	61,2	71,5	73,8	83,0	93,5	104,7	119,8	1,00
Pozo	39,7	41,7	44,3	48,4	52,2	61,2	71,5	73,8	83,0	93,5	104,7	119,8	1,00

CUENCA	P' _d (mm)											
	T=2	T=2,5	T=3	T=4	T=5	T=10	T=20	T=25	T=50	T=100	T=300	T=500
Cárcavas	37,9	39,8	42,3	46,2	49,8	58,4	68,3	70,5	79,2	89,2	99,9	114,3
Jabalíes	39,7	41,7	44,3	48,4	52,2	61,2	71,5	73,8	83,0	93,5	104,7	119,8
Innominado	39,7	41,7	44,3	48,4	52,2	61,2	71,5	73,8	83,0	93,5	104,7	119,8
Pozo	39,7	41,7	44,3	48,4	52,2	61,2	71,5	73,8	83,0	93,5	104,7	119,8

3.2.- FACTOR DE INTENSIDAD F_{INT}

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de la duración del aguacero y del período de retorno, si se dispone de curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) procedentes de un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento. Así se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{int} = \max (F_a, F_b)$$

siendo:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287t^{0,1}}$$

I_1/I_d Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa de la figura 2.4 de la Instrucción de Carreteras 5.2 IC.

T Duración del aguacero en horas

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

$I_{IDF}(T, t_c)$ Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y al tiempo de concentración t_c , obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo en mm/h.

$I_{IDF}(T, 24)$ Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas, obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo en mm/h.

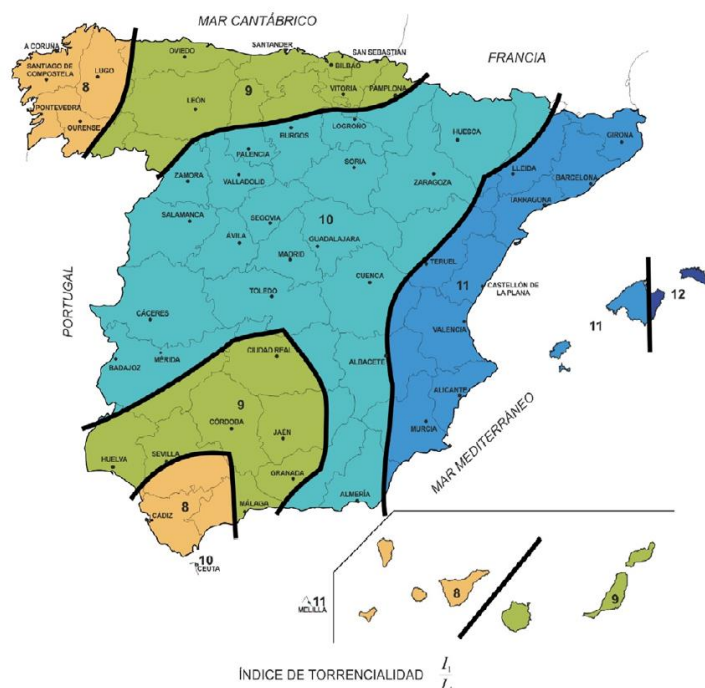


FIGURA 2.4.- MAPA DEL ÍNDICE DE TORRENCIALIDAD (I_1/I_0)

Imagen 2. Índice de torrencialidad (5.2 IC)

Se observa que en la zona de estudio el valor de este índice de torrencialidad es de 10.

Con esta metodología, los valores de intensidad de precipitación para cada periodo de retorno son los de la tabla siguiente:

Nº CUENCA	Fa	I(T,t) (mm/h)					
		T=2	T=2,5	T=3	T=4	T=5	T=10
Cárcavas	6,62	10,5	11,0	11,7	12,7	13,7	16,1
Jabalíes	14,85	24,6	25,8	27,4	30,0	32,3	37,9
Innominado	14,84	24,6	25,8	27,4	29,9	32,3	37,8
Pozo	16,84	27,9	29,2	31,1	34,0	36,6	42,9

Nº CUENCA	Fa	I(T,t) (mm/h)					
		T=20	T=25	T=50	T=100	T=300	T=500
Cárcavas	6,62	18,8	19,4	21,8	24,6	27,6	31,5
Jabalíes	14,85	44,2	45,7	51,3	57,8	64,8	74,1
Innominado	14,84	44,2	45,7	51,3	57,8	64,7	74,1
Pozo	16,84	50,2	51,8	58,2	65,6	73,4	84,0

4. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía se define esencialmente como la relación entre el volumen de lluvia neta (o de escorrentía) y la lluvia total, por lo que, teóricamente, varía en el rango de valores entre 0 y 1.

Según la Instrucción 5.2-I.C el coeficiente de escorrentía se estima mediante la siguiente expresión:

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

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

donde:

C	Coeficiente de escorrentía
P_d	Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T considerado (mm).
K_A	Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca
P_0	Umbral de escorrentía (mm).

4.1.- UMBRAL DE ESCORRENTÍA

El umbral de escorrentía P_0 representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará con la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i \times \beta$$

donde:

P_0	Umbral de escorrentía en mm
P_0^i	Valor inicial del umbral de escorrentía en mm
β	Coeficiente corrector del umbral de escorrentía (adimensional).

El valor inicial del umbral de escorrentía P_0^i se ha obtenido a partir de la información disponible de los usos del suelo mediante el proyecto CORINE Land Cover (*Coordination of Information on the Environment*), a través del cual se ha desarrollado una base de datos sobre la cobertura y uso del territorio en la Unión Europea. La versión del CORINE utilizada es la del año 2018. Se ha extraído la parte correspondiente a las cuencas en estudio, se han insertado sobre el plano de delimitación de cuencas a la escala adecuada, y se ha medido la superficie que en cada cuenca corresponde a los distintos usos de suelo.

En la siguiente tabla se resumen los usos del suelo en cada una de las cuencas interceptadas por el trazado.

Al final del Anejo se incluyen los Planos correspondientes.

4.1.1.- COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA β

Dado que no se dispone de información específica de cada una de las cuencas interceptadas, el valor del coeficiente corrector del umbral de escorrentía se obtiene a partir de los datos recogidos en la tabla 2.5 de la Instrucción 5.2-IC en función de la región en la que se sitúe la zona de estudio, de acuerdo con la siguiente figura:



FIGURA 2.9.- REGIONES CONSIDERADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

Imagen 3. Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (5.2 IC)

En el caso que nos ocupa la zona de estudio se sitúa en la región 32.

Siguiendo las indicaciones de la Instrucción, en cuencas que no se localicen en el Levante y Sureste de la Península (regiones 72, 821 y 822), se desarrolla el siguiente método:

- Drenaje transversal de vías de servicio, ramales, caminos, accesos a instalaciones y edificaciones auxiliares de la carretera y otros elementos anejos (siempre que el funcionamiento hidráulico de estas obras no afecte a la carretera principal) y drenaje de la plataforma y márgenes: se debe aplicar el producto del valor de medio de la región del coeficiente β por un factor dependiente del período de retorno T:

$$\beta^{PM} = \beta_m \times F_T$$

- Drenaje transversal de la carretera (puentes y obras de drenaje transversal): producto del valor medio del coeficiente β corregido por el valor correspondiente

al intervalo de confianza del 50%, por un factor dependiente del período de retorno T:

$$\beta^{DT} = (\beta_m - \Delta_{50}) \times F_T$$

siendo:

β^{PM}	coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje de la plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares.
β^{DT}	coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje transversal de la carretera.
β_m	valor medio en la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (tabla 2.5).
F_T	factor función del período de retorno (tabla 2.5).
Δ_{50}	desviación respecto del valor medio: intervalo de confianza correspondiente al 50%.

Así, para la zona de estudio, el coeficiente corrector del umbral de escorrentía correspondiente a la calibración nacional, según la tabla 2.5 de la Norma 5.2-IC, es el que se expone a continuación:

REGIÓN	VALOR MEDIO, β_m	DESVIACIÓN RESPECTO AL VALOR MEDIO PARA EL INTERVALO DE CONFIANZA DEL			PERÍODO DE RETORNO T (AÑOS), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos a partir de la Δ_{50} :

Periodo de retorno (años)	2	2,5	3	4	5	10	20	25	50	100	200	500
F_t	0,82	0,84	0,85	0,88	0,91	0,96	1,07	1,12	1,18	1,31	1,37	1,54
β^{PM}	0,82	0,84	0,85	0,88	0,91	0,96	1,07	1,12	1,18	1,31	1,37	1,54
β^{DT}	0,66	0,67	0,68	0,70	0,73	0,77	0,86	0,90	0,95	1,05	1,10	1,23

4.1.2.- USOS DEL SUELO EN LAS CUENCAS INTERCEPTADAS

Para cada uso del suelo definido en la tabla siguiente se definen en general cuatro valores del umbral de escorrentía en función del Grupo de suelo de que se trate:

- Grupo A.- El agua se infiltra rápidamente aún en el caso de que se encuentren muy húmedos. Profundos y de texturas gruesas (arenosas o areno-limosas), están fuertemente drenados.
- Grupo B.- Cuando están húmedos tienen una capacidad de infiltración moderada. La profundidad de suelo es de media a profunda, y su textura franco-arenosa, franca, franco-arcillo-arenosa o franco-limosa según la terminología del U.S. Department of Agriculture. Están bien o moderadamente drenados.
- Grupo C.- Cuando están muy húmedos la infiltración es lenta. La profundidad del suelo es inferior a la media y su textura es franco-arcillosa, franco-arcillo-limosa, limosa o arcillo-arenosa. Son suelos imperfectamente drenados.
- Grupo D.- Cuando están muy húmedos la infiltración es muy lenta. Tienen horizontes de arcilla en la superficie o próximos a ella y están pobremente o muy pobremente drenados. Se incluyen aquí también los terrenos con nivel freático permanentemente alto y suelos de poco espesor (litosuelos).

Para conocer las características de los suelos en la zona de estudio se ha consultado el Mapa Geológico de dicha zona. Al final del presente Proyecto se incluye dicho mapa con las cuencas y la leyenda correspondiente.

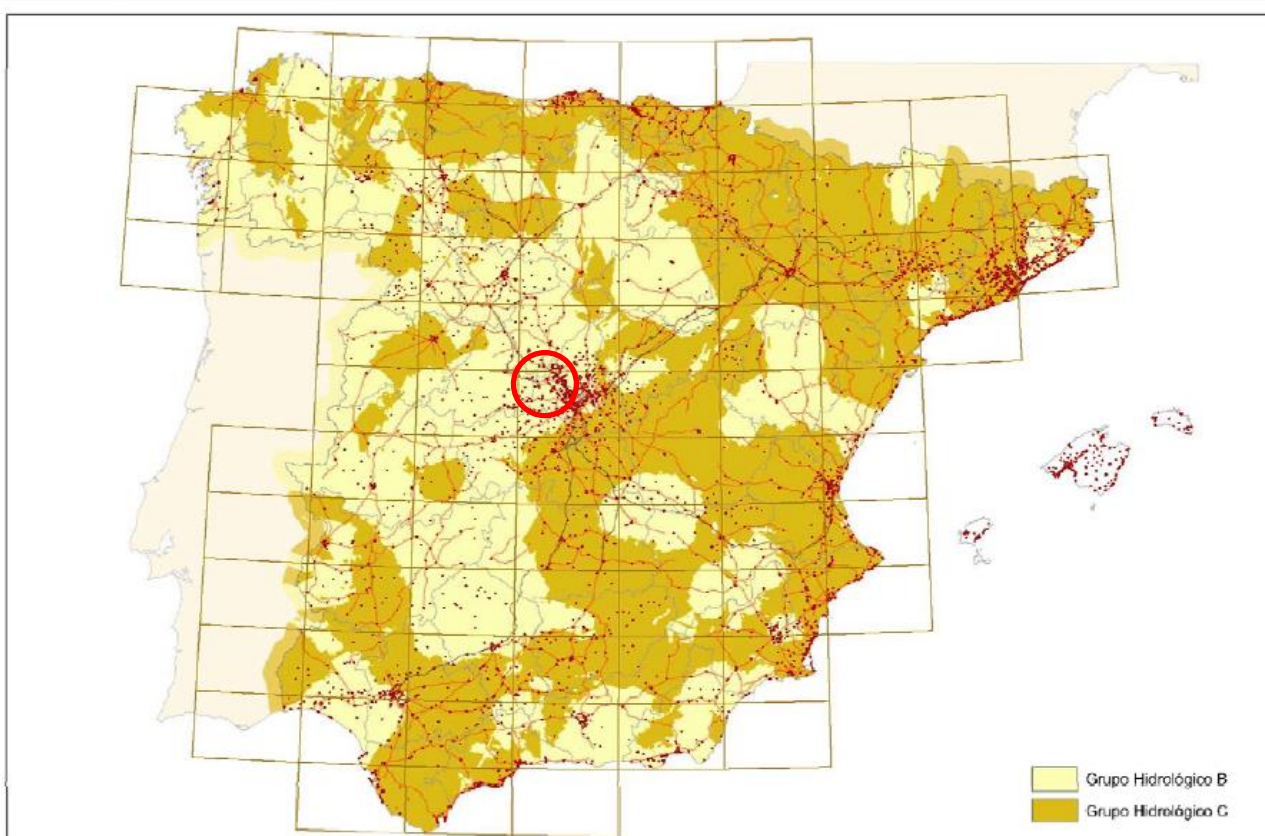


FIGURA 2.7.- MAPA DE GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO

Imagen 4. Mapa de regiones para elección del grupo hidrológico (Norma 5.2-IC)

Los valores de umbral de escorrentía se pueden obtener a partir de la instrucción en función de los usos de suelo definidos en los Mapas de Usos de Suelo del CORINE (correspondiente al año 2018, el más actualizado disponible).

En la tabla siguiente se recogen los usos del suelo para cada una de las cuencas interceptadas.

		CORINE LAND COVER 2018		TABLA 2.3 VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA P_0^i (mm) NORMA 5.2-IC DRENAJE SUPERFICIAL DE LA INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS		
CUENCA	ÁREA TOTAL DE LA CUENCA (m ²)	CODIGO CORINE	USO DEL SUELO CORINE	CODIGO CORINE	USO DEL SUELO CORINE	GRUPO DE SUELO
Cárcavas	4,806,374.96	112	Tejido urbano discontinuo	11200	Tejido urbano discontinuo	B
		121	Zonas industriales o comerciales	12120	Grandes superficies de equipamientos y servicios	B
		142	Instalaciones deportivas y recreativas	14210	Campos de golf	B
		211	Tierras de labor en secano	21100	Tierras de labor en secano (cereales)	B
		231	Praderas	23100	Prados y praderas	B
		244	Sistemas agroforestales	24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesado	B
		311	Bosques de frondosas	31140	Mezclas de frondosas	B
Jabalíes	175,401.55	244	Sistemas agroforestales	24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adehesado	B

		CORINE LAND COVER 2018		TABLA 2.3 VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA P_0^i (mm) NORMA 5.2-IC DRENAJE SUPERFICIAL DE LA INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS		
CUENCA	ÁREA TOTAL DE LA CUENCA (m ²)	CODIGO CORINE	USO DEL SUELO CORINE	CODIGO CORINE	USO DEL SUELO CORINE	GRUPO DE SUELO
		311	Bosques de frondosas	31140	Mezclas de frondosas	B
Innominado	175,683.14	244	Sistemas agroforestales	24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesado	B
		311	Bosques de frondosas	31140	Mezclas de frondosas	B
Pozo	161,540.65	244	Sistemas agroforestales	24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adhesado	B
		311	Bosques de frondosas	31140	Mezclas de frondosas	B

A continuación, se muestra una tabla con los valores del umbral de escorrentía adoptados para cada uso de suelo y el valor del umbral de escorrentía resultante en cada cuenca.

CUENCA	CODIGO CORINE	PTE	PRÁCTICA DE CULTIVO	ÁREA DE CADA USO DE SUELO (m ²)	%	UMBRAL DE ESCORRENTÍA INICIAL (mm) P_0^i	UMBRAL DE ESCORRENTÍA CONSIDERADO (mm) P_0
Cárcavas	11200	<	-	1,621,678.51	33.7	14	27.34
	12120	<	-	133,906.93	2.8	4	
	14210	<	-	464,215.50	9.7	32	
	21100	<	R/N	1,004,652.19	20.9	21	

CUENCA	CODIGO CORINE	PTE	PRÁCTICA DE CULTIVO	ÁREA DE CADA USO DE SUELO (m ²)	%	UMBRAL DE ESCORRENTÍA INICIAL (mm) P ₀ ⁱ	UMBRAL DE ESCORRENTÍA CONSIDERADO (mm) P ₀
	23100	<	-	98,511.35	2.0	55	
	24410	<	-	242,130.26	5.0	35	
	31140	<	-	1,241,280.21	25.8	47	
Jabalíes	24410	<	-	60,846.75	34.7	35	42.84
	31140	<	-	114,554.80	65.3	47	
Innominado	24410	<	-	85,606.64	48.7	35	41.15
	31140	<	-	90,076.50	51.3	47	
Pozo	24410	>	-	89,476.23	55.4	23	33.71
	31140	>	-	72,064.42	44.6	47	

5. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN

El coeficiente K_T tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación:

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

donde:

K_T Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (adimensional).

t_c tiempo de concentración de la cuenca en horas.

En la siguiente tabla se muestra el coeficiente de uniformidad K_t para cada una de las cuencas en función del tiempo de concentración:

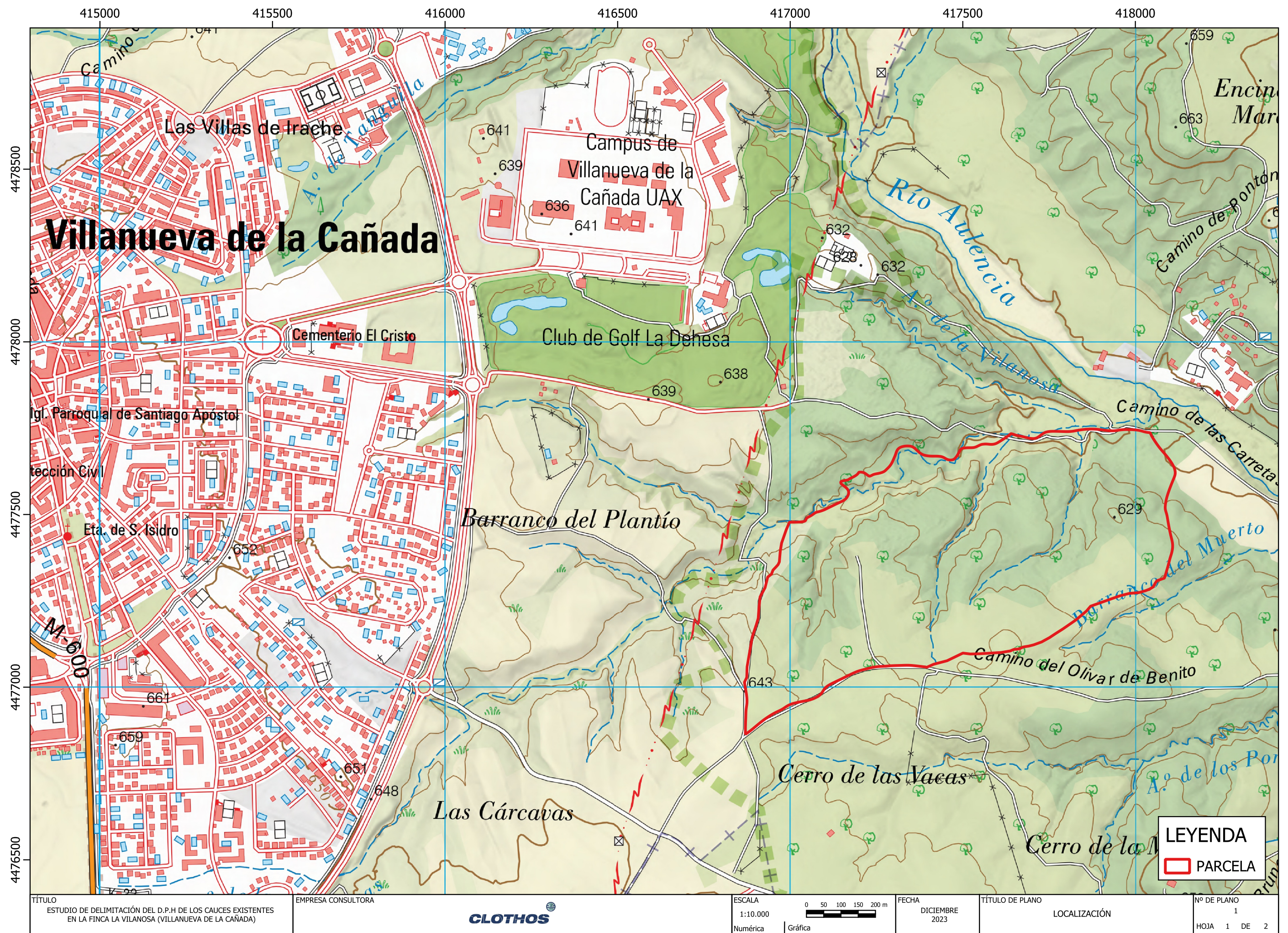
CUENCA	T _c	K _t
Cárcavas	1.983	1.14
Jabalíes	0.495	1.03
Innominado	0.495	1.03
Pozo	0.392	1.02

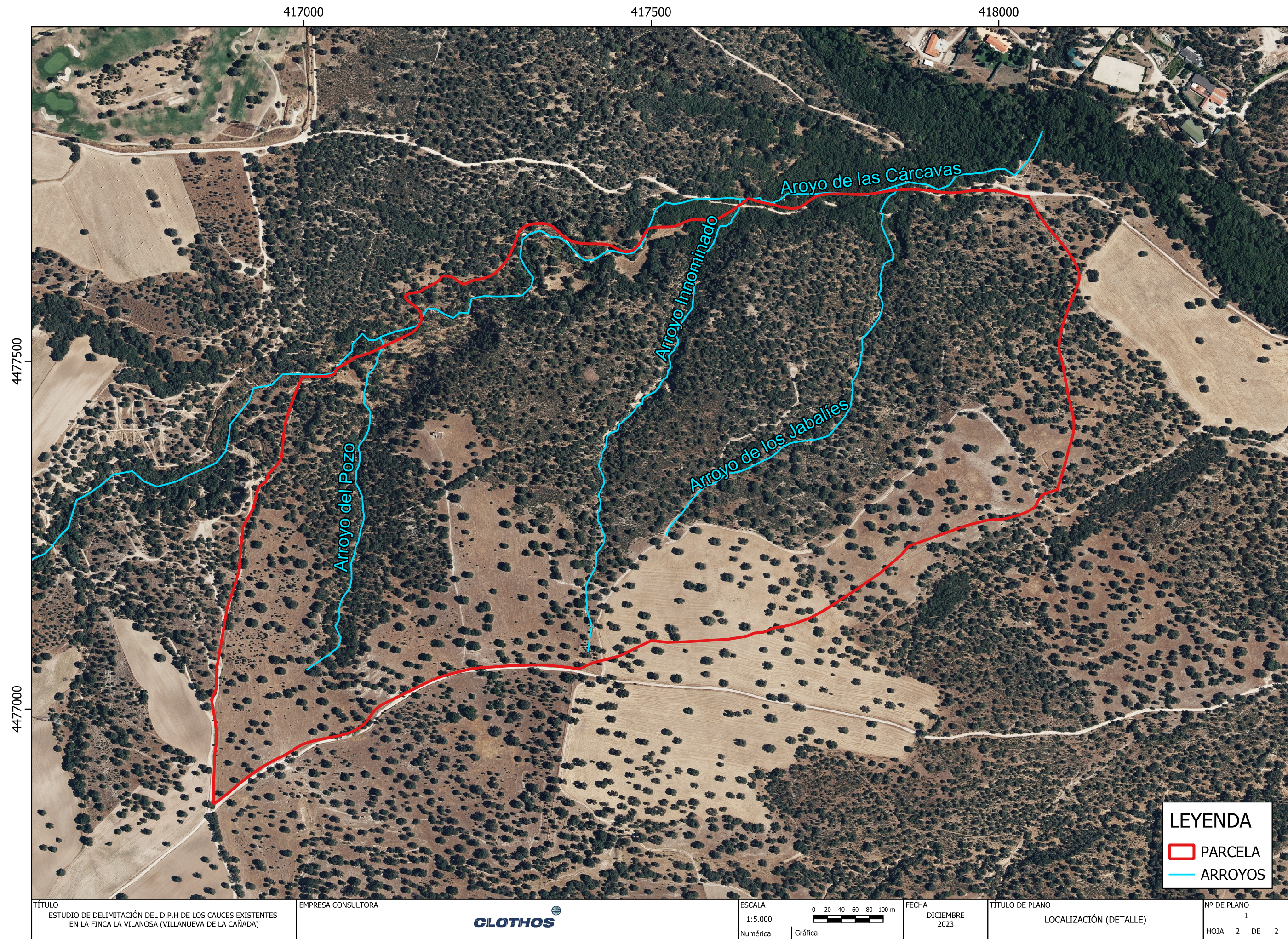
6. CAUDALES DE CÁLCULO

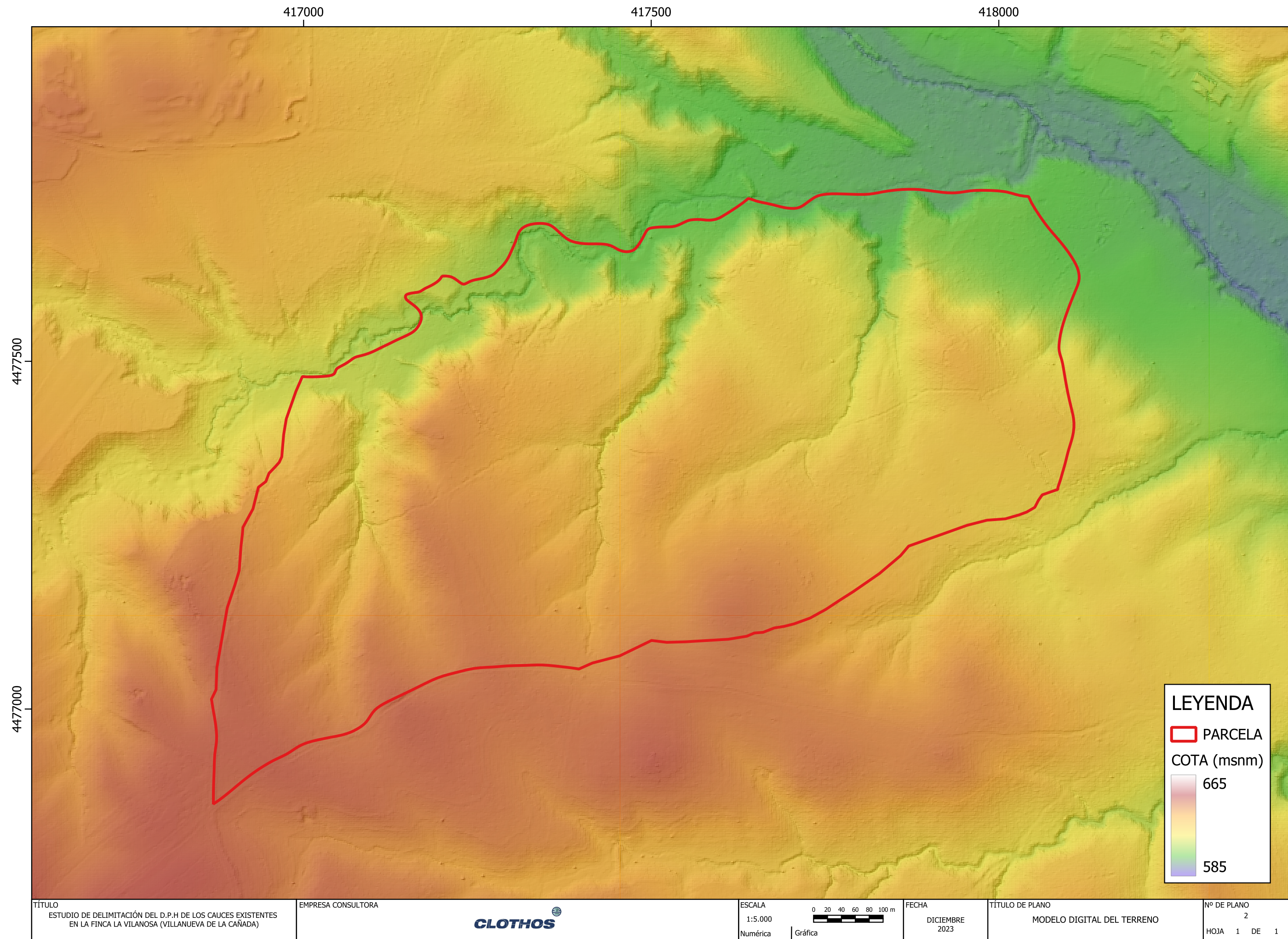
En la siguiente tabla se resumen los caudales para cada uno de los períodos de retorno:

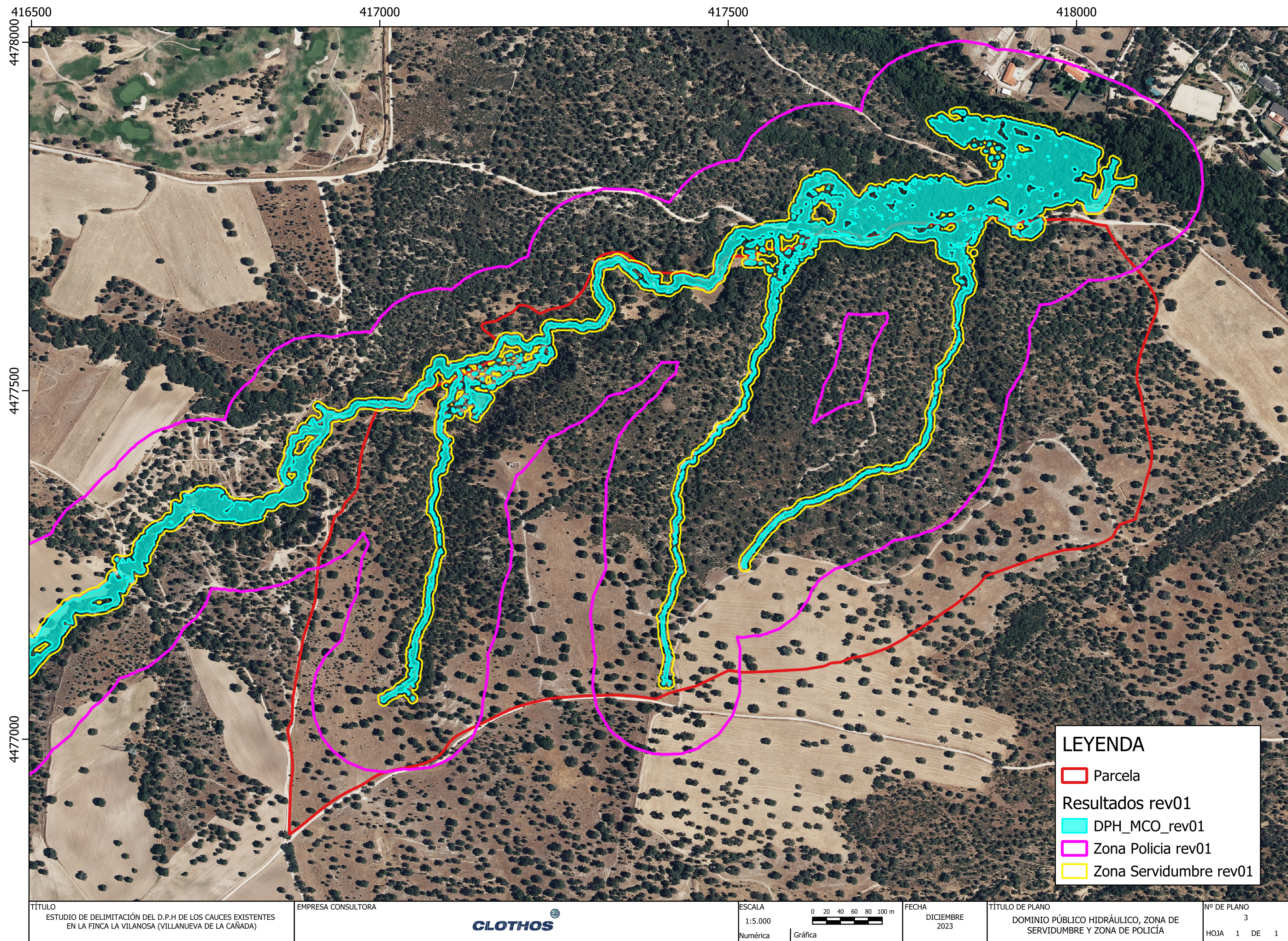
Cuenca	Q (m ³ /s)											
	T=2	T=2,5	T=3	T=4	T=5	T=10	T=20	T=25	T=50	T=100	T=200	T=500
Cárcavas	2,59	2,83	3,25	3,85	4,40	5,92	7,36	7,47	9,05	10,40	12,57	14,66
Jabalíes	0,08	0,09	0,11	0,14	0,17	0,24	0,31	0,32	0,40	0,46	0,57	0,68
Innominado	0,09	0,10	0,12	0,15	0,18	0,26	0,34	0,34	0,42	0,49	0,61	0,72
Pozo	0,15	0,17	0,20	0,24	0,27	0,38	0,48	0,48	0,59	0,68	0,83	0,97

APÉNDICE 2, PLANOS









LEYENDA

- Parcela
- Resultados rev01
 - DPH_MCO_rev01
 - Zona Policia rev01
 - Zona Servidumbre rev01