Av. Andalucía, 189. 29751 Caleta de Vélez. tlf: 654 955 808 - adorado.iccp@gmail.com

energy development

TITULO:

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR: ANTONIO DORADO CALVO INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. COLEGIADO Nº 31.721

FECHA DE REDACCION: DICIEMBRE 2025



Firmado por Antonio Dorado Calvo - I.C.C.P. - Nº Col.: 31.721 - adorado.iccp@gmail.com - 654 955 808

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

Vélez-Málaga, diciembre de 2025

ÍNDICE

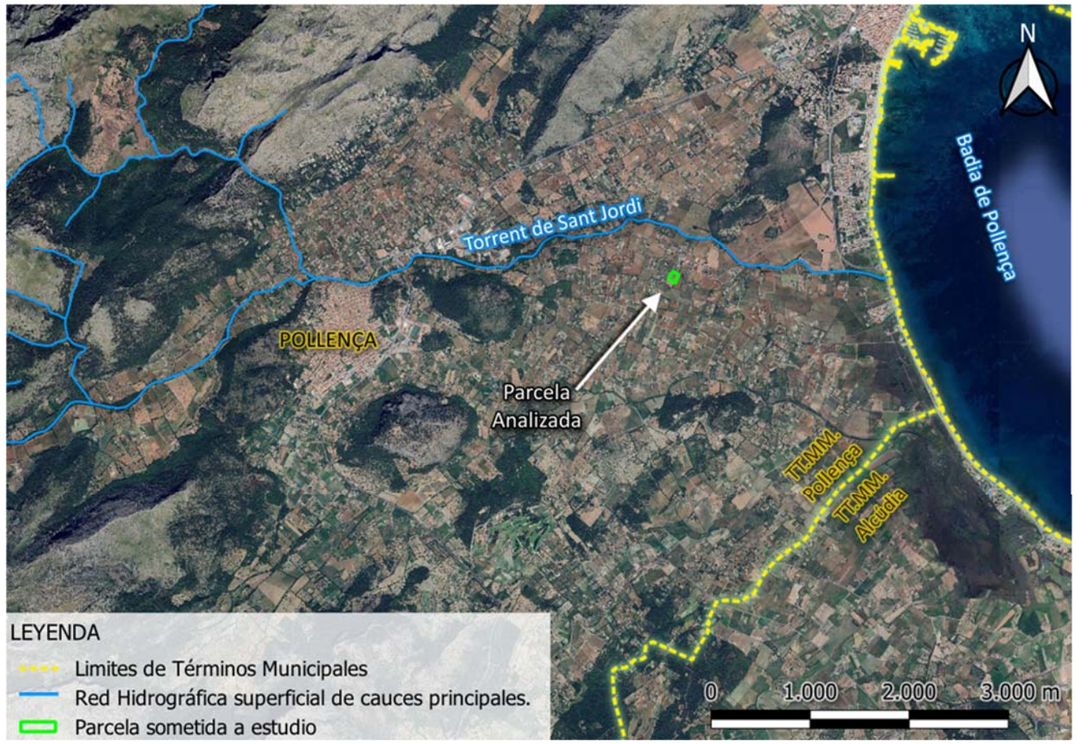
1. INTRODUCCIÓN 3
   1.1 Titular 3
   1.2 Redactor 3
2. CONDICIONANTES LEGALES Y MARCO NORMATIVO 3
   2.1 Normativa general. 3
   2.2 Normativa autonómica (Illes Balears). 3
3. ASPECTOS NORMATIVOS 4
4. PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN Y COMPETENCIAS DE LOS ORGANISMOS DE CUENCA Y ADMINISTRACIONES LOCALES 5
5. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO 5
6. OBJETIVO 6
7. METODOLOGÍA 6
8. DATOS DE PARTIDA Y BIBLIOGRAFÍA 6
9. RED HIDROGRÁFICA SUPERFICIAL DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO 6
10. DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO 8
11. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA RED DE DRENAJE PRINCIPAL 8
   11.1 Consideraciones Generales. 8
   11.1 Máxima Crecida Ordinaria. 8
   11.2 Cartografía. 9
   11.3 Estudio de Cuencas. 10
   11.4 Superficie de la Cuenca y Parámetros Físicos. 10
   11.5 Tiempo de concentración. 11
   11.6 Precipitaciones máximas para distintos períodos de retorno. 11
   11.7 Coeficiente de escorrentía y estimación del umbral de escorrentía. 12
   11.8 Corrección del umbral de escorrentía. 12
   11.9 Intensidad de precipitación. 14
   11.10 Caudales según método 5.2 I.C. 15
12. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA RED DE DRENAJE PRINCIPAL 15
   12.1 Fundamentos del Modelo HEC-RAS. 15
   12.2 Simulación hidrodinámica del cauce. 17
      12.2.1 Cartografía. 17
      12.2.2 Parámetros del Modelo 17
      12.2.3 Asignación Coeficientes de Rugosidad 18
      12.2.4 Condiciones de contorno 20
      12.2.5 Condiciones iniciales 21
      12.2.6 Condiciones internas 21
   12.3 Resultados del modelo hidráulico de la red de drenaje principal en el ámbito de actuación 24
   12.1 Diagnosis de resultados 25
   12.2 Zona de Flujo Preferente 25
13. CONSIDERACIONES FINALES 27
15. ANEXO I: RESUMEN HIDROLÓGICO 28
   15.1 Tiempo de concentración. 28
   15.2 Intensidades medias de precipitación 28
   15.3 Coeficiente de escorrentía 28
   15.4 Caudales. 28
16. ANEXO II: PLANOS 28

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este documento, es el **Estudio Hidrológico e Hidráulico del Torrent de Sant Jordi, a su paso por las Parcela 312, Polígono 3, en el Término Municipal de Pollença (Mallorca)**, a fin de conocer las condiciones de dicho cauce natural, existente en el entorno de la parcela sometida a estudio, y así servir de documentación técnica para el análisis de su posible afección.

La redacción del presente estudio surge del interés del promotor de realizar nuevas instalaciones de almacenamiento energético en la citada parcela, de referencia catastral: 07042A00300312, situada en el municipio de Pollença, la cual se encuentra confinada entre la Badia de Pollença, al este, el bosque de Santuiri al oeste, y las carreteras de carácter secundario MA-2200 y MA-2202 al norte y sur respectivamente, conforme se puede observar en la siguiente ilustración:

Ilustración 1. Planta de situación de parcela sometida a estudio.



Por tanto, resulta indispensable conocer el estado de dicha parcela en materia de inundabilidad, que permita analizar posibles afecciones, soluciones técnicas, en su caso, atendiendo a lo marcado por la normativa vigente, de cara a obtener los permisos necesarios y lograr el objetivo perseguido.

Bajo este contexto, **ODS Innovación Energética 1, S.L.,** que gestiona el proyecto de las nuevas instalaciones mencionados, cuenta con los servicios de Antonio Dorado Calvo para el desarrollo de los trabajos aquí incluidos, y, por consiguiente, es objeto de este documento, del que la presente es su Memoria, ser el Estudio Hidrológico e Hidráulico que arroje los límites administrativos necesarios para realizar los procedimientos pertinentes con la Administración.

1.1 Titular

Se redacta la presente memoria por encargo de **ODS Innovación Energética 1, S.L.,** con Código de Identificación Fiscal **B-44884526** y domicilio social en **Avenida Averroes, 8, mód. 409, 41020 Sevilla.**

1.2 Redactor

Redacta el presente Estudio Hidrológico e Hidráulico, el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Antonio Dorado Calvo, con número de colegiado 31.721.

2. CONDICIONANTES LEGALES Y MARCO NORMATIVO

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

Cualquier omisión aquí de legislación no exime de su obligatoriedad de cumplimiento. Asimismo, la indicación, en su caso, de normativa derogada implicará la obligatoriedad de cumplimiento de la normativa que, aun sin estar explícitamente aquí indicada, la sustituya.

2.1 Normativa general.

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas. (Definición de dominio público hidráulico, cauces, zonas inundables, obligaciones de traslado de estudios de avenidas a las administraciones competentes, etc.).

Reglamento del Dominio Público Hidráulico (modificado): Real Decreto 665/2023, de 18 de julio. Actualiza el Reglamento del DPH y desarrolla criterios sobre delimitación de cauces, zonas de servidumbre y cartografiado de zonas inundables (definición de zonas inundables asociadas a avenidas T=500 años, obligaciones de traslado de estudios a las administraciones, sistema nacional de cartografía, etc.)

Reglamento de la planificación hidrológica: Real Decreto 907/2007 (y sus modificaciones, p. ej. RD 1159/2021, RD 1161/2010 según proceda). NORMAS SOBRE IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE MASAS DE AGUA SUPERFICIAL y uso de SIG para delimitaciones.

Directiva 2007/60/CE (evaluación y gestión del riesgo de inundación). Marco obligatorio para la elaboración de la evaluación preliminar, mapas de peligrosidad y riesgo, y planes de gestión del riesgo de inundación. (Obliga a coordinar mapas y planes nacionales / autonómicos y a integrar la cartografía de riesgos en la planificación).

Plan Hidrológico de ámbito estatal y planes de demarcación: a nivel de ejecución, las determinaciones concretas para Mallorca se encuentran en el **Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears (PHIB, ciclo 2022–2027)** aprobado por **Real Decreto 49/2023, de 24 de enero** — este es el instrumento de planificación hidrológica aplicable a Mallorca (caudales de referencia, masas de agua, medidas, áreas de riesgo potencial significativo, etc.). Para cualquier estudio en Pollença se deberán consultar y aplicar las prescripciones y caudales del PHIB.

2.2 Normativa autonómica (Illes Balears).

- **Plan Hidrológico de les Illes Balears (PHIB) 2022–2027 (aprobado RD 49/2023).** Es el plan hidrológico que contiene la caracterización de masas, caudales de referencia y medidas de gestión aplicables en la demarcación de les Illes Balears; las determinaciones hidrológicas del PHIB son esenciales para la justificación técnica (caudales, ARPSIs, mapas de peligrosidad).
- **Portal del Aigua – Normativa y cartografía de les Illes Balears (CAIB).** El Govern de les Illes Balears (CAIB) gestiona la información sobre evaluación y gestión del riesgo de inundación en el territorio autonómico: mapas de peligrosidad/riesgo, mapa d'episodis d'inundacions (historical episodes 2018–2024), documentación para ARPSIs y directrices autonómicas.

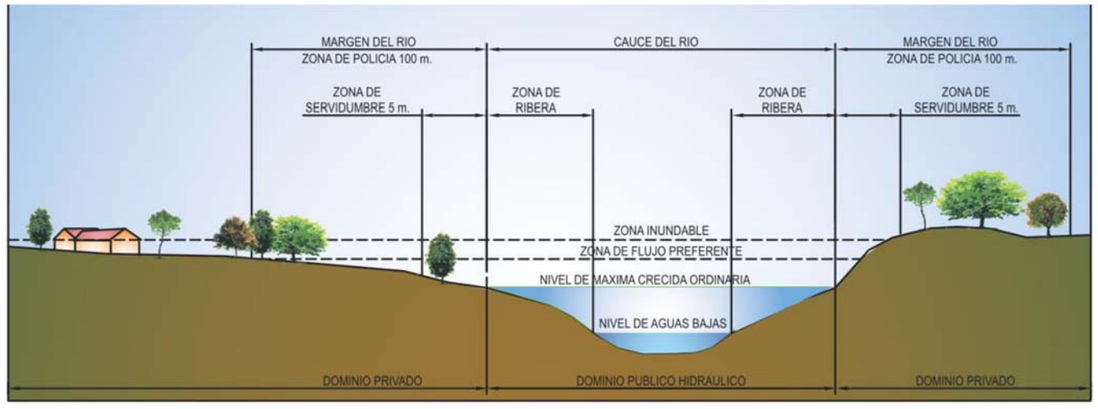
- **Pla Especial de Protecció Civil davant el Risc d'Inundacions (INUNBAL).** Instrument autonòmic de protecció civil frente a inundaciones en Illes Balears; su articulado y protocolos (activación de fases, medidas de emergencia y coordinación) son relevantes para la evaluación de riesgo, planificación de medidas y coordinación con Protecció Civil.
- **Ordenación del territorio insular (Consell de Mallorca – PTI / PTIM) y normativa autonómica complementaria**. Los instrumentos de ordenación territorial de Mallorca (normas del Pla Territorial Insular de Mallorca — PTIM/Normes d'ordenació) y las políticas autonómicas sobre usos del suelo incorporan mapas de riesgo que condicionan usos en zonas inundables.

3. ASPECTOS NORMATIVOS

Por su propia naturaleza, el problema de las inundaciones es de gran complejidad, viéndose afectado por cuestiones hidrológicas, meteorológicas, territoriales, socioeconómicas y medioambientales. Ante cualquier actuación se deberán tener en cuenta, en la medida que corresponda su aplicación en cada caso, los preceptos relativos a:

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

Ilustración 2. Zonificación del espacio fluvial.



El **Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears (PHIB) 2022–2027** y la **revisión/actualización del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) de la misma demarcación** constituyen la base técnica y normativa para la identificación de zonas de riesgo, la definición de medidas de prevención y las limitaciones de uso en zonas inundables en el municipi de **Pollença (Mallorca)**. Estos instrumentos, junto con el Texto Refundido de la Ley de Aguas y la normativa estatal sobre dominio público hidráulico, determinan los criterios de compatibilidad de usos y las medidas de protección aplicables al caso concreto.

En particular, y sin perjuicio de las determinaciones específicas que puedan establecer el **Govern de les Illes Balears**, el **Consell de Mallorca** o el **Ajuntament de Pollença**:

1. Durante la vigencia del Plan Hidrológico de la Demarcación, para la gestión del riesgo de inundación y la regulación de usos en zonas inundables serán de aplicación, con carácter preferente, el **Texto Refundido de la Ley de Aguas (R.D. Legislativo 1/2001, de 20 de julio)**, el **marco regulatorio para la gestión del riesgo de inundación (Real Decreto 903/2010)**, el Reglamento del Dominio Público Hidráulico y el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación correspondiente a la demarcación, así como el resto de normativa estatal, autonómica y local aplicable. En todo caso, los actos administrativos y autorizaciones deberán respetar las determinaciones y medidas derivadas del PHIB y del PGRI de les Illes Balears.

2. **Ámbitos con estudio hidrológico-hidráulico local (p. ej. en Pollença).**

   a) En tramos de cauce o zonas donde exista **estudio hidrológico e hidráulico** (documento técnico debidamente justificado y suscrito por técnico competente) pero no se haya formalizado administrativa y gráficamente la delimitación de la **zona de flujo preferente**, la aplicación de la regulación de usos deberá apoyarse en dicho estudio y, con carácter supletorio y preventivo, en delimitaciones basadas en avenidas con periodos de retorno que garanticen la seguridad de personas y bienes. Habitualmente se considerarán, como referencia mínima, avenidas con **T = 100 años** y **T = 500 años** para valorar vulnerabilidad y medidas, salvo que el organismo de cuenca o la normativa aplicable establezcan otros criterios técnicos distintos.

   b) Cuando se empleen delimitaciones derivadas de estudios locales, estas deberán ponerse en correspondencia con la cartografía oficial disponible —en particular la incluida en el **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)**— y con la cartografía insular/municipal (Consell de Mallorca / Ajuntament de Pollença), a fin de asegurar coherencia entre las diferentes escalas cartográficas y administrativas.

3. **Condiciones para autorizaciones excepcionales o nuevas implantaciones en suelos urbanizados o parcelas afectadas por riesgo de inundación (en Pollença):** cualquier autorización excepcional para usos industriales, de servicios, o infraestructuras deberá justificar técnicamente, como mínimo, que:
   a) No incrementa la vulnerabilidad de personas o bienes frente a avenidas, acreditando medidas de diseño constructivo y operativas (cimientos o plataformas elevadas, estanqueidad de elementos críticos, refuerzos estructurales, etc.).
   b) No aumenta la inundabilidad en el entorno ni aguas abajo, ni dificulta las medidas de defensa hidráulica. Esta exigencia deberá documentarse mediante **estudios hidrológicos e hidráulicos comparativos (estado previo / estado proyectado)** en los que se modelicen los caudales y las láminas de agua para los periodos de retorno relevantes y se analicen efectos aguas arriba y aguas abajo.

   c) Se implantan medidas de autoprotección y operatividad (accesos seguros, planes de evacuación, protección y elevación de elementos críticos para periodos de retorno elevados —por ejemplo hasta T = 500— mediante elevación, barreras, sistemas de estanqueidad o alternativas funcionales), y se garantiza la continuidad de servicios esenciales y la posibilidad de intervención en emergencias.

4. **Cartografía como referencia técnica vinculante.** Los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación aprobados para la demarcación (incorporados al SNCZI) y la cartografía insular/municipal que resulte aplicable en el municipio de **Pollença** constituirán la base técnica para valorar la viabilidad de proyectos y fijar las condiciones que deban imponerse en cualquier autorización, licencia urbanística o trámite de compatibilidad sectorial. En supuestos en que exista discordancia entre cartografías (ej. cartografía municipal vs. mapas del PGRI/SNCZI), la resolución deberá motivarse técnica y jurídicamente, priorizando las determinaciones más protectoras para personas y bienes hasta que se alcance una revisión o actualización cartográfica oficial.

4. PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN Y COMPETENCIAS DE LOS ORGANISMOS DE CUENCA Y ADMINISTRACIONES LOCALES

Por otra parte, centrado el marco normativo que atañe a este caso concreto, es necesario establecer los protocolos de actuación de las distintas administraciones, en relación a sus competencias. Así, se hace uso 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**.

Se exponen, a continuación, las dos siguientes tablas resumen que establecen las potestades de la Administración en función de la zona de que se trate:

Ilustración 3. Competencia de los Organismos de Cuenca en función de la Zona de que se trate en la que se plantea el desarrollo.

Zona	Competencia de los Organismos de cuenca (administraciones hidráulicas)	Observaciones
Dominio Público Hidráulico *(superficie inundada en máximas crecidas ordinarias)*	Delimitación y autorización de cualquier actividad que en los términos del TRLA quiera ejecutarse.	Solo pueden autorizarse actuaciones para aprovechamiento del agua o que no afecten a terceros. (art. 50 y 51 TRLA)
Zona de policía (ZP) *(100 metros a cada lado del dph)*	Autorización de las actividades que fija el artículo 9 del RDPH que, en general, son las que puedan suponer obstáculos para la corriente en régimen de avenidas o que puedan ser causa de deterioro del estado del dph. Los OOCC emitirán informe en los términos del artículo 25 del TRLA, teniendo en cuenta, junto con la disponibilidad de agua y afecciones a la calidad del agua, las limitaciones de usos del suelo establecidas para la ZFP y para la zona inundable.	Normativa ya incluida en la redacción inicial de la Ley de Aguas de 1985 y completada en el texto refundido de la Ley de Aguas de 2001 (modificado por la Ley 11/2005).
Zona de flujo preferente (ZFP) *(ancho variable en función de la zona inundable de 100 años)*	Sólo podrán ser autorizadas por los OOCC en ZP aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dichas zonas, en los términos previstos en los artículo 9 bis, 9 ter y 9 quater del RDPH. Si la ZFP es de mayor extensión que la ZP los OOCC emitirán igualmente informe en los términos del artículo 25.4 del TRLA. Los OOCC pueden ampliar la ZP para incluir la ZFP, tramitando un expediente con información pública (art 9.3 del RDPH). Solo en este caso, tendrán que autorizar los usos en la ZFP más allá de los 100 metros de la ZP.	Introducida por modificación al RDPH en el año 2008 y completada en 2016. La modificación de los límites de la zona de policía solo podrá ser promovida por la Administración General del Estado, autonómica o local.
Zona inundable (500 años)	Los OOCC fuera de la ZP y ZFP no tienen competencias para autorizar ninguna actuación. Únicamente emiten informe al planeamiento según el 25.4 del TRLA que vele por el cumplimiento de la normativa de aguas.	Este informe no será necesario para los actos o planes derivados si el correspondiente planeamiento ha sido informado ya por el Organismo de cuenca y ha recogido las oportunas previsiones formuladas al efecto.

Obsérvese que los OOCC, fuera de Zona de Policía y Zona de Flujo Preferente no tienen competencias para autorizar ninguna actuación. Sólo emiten informe al planeamiento.

Ilustración 4. Autorizaciones e Informes por parte de los OOCC en función de las Zonas donde se plantea el desarrollo.

Zona	Autorización por parte del OC en zona de policía (artículo 6 del TRLA)	Informe del OC sobre planeamiento urbanístico (artículo 25.4 del TRLA)
1: Zona de flujo preferente dentro zona de policía.	Sí es necesaria. Se informa conforme a los artículos 9 bis, 9 ter o 9 quater.	Se informa conforme a los artículos 9 bis, 9 ter o 9 quater. Régimen de corrientes: si se aumenta el tamaño de la ZFP será desfavorable.
2: Zona inundable dentro de zona de policía.	Sí es necesaria. Se informa conforme al artículo 14 bis.	Se informa conforme al artículo 14 bis.
3: Zona de flujo preferente fuera de zona de policía.	No es necesaria. Si se solicita autorización al OC se comunicará que no es necesaria y se analizará el caso advirtiendo de la viabilidad o no de la actuación.	Si se prevé un uso incorrecto del suelo conforme a los artículos 9 bis, 9 ter o 9 quater se advertirá en el informe. Régimen de corrientes: si se aumenta el tamaño de la ZFP será informe desfavorable.
4: Zona inundable fuera de zona de policía.	No es necesaria. Si se solicita autorización al OC se comunicará que no es necesaria y se analizará el caso advirtiendo de la viabilidad o no de la actuación.	Si se prevé un uso incorrecto del suelo conforme al artículo 14 bis se advertirá en el informe.

Véase que, fuera de cualquier Zona Inundable no resultaría necesario solicitar autorización al O.C.

5. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

Tal y como se ha indicado anteriormente, la parcela objeto de análisis, de referencia catastral: 07042A00300312, se ubica al este del Término Municipal del municipio de Pollença, concretamente a unos 3km de su núcleo, y se encuentra confinada entre la Badia de Pollença, al este, el bosque de Santuiri al oeste, y las carreteras de carácter secundario MA-2200 y MA-2202 al norte y sur respectivamente.

Ilustración 5. Situación del ámbito analizado.

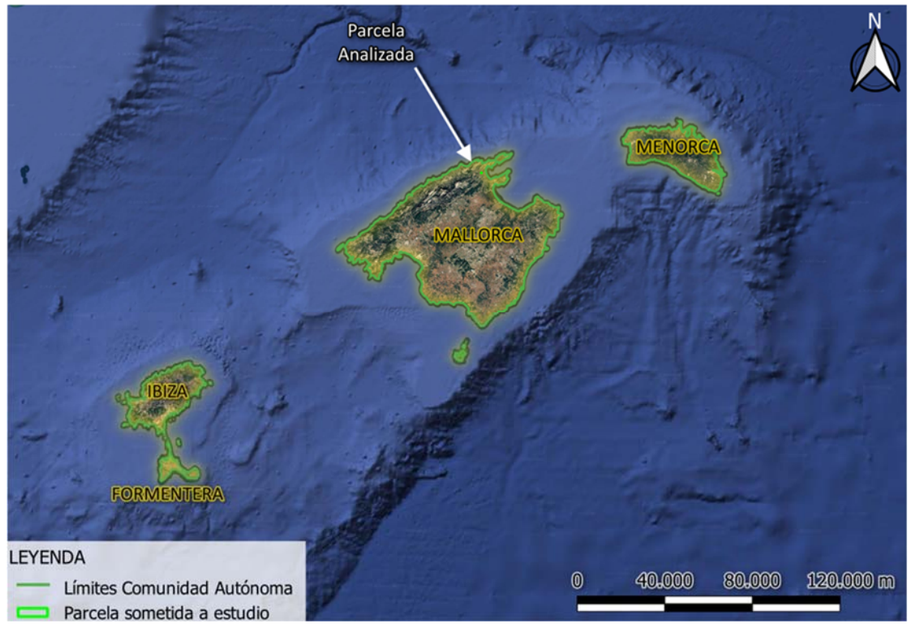
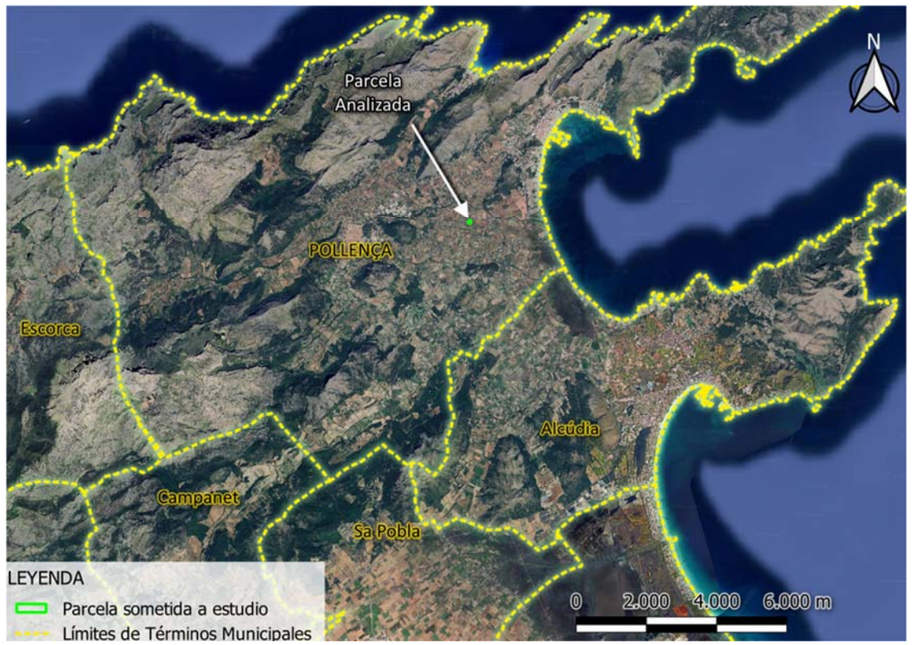


Ilustración 6. Situación del ámbito analizado.



6. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio es efectuar la caracterización hidrológica e hidráulica del entorno de las parcelas, para poder estimar el comportamiento del flujo y las afectaciones de inundación que pueden producir las crecidas estimadas, y de ahí servir de base para el marcaje de los límites administrativos.

Esta caracterización consiste en:

- Identificación de la red hidrográfica en el ámbito de estudio.
- Análisis de la interferencia entre la red hidrográfica y la instalación.
- Determinación del procedimiento de estudio más apropiado.
- Delimitación de las cuencas de escorrentía correspondientes a la red de drenaje.
- Caracterización hidrogeológica de las cuencas de escorrentía consideradas.
- Caracterización pluviométrica en las cuencas de escorrentía consideradas.
- Modelización hidráulica para el análisis del comportamiento del flujo superficial en el ámbito de la instalación.

7. METODOLOGÍA

La metodología a seguir es la siguiente:

- A partir de los datos de partida de terreno se procederá a la creación de su modelo digital en torno al ámbito sometido a estudio, a partir del cual, mediante la aplicación de herramientas GIS, se generará la red de drenaje del entorno y las cuencas vertientes que intervienen.
- Se analizará tanto las dimensiones de las mencionadas cuencas, como la interacción de esta red de drenaje con los límites del ámbito de las parcelas, de modo que como resultado de este análisis se establecerá cuál es el proceso más adecuado para el estudio hidrológico e hidráulico.
- Seguidamente se procederá a la caracterización en base a sus características fisiográficas y pluviométricas.
- A continuación, se procederá a establecer el ámbito y procedimiento del análisis hidráulico del ámbito que permita caracterizar el comportamiento del flujo en toda la extensión del mismo. Esta caracterización del comportamiento del flujo se realizará mediante el desarrollo de un modelo hidráulico.

Este análisis se efectuará para escenarios de recurrencia correspondientes a **10**, **100** y **500** años de periodo de retorno, de manera que se obtendrán las superficies inundables en cada escenario en el ámbito de la citada parcela.

8. DATOS DE PARTIDA Y BIBLIOGRAFÍA

Para la realización del presente estudio se parte de las siguientes fuentes de información:

- Sede Electrónica de Catastro.
- Fotogramas y ortofotografías de vuelos:
  - PNOA MÁXIMA ACTUALIDAD.
  - Google Maps y Google Earth
- Modelos Digitales de Elevaciones:
  - MDT02 PASO DE MALLA DE 2X2 (Instituto Geográfico Nacional).
  - Nubes de puntos LIDAR.
- Red Hidrográfica Superficial:
  - Mapa Topográfico de España (1:25.000) (IGN).
  - Visualizador de Información Geográfica de Referencia de Hidrografía (Instituto Geográfico Nacional) y fuentes de la Administración General del Estado (Dirección General del Agua DGA, Instituto Hidrográfico de la Marina IHM, etc.).
  - Visor de l'Aigua – Direcció General de Recursos Hídrics (Conselleria de la Mar i del Cicle de L'Aigua).
  - Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) – Inventario de presas y embalses (IPE) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
  - El Centro de Descargas (CdD) - Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) desde donde se han descargado ficheros digitales de carácter geográfico generados por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Usos de suelo
  - Mapa ocupación suelo Corine Land Cover 2018.
- CauMax (Mapa de caudales máximos).

También se ha tomado en consideración la siguiente bibliografía:

- Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras (2018).
- Estimación de la intensidad máxima para una duración y período de retorno determinados en la España peninsular.
- Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

9. RED HIDROGRÁFICA SUPERFICIAL DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO

La zona de estudio se ubica dentro de la **Demarcación Hidrográfica Islas Baleares**. Concretamente, se sitúa en el ámbito hidrológico del Torrent de Sant Jordi. El Instituto Geográfico Nacional dispone de información vectorial de los elementos hidrográficos. Entre toda ella, es de interés la red de principales cursos fluviales.

El Instituto Geográfico Nacional dispone de información vectorial de los elementos hidrográficos, siendo, de entre toda ella, la de mayor interés, la red de principales cursos fluviales. Pues bien, según esta fuente de información, la zona analizada no es interceptada por ningún cauce principal, siendo el más cercano, el Torrent de Sant Jordi, a unos 400m de distancia, tal y como se muestra a continuación.

Cabe destacar que existe información oficial disponible sobre estudios de zonas inundables. En cumplimiento de la Directiva 2007/60/CE relativa a la evaluación y gestión del riesgo de inundación, el organismo estatal competente ha desarrollado el **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)** como instrumento de apoyo a la gestión del espacio fluvial, la prevención del riesgo, la planificación territorial y la transparencia administrativa.

El SNCZI reúne y visualiza los estudios de zonas inundables elaborados por la Administración General del Estado y por las Comunidades Autónomas. En la consulta a su visor, se ha comprobado que, para el tramo objeto de este estudio, no existe lamina de inundación delimitada incorporada a la cartografía de referencia del proyecto. En contrapartida, el **Visor de l'Aigua** del Govern de les Illes Balears muestra una mancha de inundación que alcanza, por unos pocos metros, la parcela analizada en escenario de **baja probabilidad/excepcional** (periodo de recurrencia ≈ **T = 500 años**), con profundidades muy reducidas según la simbología del visor (orden de centímetros, aproximadamente 0,1–0,3 m).

En contraste, como se verá más adelante, este estudio hidrológico-hidráulico, realizado con la metodología y los datos detallados, no detecta inundación sobre la parcela objeto de análisis, quedándose la lámina de inundación colindante a su perímetro, tal y como se puede ver en epígrafes posteriores. Esta discrepancia entre la cartografía del visor y los resultados del modelado local puede obedecer a diferencias en la resolución del Modelo Digital del Terreno (MDT), en las condiciones de contorno y calibración, en las hipótesis de caudal empleadas, en la inclusión o modelización de elementos de infraestructura (puentes, desagües, canales) o en la consideración de escenarios climáticos.

Por tanto, y sin perjuicio de la potestad de la Administración competente para adoptar decisiones o exigir matizaciones, se propone:

1. Considerar la cartografía del SNCZI y del Visor de l'Aigua como referencia preventiva y de carácter indicativo.
2. Basar la evaluación técnica de inundabilidad de la parcela en el presente estudio hidrológico-hidráulico local, que incorpora modelado detallado y justificación de supuestos.
3. Recomendar, si la administración lo estima preciso, medidas de carácter preventivo y de autoprotección proporcionales al riesgo residual.

Finalmente, se advierte que la decisión administrativa sobre la consideración vinculante de la cartografía del SNCZI o del Visor de l'Aigua corresponde a las autoridades competentes (Govern de les Illes Balears / Consell de Mallorca / Ajuntament), por lo que este informe aporta la fundamentación técnica para la valoración y, en su caso, para la tramitación de las autorizaciones pertinentes.

Ilustración 7. Ubicación del ámbito de estudio en su Demarcación Hidrográfica.

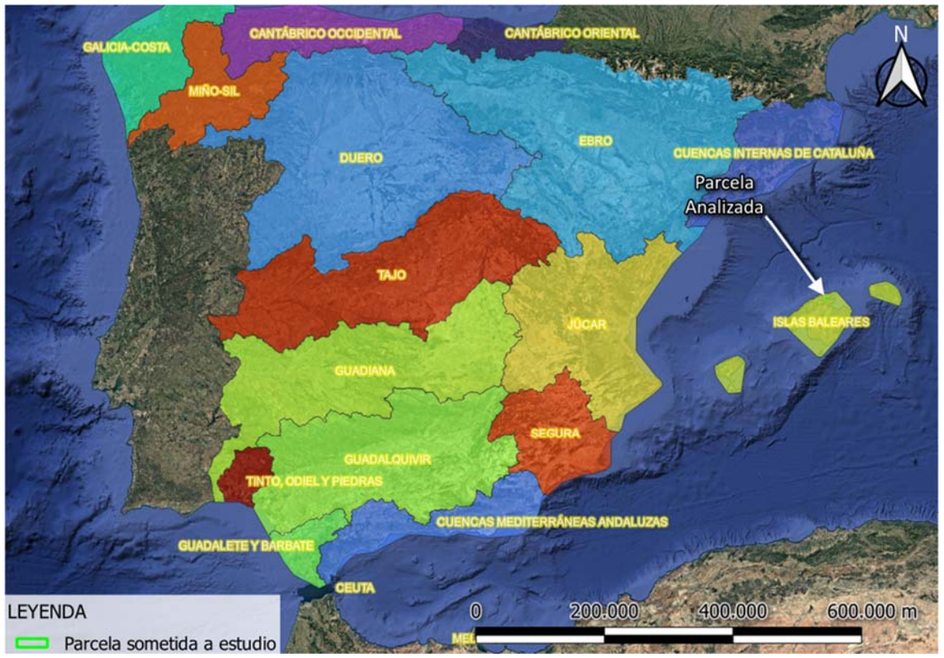


Ilustración 8. Red de drenaje principal en el ámbito de estudio (fuente: CNIG).

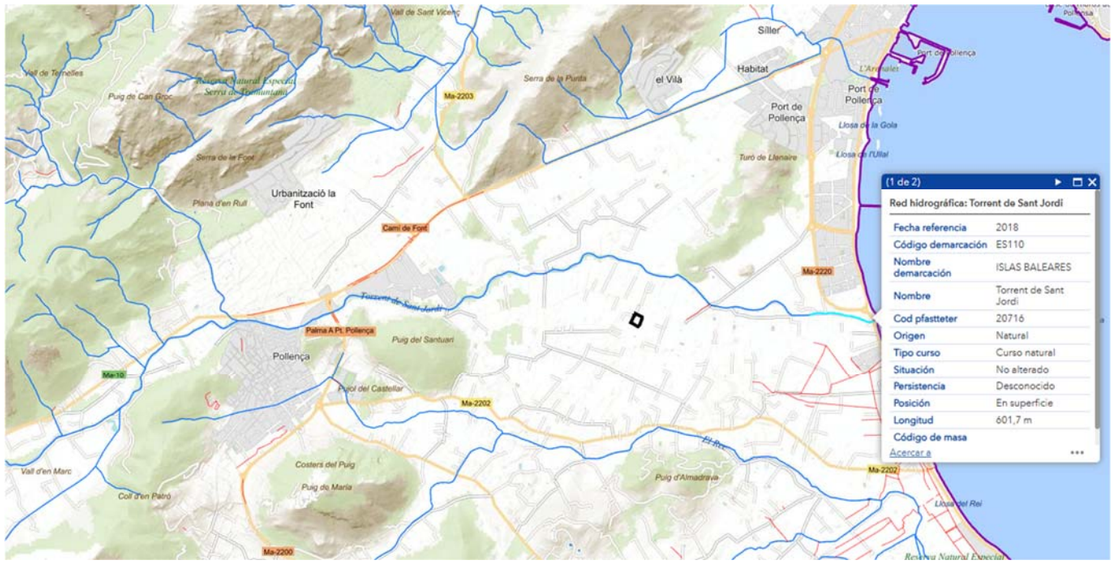
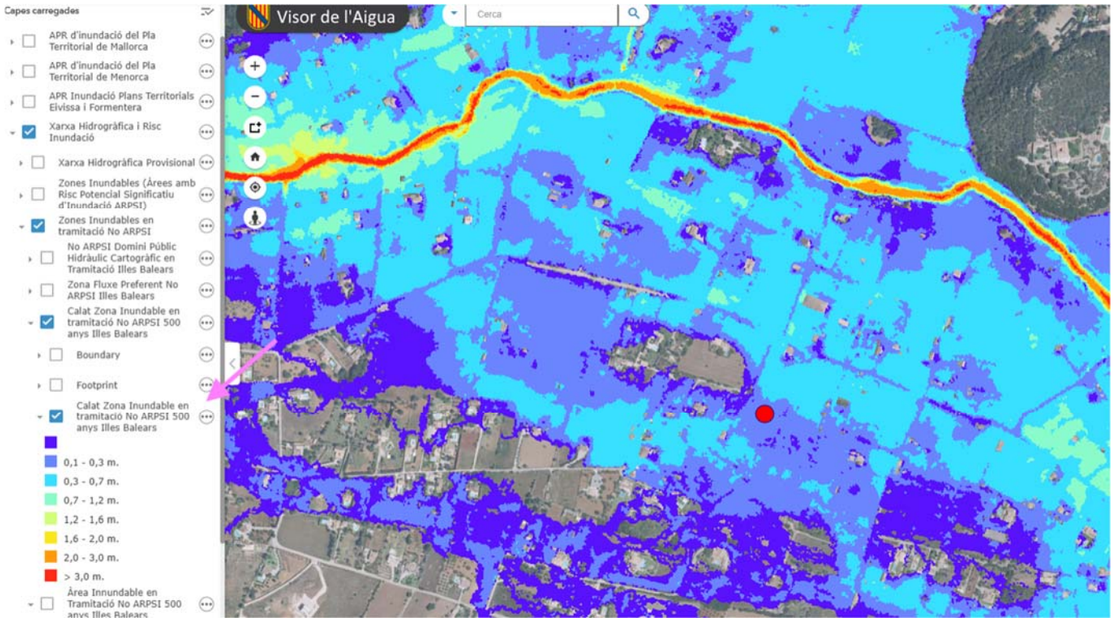


Ilustración 9. Lámina de inundación para T=500 años – parcela simbolizada con punto rojo (fuente: Visor de l'Aigua).



10. DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO

Se plantea el siguiente desarrollo del estudio:

- **Estudio hidrológico** del eje de la red de drenaje principal. El objeto es caracterizar, a nivel hidrogeológico y pluviométrico, sus cuencas asociadas y así establecer los caudales de escorrentía que cada una de ellas aportará al citado ámbito.
- **Análisis hidrológico-hidráulico** en base a una modelización combinada hidrológica-hidráulica en la que se considera la cuenca de aportación de caudales correspondiente a la red de drenaje principal mencionada.

11. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA RED DE DRENAJE PRINCIPAL

El estudio o caracterización hidrológica tiene por objetivo la delimitación, identificación y caracterización morfológica, hidrológica y pluviométrica, de las vertientes asociadas a la red de drenaje que interfiere directamente con la extensión sometida a análisis.

El análisis hidrológico constituye la base sobre la que se construyen las condiciones de contorno del modelo hidráulico. En este apartado se justifica la elección de caudales de entrada, su distribución temporal y espacial, así como las limitaciones derivadas de los datos disponibles.

Los cauces que se examinan en el presente documento son:

- Torrent de Sant Jordi.

El caudal máximo anual correspondiente a un determinado período de retorno *QT,* se debe determinar a partir de la información sobre caudales máximos que proporcione la Administración Hidráulica competente. En caso de no disponer de dicha información, se debe calcular a través de las diferentes metodologías establecidas en la Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras, publicada en el B.O.E el martes 05 de junio de 2018.

A los efectos de esta norma se consideran los siguientes métodos de cálculo de caudales:

- **Racional**: Supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie. No tiene en cuenta:
  - Aportación de caudales procedentes de otras cuencas o trasvases a ellas.
  - Existencia de sumideros, aportaciones o vertidos puntuales, singulares o accidentales de cualquier clase.
  - Presencia de lagos, embalses o planas inundables que puedan producir efecto laminador o desviar caudales hacia otras cuencas.
  - Aportaciones procedentes del deshielo de la nieve u otros meteoros.
  - Caudales que afloren en puntos interiores de la cuenca derivados de su régimen hidrogeológico.

Cuando se aplique el método racional se debe comprobar que ninguno de estos factores pueda resultar relevante.

- **Estadístico**: Se basa en el análisis de series de datos de caudal medidos en estaciones de aforo u otros puntos. Dichas series se pueden complementar con datos sobre avenidas históricas.
- **Otros métodos hidrológicos**: que deben ser adecuados a las características de cada cuenca.

La elección del método de cálculo más adecuado a cada caso concreto debe seguir el siguiente procedimiento:

- En cuencas de área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados (A < 50 km2):
  - Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica.
  - Si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos se debe aplicar el método racional.
- En cuencas de área superior o igual a cincuenta kilómetros cuadrados (A ≥ 50 km2):
  - Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica.
  - Si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos:
    - Cuando existan estaciones de aforo próximas, que se consideren suficientemente representativas, se utilizará el método estadístico.
    - Cuando los caudales no puedan estimarse a partir de estaciones de aforo, se deben aplicar métodos hidrológicos adecuados a las características de la cuenca, que se deben contrastar con la información de que se disponga sobre caudales de avenida. En la realización de estos estudios se tendrá en cuenta la información disponible sobre avenidas históricas o grandes eventos de precipitación.

Bajo el escenario del presente Estudio, se puede afirmar que, el anterior cauce tiene una superficie de cuenca vertiente menor de 50 km2.

Por su parte, no se ha encontrado información de caudales máximos en ninguna fuente de la administración. Por consiguiente, atendiendo a lo dictado por la citada Norma 5.2-IC, utilizará el citado **Método Racional** para obtener los caudales de cálculo.

Por tanto, en el presente apartado se desarrolla el proceso de cálculo de caudales de la cuenca identificada anteriormente, mediante la aplicación del Método Racional descrito en la Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras, publicada en el B.O.E el martes 05 de junio de 2018.

11.1 Consideraciones Generales.

A los efectos de la citada norma, se ha considerado el siguiente método de cálculo de caudales:

Método Racional: Supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie.

No tiene en cuenta:

- Aportación de caudales procedentes de otras cuencas o trasvases a ellas.
- Existencia de sumideros, aportaciones o vertidos puntuales, singulares o accidentales de cualquier clase.
- Presencia de lagos, embalses o planas inundables que puedan producir efecto laminador o desviar caudales hacia otras cuencas.
- Aportaciones procedentes del deshielo de la nieve u otros meteoros.
- Caudales que afloren en puntos interiores de la cuenca derivados de su régimen hidrogeológico.

A la vista de las características de la zona de estudio, por su orografía, hidrografía y tras las visitas realizadas a la zona de estudio se ha podido comprobar que ninguno de estos puede resultar relevante, por lo que se puede aplicar el Método Racional.

La elección del método de cálculo racional como el más adecuado para la zona de estudio queda reforzado debido a que la cuenca analizada tiene un área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados (A < 50 km²).

11.1 Máxima Crecida Ordinaria.

El artículo 4 de la Ley de Aguas establece que el **caudal de la máxima crecida ordinaria** es 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

Como método empírico para la obtención del período de retorno característico de la M.C.O. ha sido consultada la publicación del CEDEX en sus Jornadas Técnicas sobre Caudales Máximos en donde se divide la península en regiones con homogeneidad estadística. No obstante, cabe señalar que para las Islas Baleares no hay información a este respecto, por lo que, siendo conservadores, se ha estimado fijarla en 10 años.

Teniendo en cuenta que, tras un análisis de la covarianza en el resto de regiones de la península, esta publicación propone

estimar el período de retorno asociado a la Máxima Crecida Ordinaria el producto siguiente:

$$T_{MCO} = 5 \times C_v$$

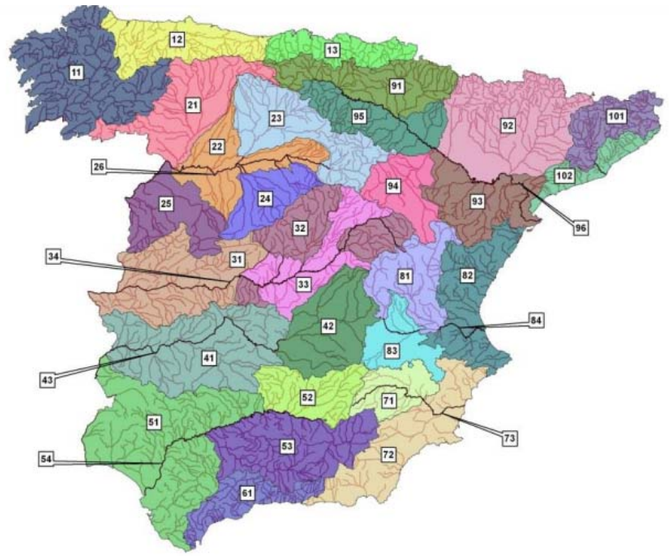
Y ninguna de las citadas regiones quedan por debajo de 7 años de Periodo de Retorno, es de esperar que, con las condiciones pluviométricas de la zona sometida a estudio, asociando un Periodo de Retorno de 10 años para la M.C.O. significaría adoptar un punto de vista conservador.

Además, siguiendo las recomendaciones y criterios expuestos en los "Aspectos a tener en cuenta para la redacción de estudios hidrológicos e hidráulicos destinados a las diferentes figuras del planeamiento", se establece el Dominio Público Hidráulico a partir del caudal asociado al **periodo de retorno de 10 años**, posicionándonos más si cabe del lado de la seguridad. Así pues, este ha sido el periodo considerado para tal limite administrativo.

Ilustración 10. Tabla con los valores estimados de Cv y TMCO para cada una de las regiones estadísticas consideradas.

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

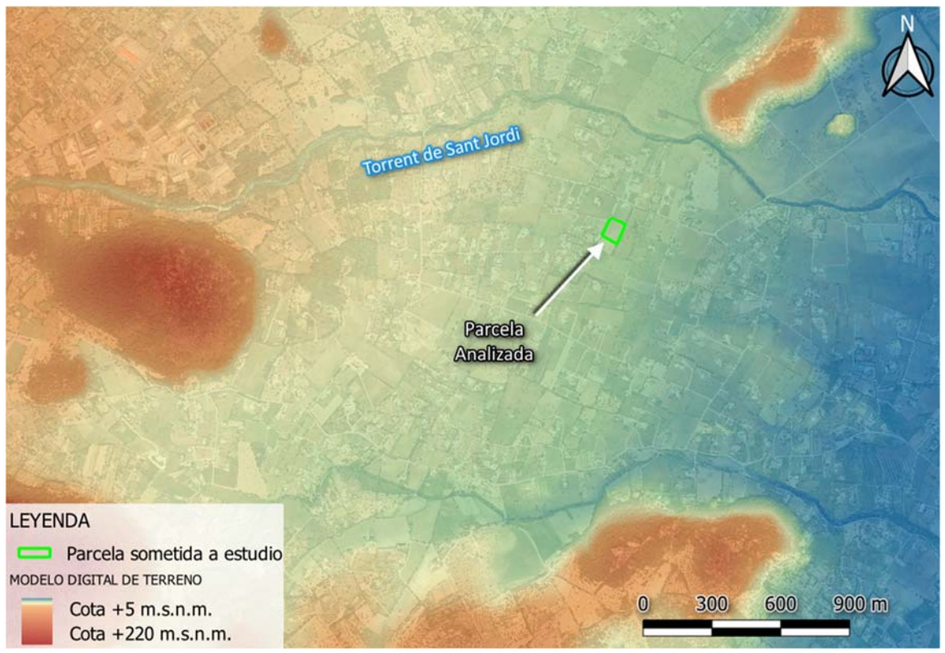
Ilustración 11. Mapa regional con homogeneidad estdística.



11.2 Cartografía.

La cartografía empleada en la obtención de la cuenca y posterior simulación bidimensional, procede del Centro de Descargas de Información Geográfica, siendo utilizado el Modelo Digital de Terreno – MDT02 (2ª Cobertura, con paso de malla de 2m). Esta, se ha generado a partir de una nube de puntos LIDAR, con una densidad de 0.5 puntos /m2 o mayor en algunos casos. En su proyección UTM se ha tenido en cuenta el Datum ETRS 1989 y HUSO 31.

Ilustración 12. MDT utilizado para el estudio, procesado mediante software GIS.



11.3 Estudio de Cuencas.

La finalidad del estudio de cuencas es poder determinar el caudal asociado a un período de retorno en el punto de desagüe de la cuenca en estudio, para ello se ha utilizado el método hidrometeorológico descrito en la Norma 5.2-IC "Drenaje superficial".

El caudal según dicho método, viene dado por la expresión:

$$Q = C * A * I * Kt/ 3.6$$

Siendo:

C = el coeficiente medio de escorrentía de la cuenca drenada

A = la superficie de la cuenca, siempre que no existan aportaciones procedentes de otras cuencas o que no tenga pérdidas hacia el exterior a través de puntos distintos al punto de desagüe superficial.

I = la intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

Kt= Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación:

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

Siendo t el tiempo de concentración de la cuenca en horas.

Q = caudal en el punto de desagüe de la cuenca de superficie A para una precipitación de intensidad media igual a I.

Este método es adecuado para cuencas pequeñas, considerando como tales aquellas que tienen un tiempo de concentración menor de 6 horas.

Como se deduce de la formulación anterior, el método hidrometeorológico descrito está basado en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de su escorrentía. Ello equivale a admitir que la única componente de esa precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que se escurre superficialmente.

En los apartados que siguen se describe la forma de obtener los valores que toman las variables anteriores para las cuencas que son necesarias drenar.

El estudio se realiza para un evento extremo de un periodo de retorno de 500 años con el objeto de evitar daños catastróficos a terceros.

La definición de la cuenca, se han realizado en sucesivas etapas:

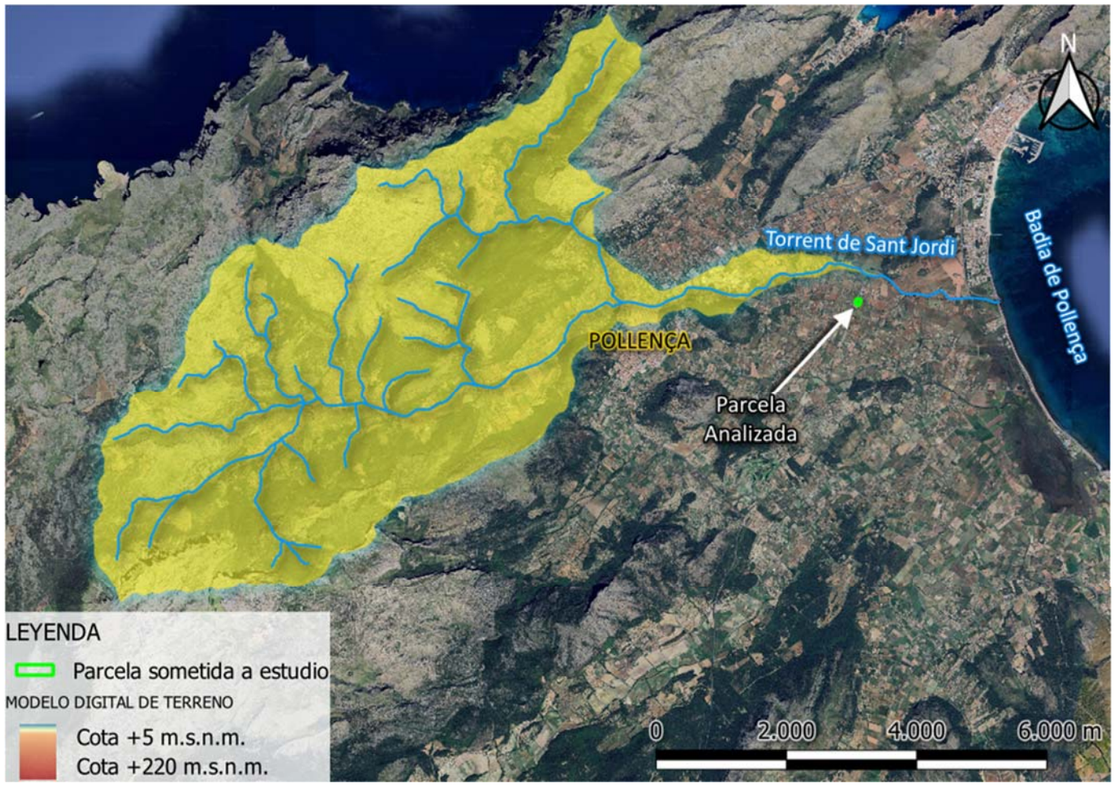
- Delimitación de la cuenca interceptada por las parcelas.
- Evaluación de las características físicas de la cuenca.
- Selección del método de cálculo.
- Selección del período de retorno.
- Obtención del coeficiente de escorrentía.
- Régimen de precipitaciones máximas. Leyes de intensidad-duración.
- Caudales de referencia de la cuenca.

Para cada una de estas etapas se describen, en los puntos siguientes, los criterios adoptados para su aplicación, las bases de partida, las herramientas utilizadas y las conclusiones.

11.4 Superficie de la Cuenca y Parámetros Físicos.

La parcela sometida a estudio, se ubica próxima al Torrent de Sant Jordi, cuya cuenca vertiente se expone en la siguiente ilustración:

Ilustración 13. Cuenca de aportación con red hidrográfica principal y ámbito del sector (para mayor detalle véase Anexo II – Planos).



Dicha cuenca vertiente tiene las siguientes características:

Ilustración 14. Tabla: Características de la cuenca vertiente sometida a estudio.

Cuenca	Superficie (ha)	L (m)	Cota sup (m)	Cota inf (m)	Desnivel (m)	J (m/m)	Kt
Torrent de Sant Jordi	3.910,88	13.998	1.102	12	1089,81	0,078	1,26

Los parámetros determinados y el método seguido para su obtención han sido los siguientes:

- Superficie, por planimetría sobre la cartografía.
- Cota máxima, por identificación sobre la cartografía.
- Cota mínima, por identificación sobre cartografía.
- Desnivel, por diferencia entre las cotas máxima y mínima.
- Longitud del cauce principal, por medición de curvas en programa de dibujo.
- Pendiente, por cociente entre el desnivel y la longitud.
- Tiempo de concentración.

11.5 Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración de la cuenca se ha obtenido siguiendo las recomendaciones de la Norma 5.2-I.C para cauces definidos, por aplicación de la fórmula propuesta de J.R. Témez y recomendada por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Dirección General de Carreteras, Orden del 14 de mayo de 1.990, en la obra titulada "Cálculos Hidrometeorológicos de Caudales Máximos en Pequeñas Cuencas Naturales".

Es decir, aplicando la ecuación:

$$T = 0{,}3 \times (L/J1/4)0{,}76$$

Donde

L = Longitud en km

J = Pendiente (m/m)

Utilizando los planos cartográficos se delimitó la cuenca sometida a estudio y se calculó su tiempo de concentración. Esta se expone en la siguiente tabla. No obstante, se recoge igualmente en el apartado **Anexo I**.

Ilustración 15. Tabla: Tiempo de concentración para la cuenca analizada.

Cuenca	T (h)
Torrent de Sant Jordi	3,62

11.6 Precipitaciones máximas para distintos períodos de retorno.

El objeto del estudio pluviométrico consiste en caracterizar las precipitaciones extremas que se producen en las cuencas que afectan a la zona analizada, con la finalidad de determinar las aportaciones o caudales de avenida esperables para un determinado período de retorno.

Se entiende como **período de retorno** de una precipitación al tiempo medio, en años, que transcurre entre distintos episodios de precipitaciones de valor superior al considerado.

La caracterización de la precipitación máxima consiste en la estimación de los parámetros necesarios para definir las lluvias de proyecto, es decir, la distribución espacial de las precipitaciones máximas diarias y las intensidades de lluvia.

Para ello, se analizan las propiedades regionales de este parámetro climático en una amplia zona que envuelve la cuenca vertiente a todo el tramo en estudio e incluye el recubrimiento necesario para tener en cuenta la pluviometría externa a la zona y disponer así de series largas que permitan corregir las asimetrías propias de las series con otras más consistentes con el conjunto.

Este proceso se traduce en la realización de análisis de frecuencia para relacionar la magnitud de cada fenómeno con su probabilidad de aparición o con el período de retorno. Es práctica habitual componer la serie de datos extremos seleccionando en cada año el valor máximo observado de la precipitación en un día. De esta forma, existe la certeza casi absoluta de que los valores máximos de cada año son independientes y no pertenecen al mismo episodio de lluvias (serie anual).

El resultado más práctico de la caracterización se refleja en unos mapas de isolíneas de precipitación máxima diaria para diferentes períodos de retorno, en los que se observa que las líneas de igual precipitación extrema (isomáximas) se asemejan a la altimetría mientras siguen otras tendencias debidas a las características de los flujos de humedad, efectos barrera, etc…

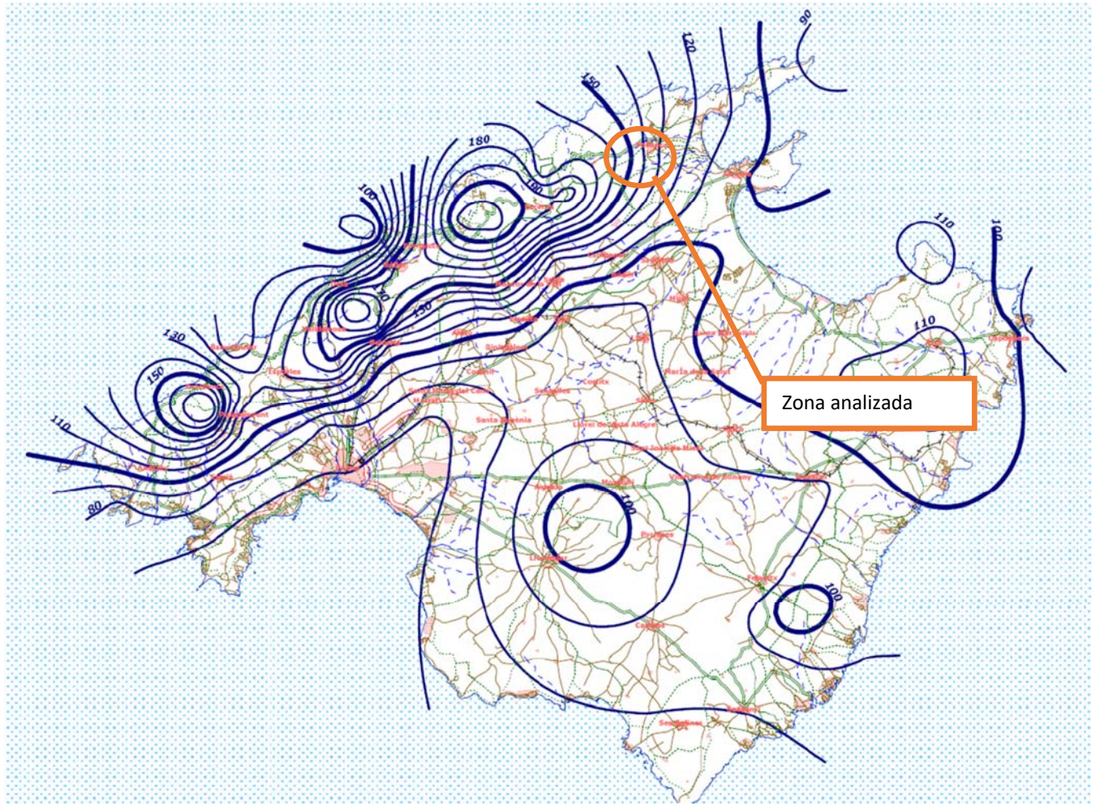
La forma óptima de abordar la caracterización pluviométrica de la zona de estudio es realizando un análisis regional de la pluviometría utilizando la información disponible de pluviógrafos y pluviómetros en un amplio entorno que permita detectar las tendencias de variación de la precipitación en el área cubierta por el estudio, descartar los datos no representativos y, como consecuencia, estimar con la máxima fiabilidad la precipitación en las cuencas hidrográficas para diversos períodos de retorno.

Para la obtención de los valores de precipitación en cada punto específico del territorio, se efectúa el ajuste de las series de precipitaciones máximas diarias a distribuciones extremales (Gumbel, SQRT, …) con el objeto de adaptar para cada serie temporal un modelo estadístico válido y así extrapolar las precipitaciones a los períodos de retorno que requiere el cálculo de los caudales de avenida.

Finalmente, las precipitaciones obtenidas en el ajuste estadístico se presentan en un gráfico para obtener los mapas de isoyetas de máximas precipitaciones diarias (isomáximas) que dan sentido espacial al conjunto de valores y que permiten leer directamente la precipitación de proyecto en cada punto del territorio para un determinado período de retorno en cada cuenca hidrográfica a analizar.

En este sentido, el Consell de Mallorca ha publicado unos **mapas de la isla, de isoyetas máximas diarias** para diferentes períodos de retorno realizados por la Dirección General de Recursos Hídricos de Baleares (DGRH). Estos se exponen en el apartado **Anexo I** para los periodos de retorno considerados.

Ilustración 16. Mapa de isoyetas de precipitaciones máximas diarias para periodo de retorno T=10 años.



Confrontando estos valores con los que se obtienen para la zona de estudio en la publicación “Isolíneas de precipitaciones máximas previsibles en un día” de la Dirección General de Carreteras, MOPU 1978, se observa que los estimados por la DGRH son mayores.

Por consiguiente, a falta de datos pluviográficos y por configurarse los resultados de la DGRH como más recientes, con mayor número de datos disponibles y más conservadores, se aplicarán estos últimos, siendo los correspondientes a la zona analizada los siguientes:

Ilustración 17. Tabla: Valores de precipitación Pd (mm/día) obtenidos para cada periodo de retorno.

T (años) =	10	100	500
P_d (mm/día) =	140,00	215,00	270,00

El coeficiente reductor ARF, ahora denotado como KA, se puede usar para cuencas mayores de 100 Ha (1 Km2). Se puede llegar entonces a cuencas de 3.000 Km2. Método Modificado de Témez: Con el coeficiente ARF se establece una precipitación máxima media en la cuenca, obtenida del producto de este coeficiente por la precipitación máxima de toda la cuenca. El resultado es menor, pues sería excesivo tomar la máxima lluvia como lluvia media.

(*) Coeficiente reductor por Área. [KA**=1- Log(*Sup (km²)*/15**]

Ilustración 18. Tabla: Superficies (Ha), coeficientes de reducción areal (KA) y valores de precipitación Pd (mm) corregidos con KA.

Cuenca	Superficie (Has)	K_A(*)	T: 10 años		T: 100 años		T: 500 años	
			Pd(mm)	Pd' (mm)	Pd(mm)	Pd' (mm)	Pd(mm)	Pd' (mm)
Torrent de Sant Jordi	3.910,88	0,89	140,00	125,14	215,00	192,18	270,00	241,34

Pd (mm) * Precipitación máxima

Pd' (mm) * Precipitación máxima diaria corregida

11.7 Coeficiente de escorrentía y estimación del umbral de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía, que define la proporción que la componente superficial de la precipitación supone respecto a la total caída sobre una cuenca, dependerá de la razón entre la precipitación diaria Pd correspondiente a un período de retorno T y la precipitación Po o umbral de escorrentía a partir de la cual se inicia ésta. Para la determinación de dicho coeficiente C, la Norma 5.2.-I.C. da para su cálculo la expresión:

$$C = \frac{\left[\left(P_d / P_o\right) - 1\right] * \left[\left(P_d / P_o\right) + 23\right]}{\left[\left(Pd / Po\right) + 11\right]^2}$$

Dónde:

Pd = precipitación diaria correspondiente al período de retorno considerado en mm

Po = umbral de escorrentía a partir del cual se inicia la misma en mm

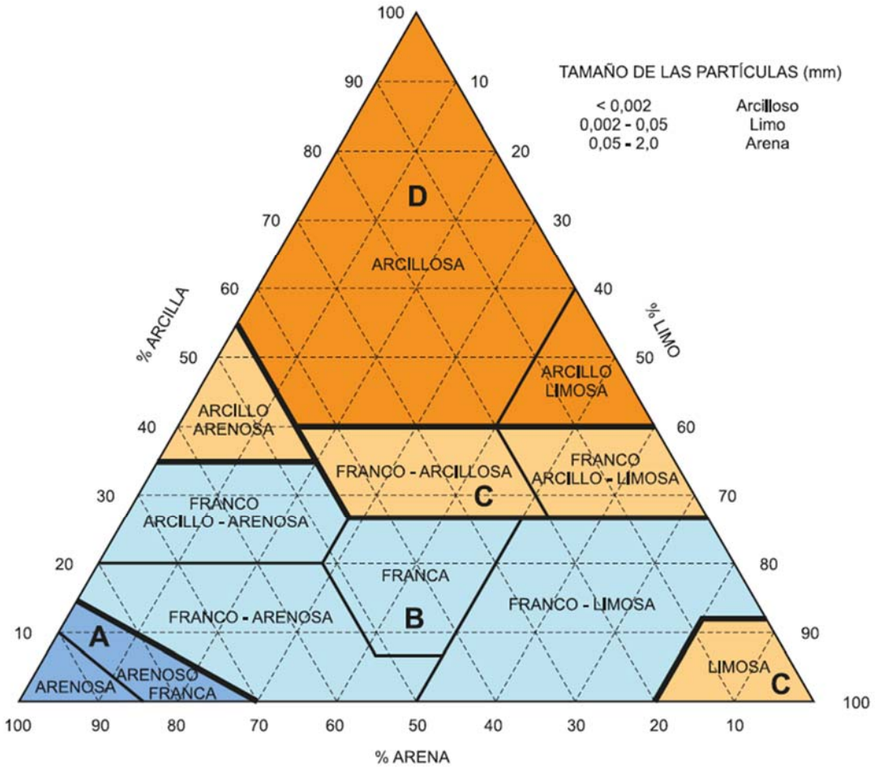
C = coeficiente de escorrentía

Los valores de Pd han sido calculados en el apartado anterior.

Para estimar el valor del umbral de escorrentía Po se ha hecho uso de la tabla 2.3. de la Norma 5.2-I.C. Los valores de las variables, tales como: uso de la tierra, pendiente del terreno, características hidrológicas y grupo de suelo necesarias para determinar Po, se han obtenido mediante la consulta de los Mapas de Cultivo y Aprovechamiento a escala 1:50.000 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

En cuanto al **grupo de suelo elegido ha sido el B** para los materiales de textura, franco-arcillo-arenosa, franco-arenosa, o franco-limosa, según la terminología del U.S. Departament o Agricultura y adaptados a la situación real que actualmente se presenta en el sitio. Este grupo de suelos elegido corresponde a suelos con una infiltración moderada, que provocan un drenaje bueno a moderado.

Ilustración 19. Diagrama triangular para determinación de la textura en materiales tipo suelo.



El parámetro principal para calcular el umbral de escorrentía depende del porcentaje que ocupa cada cultivo con respecto al área total de cada cuenca.

El valor de Po de cálculo, se obtiene multiplicando el valor anterior por el coeficiente corrector del umbral de escorrentía:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

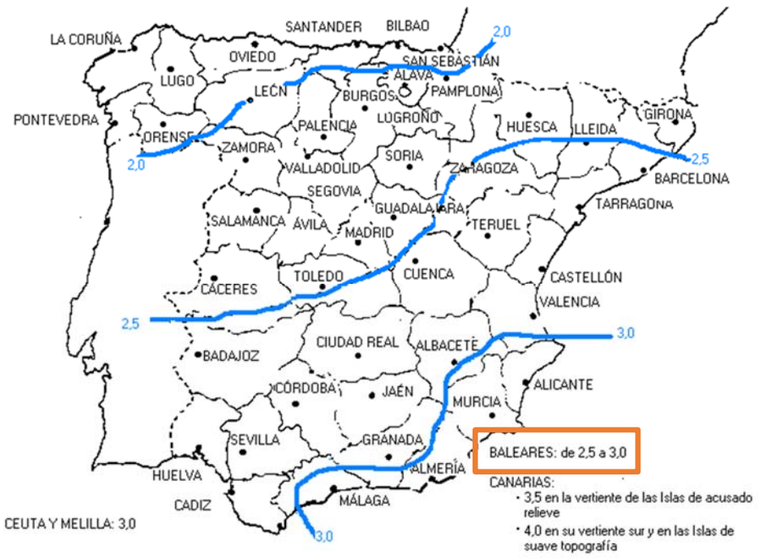
11.8 Corrección del umbral de escorrentía.

Siendo P_o^i (mm) el valor inicial del umbral de escorrentía y B (adimensional) el coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

La formulación del método racional efectuada en los epígrafes precedentes requiere una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en el método a través de un coeficiente corrector del umbral de escorrentía B.

Este coeficiente refleja la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos e incluye una mayoración para evitar sobrevaloraciones del caudal de referencia producidas por el propio método de cálculo.

Ilustración 20. Mapa del coeficiente corrector de umbral de escorrentía.

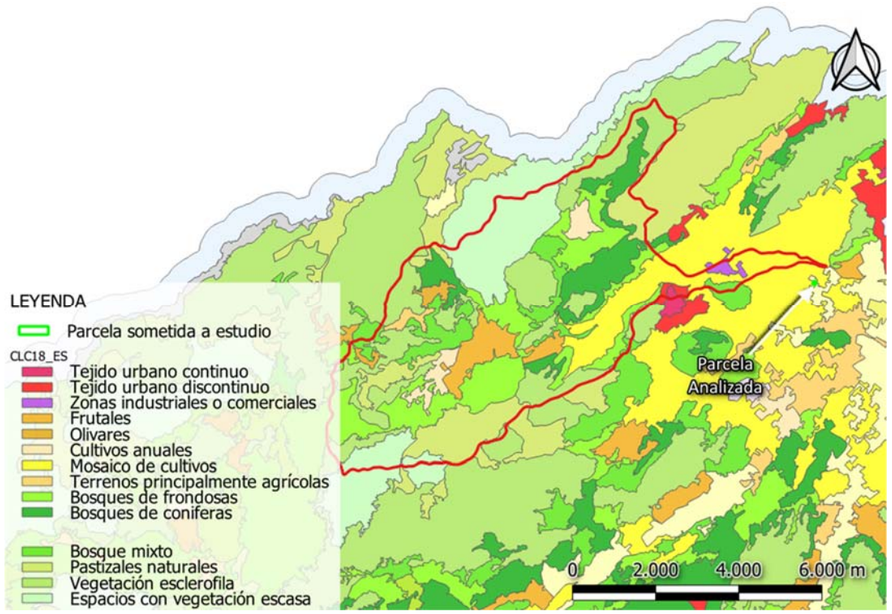


Para este estudio, se ha determinado un factor corrector de umbral de escorrentía B=3.

A partir de cada umbral de escorrentía, y para cada precipitación correspondiente a los períodos de retorno contemplados, se obtiene un coeficiente de escorrentía parcial en cada terreno de cada cuenca. El valor medio ponderado resultante de los terrenos considerados en las cuencas, es el coeficiente de escorrentía a adoptar para las misma.

A continuación, se muestra una ilustración procedente del proyecto Corine Land Cover (CLC) que desarrolla la creación de una base de datos sobre usos de suelo y los asocia a un umbral de escorrentía característico, según el tipo de uso:

Ilustración 21. Mapa Corine Land Cover 2018 correspondiente a la cuenca vertiente sometida a estudio.



Partiendo de las superficies correspondientes a cada uso se puede calcular el umbral de escorrentía de la cuenca.

Por otro lado, la base de datos CLC en ocasiones plantea para un mismo tipo de suelo varios umbrales, en función de la pendiente del terreno. En este sentido, cabe señalar que **la pendiente media de todas las subcuencas ha resultado mayor del 3%.** Este desnivel se puede hallar con las informaciones de cota máxima y mínimas (en el punto de control o desagüe) de la cuenca y la longitud máxima del cauce principal de esta.

Así pues, en las siguientes tablas se exponen los diferentes umbrales de escorrentía calculados:

Ilustración 22. Tabla: Valores iniciales de Umbral de Escorrentía.

		Umbral P'0	Torrent de Sant Jordi		P'0
Código	Uso del suelo	GH B	Área (ha)	%	GH B
11100	Tejido urbano continuo	1	5,79	0,15%	0,00
11200	Tejido urbano discontinuo	14	14,37	0,37%	0,05
12100	Zonas Industriales y Comerciales	4	19,75	0,51%	0,02
22220	Frutales en regadio >3%	34	184,37	4,71%	1,60
22300	Olivares >3%	28	43,87	1,12%	0,31
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes >3%	20	113,48	2,90%	0,58
24211	Mosaico de cultivos anuales >3%	17	351,31	8,98%	1,53
24310	Terrenos principalmente agricolas >3%	17	27,66	0,71%	0,12
31100	Bosques frondosos	47	752,44	19,24%	9,04
31200	Bosques de coniferas	47	379,79	9,71%	4,56
31300	Bosque mixto	47	271,01	6,93%	3,26
32100	Pastizales Naturales >3%	23	412,57	10,55%	2,43
32300	Vegetación esclerofila	24	841,71	21,52%	5,17
33300	Espacios con vegetación escasa >3%	14	492,76	12,60%	1,76
TOTALES			**3910,88**	**100,00%**	**30,44**

Por tanto, el anterior umbral de escorrentía se ha corregido con el factor B=3, resultando los siguientes coeficientes de escorrentía utilizados para hallar los caudales de cálculo:

Ilustración 23. Tabla: Valores de Coeficiente de Escorrentía (T=10 años).

Cuenca	T=10 años				
	Pd'(mm)	P'o	factor β	P'o (corregido)	C
Torrent de Sant Jordi	125,14	30,44	3,00	91,31	0,04

Ilustración 24. Tabla: Valores de Coeficiente de Escorrentía (T=100 años).

Cuenca	T=100 años				
	Pd'(mm)	P'o	factor β	P'o (corregido)	C
Torrent de Sant Jordi	192,18	30,44	3,00	91,31	0,13

Ilustración 25. Tabla: Valores de Coeficiente de Escorrentía (T=500 años).

Cuenca	T=500 años				
	Pd'(mm)	P'o	factor β	P'o (corregido)	C
Torrent de Sant Jordi	241,34	30,44	3,00	91,31	0,19

11.9 Intensidad de precipitación.

La intensidad de precipitación *I (T, t)* 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:

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

En la misma se tiene que:

I (T, t) (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno *T* y a una duración del aguacero *t*.

Id (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno *T.*

Fint (adimensional) Factor de intensidad (ver siguiente gráfico).

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero *t*

- El período de retorno *T*, si se dispone de curvas intensidad - duración- frecuencia (IDF) aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{int} = máx\ (F_a, F_b)$$

donde:

Fint (adimensional) Factor de intensidad

Fa (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad *(I1/Id)*

Fb (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

a) Obtención de *Fa*

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

donde:

Fa (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad *(I1/Id).* Se representa en la siguiente figura

I1/Id (adimensional) Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa siguiente.

t (horas) Duración del aguacero.

Para la obtención del factor Fa, se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración *(t=tc).*

Ilustración 26. Factor Fa.

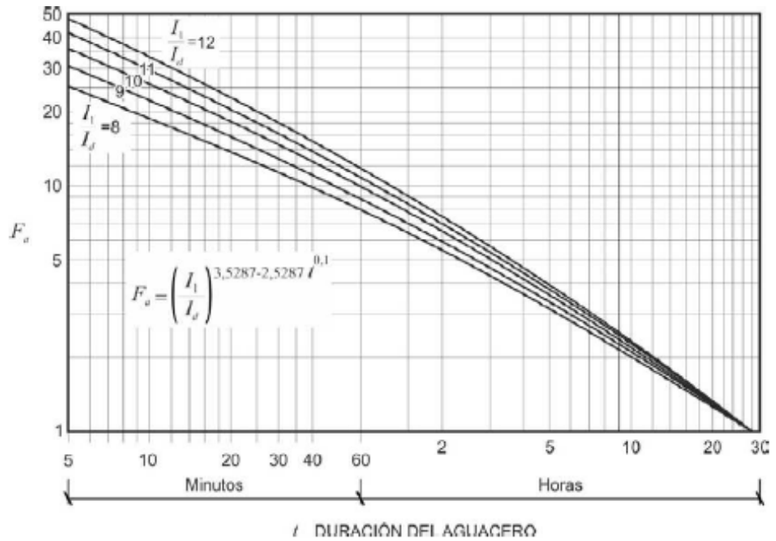
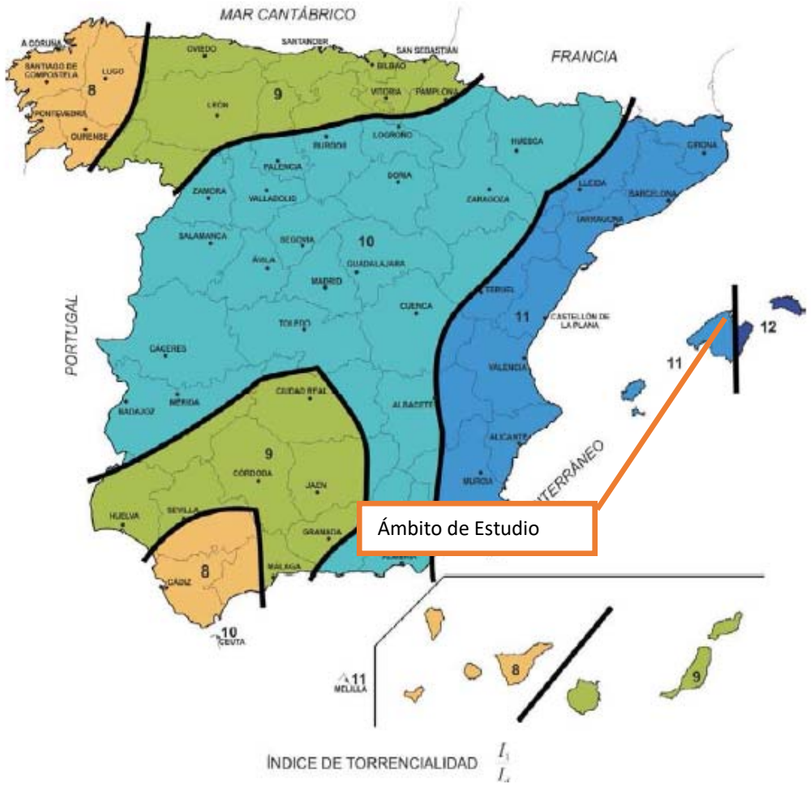


Ilustración 27. Mapa de Índice de torrencialidad



b) Obtención de Fb

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

donde:

Fb (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

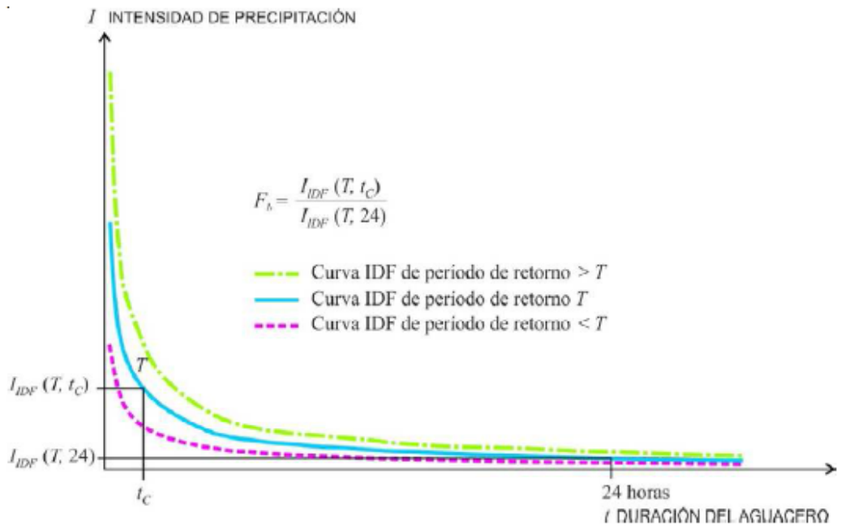
I_{IDF} *(T,tc)* (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno *T* y al tiempo de concentración *tc*, obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo

I_{IDF} *(T,24)* (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno *T* y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas (t=24h), obtenido a través de curvas IDF

kb (adimensional) Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria.

En defecto de un cálculo específico se puede tomar *kb* = 1.13.

Ilustración 28. Obtención del Factor Fb.



En este sentido, al no dar con ningún pluviógrafo cercano, se asemeja Fint a Fa.

Así las intensidades de precipitación han resultado:

Ilustración 29. Tabla: Valores de Intensidad de Precipitación (mm/h).

I (mm/h)			
Cuenca	T=10 años	T=100 años	T=500 años
Torrent de Sant Jordi	24,95	38,31	48,11

11.10 Caudales según método 5.2 I.C.

Partiendo de todos los parámetros anteriores, se estiman los caudales de cálculo para períodos de retorno seleccionados de **10, 100, y 500** años, referidos a la cuenca estudiada, analizando los efectos que generan en el entorno estudiado.

Ilustración 30. Tabla: Caudal de cálculo (T=10 años).

Cuenca	T= 10 años				
	C	I (mm/h)	A (Ha)	Coef. K	Q (m3/s)
Torrent de Sant Jordi	0,04	24,95	3.910,88	1,26	12,48

Ilustración 31. Tabla: Caudal de cálculo (T=10 años).

Cuenca	T= 100 años				
	C	I (mm/h)	A (Ha)	Coef. K	Q (m3/s)
Torrent de Sant Jordi	0,13	38,31	3.910,88	1,26	69,45

Ilustración 32. Tabla: Caudal de cálculo (T=10 años).

Cuenca	T= 500 años				
	C	I (mm/h)	A (Ha)	Coef. K	Q (m3/s)
Torrent de Sant Jordi	0,19	48,11	3.910,88	1,26	127,74

Estos caudales de cálculo, así como el resto de parámetros hidrológicos, tiempo de concentración, Intensidades medias de precipitación, y Coeficientes de escorrentía, quedan expuestos en el ANEXO I: RESUMEN HIDROLÓGICO.

12. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA RED DE DRENAJE PRINCIPAL

En el presente apartado se describen los cálculos realizados para la determinación de las cotas alcanzadas por las láminas de inundación correspondientes a los siguientes periodos de retorno:

- 10 años, para definir el Dominio Público Hidráulico, Zona de Servidumbre y Zona de Policía.
- 100 años para valorar la gravedad de la inundación (en función del riesgo para las vidas humanas).
- 500 años.

Además, se procede a estudiar la afección de dichas láminas alrededor del ámbito de estudio, mediante el establecimiento de puntos de control, con el objetivo de comprobar las sobreelevaciones producidas.

Para ello se ha realizado un modelo hidráulico con el programa informático HEC-RAS, partiendo de los datos disponibles cartográficos e hidrológicos, y asumiendo valores de otros parámetros hidráulicos para garantizar la fiabilidad del cumplimiento de los objetivos hidráulicos establecidos, como se expone a continuación.

12.1 Fundamentos del Modelo HEC-RAS.

La modelización hidráulica tiene como finalidad obtener los valores de calados y velocidades en cualquier punto de la zona a estudiar, para la avenida de interés.

El flujo de un fluido isótropo viene gobernado por las ecuaciones de NavierStokes, que se obtienen a partir de la aplicación a dicho fluido de las ecuaciones de conservación de la masa y de conservación de la cantidad de movimiento. La integración vertical de las ecuaciones de Navier-Stokes para un fluido sometido a la presión atmosférica y bajo las hipótesis de distribución hidrostática de presiones y pendiente de fondo reducida da lugar a las ecuaciones de Saint-Venant o ecuaciones del flujo en lámina libre. Estas ecuaciones tienen carácter bidimensional y la forma más común de escribirlas es en su forma no conservativa, dando lugar al sistema de ecuaciones formado por la ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (hu)}{\partial x} + \frac{\partial (hv)}{\partial y} = 0$$

Y las ecuaciones de cantidad de movimiento:

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+g\frac{\partial h}{\partial x}=-g\frac{\partial z}{\partial x}-\frac{\tau_{0x}+\tau_{sx}}{\rho h}+fv+\frac{1}{\rho h}\frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy})+\frac{1}{\rho h}\frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy})$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+g\frac{\partial h}{\partial y}=-g\frac{\partial z}{\partial x}-\frac{\tau_{0y}+\tau_{sy}}{\rho h}+fu+\frac{1}{\rho h}\frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy})+\frac{1}{\rho h}\frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy})$$

Donde:

- h es el calado o altura alcanzada por la lámina de agua

- u y v son las componentes de la velocidad

- t es el tiempo

- x e y son las componentes espaciales en dos dimensiones

- g es la aceleración de la gravedad

- z es la cota del lecho

- $\tau 0y$ y $\tau 0s$ son las tensiones tangenciales en el fondo y en la superficie

- ρ es la densidad del fluido

- ff es la aceleración de Coriolis

- TT es la turbulencia

En las ecuaciones de la cantidad de movimiento, el término de la variación de la velocidad (u,v) con el tiempo es la aceleración local, mientras que la variación del campo de velocidades en el espacio es la aceleración convectiva. Bajo la hipótesis de distribución hidrostática de presiones y pequeña pendiente del terreno, el término debido a las fuerzas gravitatorias es el correspondiente a:

$$g\frac{\partial}{\partial x,y}(h+z)$$

Y se puede descomponer en la suma del gradiente del calado y de la pendiente del lecho ($SS0$). El término de la tensión tangencial en el fondo viene dado por:

$$\frac{\tau_0}{\rho h}=gS_f$$

Siendo Sf ~ uv la pendiente motriz, que se expresa según una ecuación de rugosidad. En general, y en ausencia de un modelo de turbulencia, lo habitual es que la pendiente motriz suele absorber las tensiones del fondo y las debidas a las de la turbulencia. El término $\tau s/\ \rho h$ se debe a las tensiones tangenciales en la superficie debidas al viento. El término f (u,v) es la aceleración de Coriolis, dada por el coeficiente f=2wsen(ʎ), donde w es la velocidad angular de la tierra, y ʎ la latitud. No se ha considerado en la presente modelización, pues su contribución es despreciable en un modelo fluvial como el del Estudio.

Por último, los dos últimos sumandos de las ecuaciones de cantidad de movimiento se deben a la turbulencia, y suelen expresarse en función del coeficiente de viscosidad turbulenta (o de remolino) y de la aceleración convectiva. En general, la modelización de la turbulencia en un esquema bidimensional supone el ajuste de parámetros adicionales que requieren calibración, por lo que habitualmente suele incluirse este efecto en el debido a la rugosidad. En la presente modelización no se ha incluido, por no ser usual su inclusión en modelos fluviales de esta índole.

Considerando despreciables los términos de fricción en la superficie y de Coriolis, así como la turbulencia, las ecuaciones de cantidad de movimiento se pueden escribir según las siguientes ecuaciones, que es la manera más sencilla de modelizar el flujo en lámina libre en dos dimensiones, y en la que se basa el programa de cálculo que se va a utilizar, HEC RAS.

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+g\frac{\partial h}{\partial x}=g(S_{0x}-S_{fx})$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+g\frac{\partial h}{\partial y}=g(S_{0y}-S_{fy})$$

Donde:

- S0 es la pendiente del lecho

- Sf es la pendiente motriz

El modelo bidimensional resuelve las ecuaciones de Saint-Venant en los nodos de una malla de cálculo generada a partir de la topografía. El modelo es capaz de resolver las situaciones de cambio de régimen hidráulico.

Los datos que precisa el programa para calcular los niveles de agua en el cauce son los siguientes:

a) Tipo de régimen

En el cauce natural del tramo fluvial estudiado se ha supuesto régimen lento. El régimen rápido solo se da en cauces artificiales y rarísimas veces, según algunos autores, y nunca (según muchos) en cauces naturales. Lo que se produce es una sucesión continua y alternativa de calados críticos, remansos, resaltos, etc. con tales turbulencias que impiden la formación de un régimen rápido estableciéndose por el contrario un régimen crítico inestable.

Esto viene comentado con el texto “Computer-Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics” de Danigel H. Hoggan, en un artículo de Douglas J. Trieste titulado “Evaluation of Supercritical/Subcritical Flow in High-Gradient Channel” en el que además hace referencia a estudios de Dobbie y Wolf (1953) y de Jarret (1984 y 1987), en el texto “Guide to Brigde Hydraulics” de C.R. Neil, etc. y está comprobado experimentalmente en laboratorio y en diversos ríos y cauces artificiales.

Al suponer un régimen lento en los tramos de estudio el modelo matemático del programa acota inferiormente los calados de las secciones transversales empleadas con su correspondiente calado crítico, empleando éste cuando analíticamente se requiere un calado inferior (régimen rápido), con objeto de representar las turbulencias y pérdidas de energía que en la naturaleza del río realmente se producirían.

b) Caudal de cálculo

Se establecen los caudales de cálculo del apartado anterior.

c) Definición geométrica

La topografía disponible del cauce viene dada mediante un Modelo Digital del Terreno generado a partir de los LIDAR disponibles y levantamiento topográfico.

d) Parámetros hidráulicos

El parámetro hidráulico básico empleado es el coeficiente de rugosidad de Manning. Este coeficiente da una idea de la dificultad que encuentra el agua para desplazarse por una zona en función de su naturaleza.

e) Condiciones de contorno

Al considerarse un régimen lento, el cálculo se inicia en la sección más aguas debajo de los tramos, en sentido contrario a la corriente. Por otro lado, se exponen las condiciones de contorno en apartados posteriores.

12.2 Simulación hidrodinámica del cauce.

12.2.1 Cartografía.

La cartografía empleada en la simulación bidimensional, procede del Centro de Descargas de Información Geográfica, siendo utilizado un Modelo Digital de Terreno de 2x2m, el cual, se ha generado a partir de una nube de puntos LIDAR, con una densidad de 0.5 puntos /m2 o mayor en algunos casos. En su proyección UTM se ha tenido en cuenta el Datum ETRS 1989 y HUSO 31.

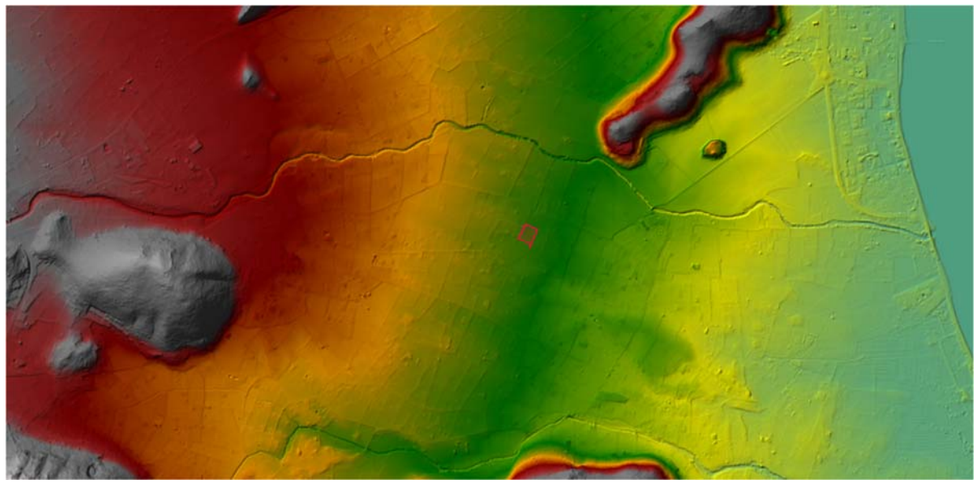
Una vez generado el Modelo Digital del Terreno, ha sido depurado e importado a HEC-RAS como ráster tipo *.asc con las siguientes características:

Ilustración 33. Información de archivo de modelización de terreno utilizado.

Filename	Minimum	Maximum	Mean	Standard Deviation	Cell Size	Rounding	Info	Folder
Terrain.vrt	-1.2890625	331.0390625	27.89166850...	34.48009019...			i	
Terrain.MDT SIMULACION.tif	-1.2890625	331.0390625	27.91676027...	34.45657077...	1	1/128	i	

En la siguiente ilustración se puede apreciar el Modelo Digital de Terreno generado mediante software GIS, e introducido en el modelo de simulación:

Ilustración 34. MDT utilizado para el estudio, procesado mediante software GIS.



12.2.2 Parámetros del Modelo

En los modelos bidimensionales, el cálculo de las variables hidráulicas se realiza en los elementos de una malla de cálculo que se debe confeccionar a partir de un Modelo Digital del Terreno (MDT). Cuanto mayor sea la definición de dicha malla, menor será el error cometido en el cálculo de los niveles y velocidades.

El inconveniente que se plantea en la modelización bidimensional es que la relación entre el aumento de resolución y el aumento del tiempo de cálculo es mucho mayor que en el caso de la modelización unidimensional. A mayor detalle de la malla, mayor número de elementos y, por tanto, mayor tiempo de cálculo.

A parte, hay que tener en cuenta que, para que un modelo bidimensional tenga buenas características de convergencia, **el nº de Courant debe ser menor o igual a 1**.

En este sentido se ha procedido a calcular el paso de tiempo necesario para asegurar la estabilidad de la simulación y obtener unos resultados sensatos. Este cálculo se ha realizado a partir de la formulación de Courant y respetando que el valor de la variable sea igual a 1 o menor.

$$C = v\frac{\Delta t}{L}$$

Donde:
C número de Courant próximo a 1.
V velocidad del flujo m/s
L Lado de las celdas = 5 m.
Δt tiempo de paso o calculo.

Para este último factor, se ha configurado la simulación, con un tiempo de paso computacional variable, ajustado al número de Courant. De esta forma, se consigue que el **modelo sea estable en todo momento**.

En cuanto al **mallado**, se ha estructurado con un tamaño de celda de 5x5 m de lado, disponiendo de un total de 241.826 celdas. Además, se han incorporado en la geometría unas líneas de rotura que representan esos elementos que condicionan el comportamiento del flujo, de manera que las celdas queden alineadas a ellas.

Ilustración 35. Malla generada en el ámbito sometido a estudio.

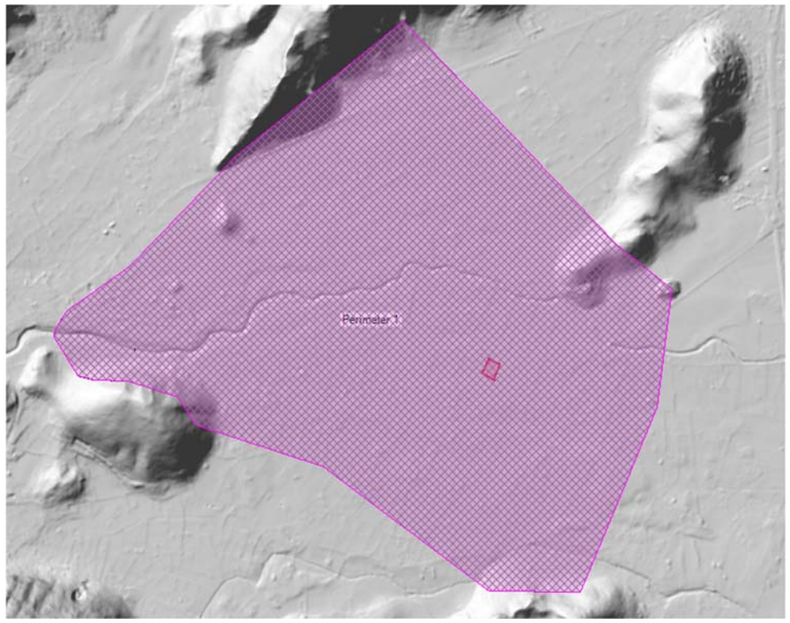


Ilustración 36. Inclusión de BreakLine generada mediante software GIS en el modelo.



12.2.3 Asignación Coeficientes de Rugosidad

Para estimar el número de Manning se ha partido del plano temático del CLC, a fin de determinar el uso de los suelos por los que discurren las diferentes avenidas calculadas. A partir de aquí, la Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (CEDEX) nos aporta valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a cada uso de suelo. Tal y como se muestra a continuación:

Ilustración 37. Asignación de n de Manning obtenida de la Guía Metodológica para el Desarrollo del SNCZI (CEDEX).

Tabla 1. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000.

Clasificación de usos del suelo del SIOSE				n	Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)			
Artificial compuesto	Urbano mixto	Casco		0,1	Tejido urbano continuo		Tejido urbano	Zonas artificiales
Cobertura artificial	Edificación							
	Otras construcciones							
Artificial compuesto	Urbano mixto	Ensanche			Estructura urbana abierta	Tejido urbano discontinuo (urbanizaciones)		
		Discontinuo		0,09	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas			
	Industrial	Polígono industrial ordenado		0,1	Zonas industriales	Zonas industriales y comerciales (granjas agrícolas)	Zonas industriales, comerciales y de transporte	
		Polígono industrial sin ordenar						
		Industria aislada						
	Primario	Piscifactoría						
	Infraestructuras	Energía	Eólica					
			Solar					
			Nuclear					
			Eléctrica					
			Térmica					
			Hidroeléctrica					
			Gaseoducto/ oleoducto					
		Telecomunicaciones						
		Suministro de agua	Depuradoras y potabilizadoras					
			Desalinizadoras					
	Terciario	Comercial y oficinas			Grandes superficies de equipamientos y servicios			
		Complejo hotelero						
		Parque recreativo						
	Equipamiento/ dotacional	Administrativo institucional						
		Sanitario						
		Cementerio						
		Educación						
		Penitenciario						
		Religioso						
		Cultural						
	Infraestructuras	Residuos	Plantas de tratamiento					
Cobertura artificial	Vial, aparcamiento o zona peatonal sin vegetación				Autopistas, autovías y terrenos asociados	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados		
Artificial compuesto	Infraestructuras	Transporte	Red viaria					
			Red ferroviaria		Complejos ferroviarios			
			Portuario		Zonas portuarias			
			Aeroportuario		Aeropuertos			

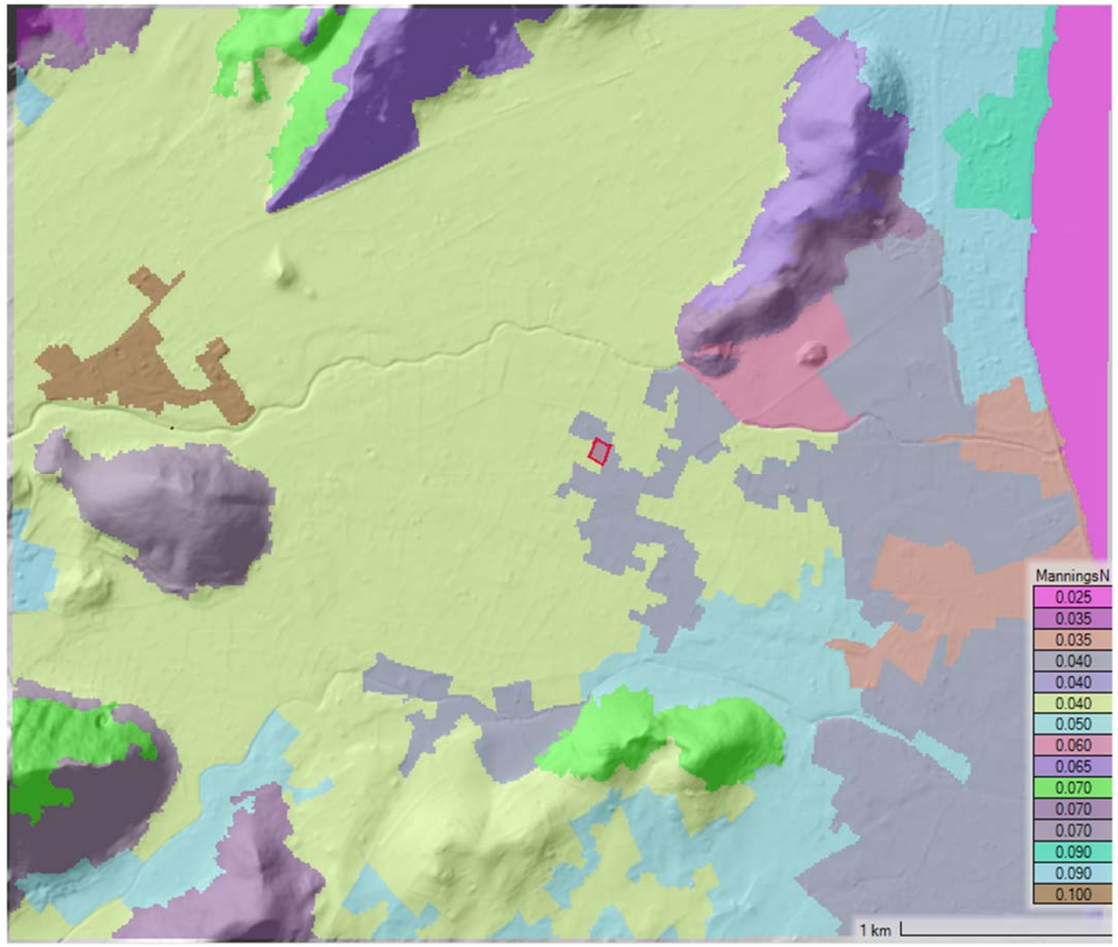
Clasificación de usos del suelo del SIOSE				n	Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)			
Cobertura artificial	Zonas de extracción o vertido			0,04	Zonas de extracción minera	Zonas de extracción minera, vertidos y de construcción	Zonas artificiales	
Artificial compuesto	Primario	Minero extractivo						
	Infraestructuras	Residuos	Vertederos y escombreras		Escombreras y vertederos			
Cobertura artificial	Suelo no edificado				Zonas en construcción			
Cobertura artificial	Zona verde artificial y arbolado urbano			0,09	Zonas verdes urbanas	Zonas verdes artificiales, no agrícolas		
Artificial compuesto	Primario	Forestal						
	Terciario	Camping						
	Equipamiento/ dotacional	Parque urbano						
		Deportivo			Resto de instalaciones deportivas y recreativas	Instalaciones deportivas y recreativas		
		Campo de golf		0,035	Campos de golf			
Cultivos	Cultivos herbáceos	Cultivos herbáceos distintos de arroz		0,04	Tierras de labor en secano (tierras abandonadas/barbechos)	Tierras de labor	Zonas agrícolas	
					Cultivos herbáceos en regadío	Terrenos regados permanentemente		
		Arroz			Otras zonas de irrigación			
					Arrozales			
	Cultivos leñosos	Viñedo		0,05	Viñedos en secano	Viñedos en secano		
					Viñedos en regadío			
		Frutales	Frutales cítricos	0,06	Frutales en secano	Frutales y plantaciones de bayas (plantaciones de lúpulo)	Cultivos permanentes	
					Cítricos	Frutales en regadío		
			Frutales no cítricos		Frutales tropicales			
		Otros cultivos leñosos			Otros frutales en regadío			
		Olivar			Olivares en secano	Olivares		
					Olivares en regadío			
	Prados			0,035	Prados y praderas (pastos en tierras abandonadas, prados arbolados)		Praderas	
Asentamiento agrícola residencial				0,035-0,05	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	Cultivos anuales asociados a cultivos permanentes	Zonas agrícolas heterogéneas	
				0,04	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío			

Clasificación de usos del suelo del SIOSE			n		Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)				
Asentamiento agrícola residencial			0,035-0,05	0,035	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	Mosaico de cultivos en secano	Mosaico de cultivos (mosaico de cultivos con casas dispersas)	Zonas agrícolas heterogéneas	Zonas agrícolas
Artificial compuesto	Primario	Agrícola/ ganadero		0,04	Mosaico de cultivos permanentes en secano				
					Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano				
				0,035	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	Mosaico de cultivos en regadío			
				0,04	Mosaico de cultivos permanentes en regadío				
					Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío				
Huertas familiar					Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío				
				0,05	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		Terrenos principalmente agrícolas con importantes espacios de vegetación natural		
					Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural				
					Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural				
Dehesa			0,06		Pastizales, prados o praderas con arbolado adehesado		Sistemas agro-forestales		
					Cultivos agrícolas con arbolado adehesado				
Arbolado forestal	Frondosas	Frondosas caducifolias	0,07		Bosque mixto			Bosques	Bosques y áreas seminaturales
					Perennifolias		Bosques de frondosas		
					Caducifolias y marcescentes				
		Frondosas perennifolias			Otras frondosas de plantación				
					Mezclas de frondosas				
					Laurisilva macaronésica				
					Bosques de ribera				
	Coníferas				Bosques de coníferas de hojas aciculares		Bosques de coníferas		
					Bosques de coníferas de hojas de tipo cupresáceo				
Pastizal			0,035		Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos	Pastizales supraforestales	Pastizales naturales (Prados alpinos)	Matorrales y/o asociaciones de vegetación herbácea	
					Pastizales supraforestales mediterráneos				
					Otros pastizales templado oceánicos	Otros pastizales			
					Otros pastizales mediterráneos				

Clasificación de usos del suelo del SIOSE			n		Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)				
Matorral			0,055-0,07	0,06	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesófila		Landas y matorrales mesófilos	Matorrales y/o asociaciones de vegetación herbácea	Bosques y áreas seminaturales
					Fayal-brezal macaronésico				
				0,065	Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	Matorrales esclerófilos mediterráneos	Vegetación esclerófila		
				0,055	Matorrales sub-arbustivos o arbustivos muy poco densos				
				0,06	Matorrales xerófilos macaronésicos				
				0,07	Matorral boscoso de frondosas		Matorral boscoso de transición (claras de bosques/zonas empantanadas fijas o en transición)		
					Matorral boscoso de coníferas				
					Matorral boscoso de bosque mixto				
Terrenos sin vegetación	Playas, dunas y arenales		0,025		Playas y dunas		Playas, dunas y arenales	Espacios abiertos con escasa o sin vegetación	
	Ramblas		0,035		Ramblas con poca o sin vegetación				
	Roquedo	Acantilados marinos	0,025		Rocas desnudas con fuerte pendiente (acantilados, etc.)		Roquedo		
		Afloramientos rocosos y roquedos	0,025	0,025-0,035	Afloramientos rocosos y canchales				
		Canchales	0,035						
		Coladas lávicas cuaternarias	0,03		Coladas lávicas cuaternarias				
	Suelo desnudo				Xeroestepa subdesértica		Espacios con vegetación escasa		
					Cárcavas y/o zonas en proceso de erosión				
					Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa				
	Zonas quemadas		0,04		Zonas quemadas				
	Glaciares y nieves permanentes		0,025		Glaciares y nieves permanentes				
Coberturas húmedas	Humedales continentales	Zonas pantanosas	0,04		Humedales y zonas pantanosas (zonas pantanosas sin árboles y de transición, en ocasiones con una turbera de más de 30 cm de espesor)		Zonas húmedas continentales	Zonas húmedas	
		Turberas			Turberas y prados turbosos (explotaciones turberas)				
	Humedales marinos	Marismas			Marismas		Zonas húmedas litorales		
					Zonas llanas intermareales				
		Salinas marinas			Salinas				
	Humedales continentales	Salinas continentales							

Así, se ha trabajado un archivo ráster con estos valores y se ha aplicado a la malla de simulación hidráulica, tal y como se puede observar en la siguiente ilustración:

Ilustración 38. Indroducción de rugosidades en malla de simulación (HecRas 6.5).



12.2.4 Condiciones de contorno

Las condiciones hidráulicas son las que caracterizarán la incorporación en el modelo de los caudales y cómo se efectúa la salida de los flujos.

La incorporación de caudales corresponde a los hidrogramas que se ha establecido en el estudio hidrológico, definidos como condición de entrada aguas arriba de la cuenca vertiente considerada, tal y como se muestra a continuación.

Ilustración 39. Condiciones de contorno introducidas en el modelo.

Storage/2D Flow Areas		Boundary Condition
1	Perimeter 1 BCLine: Arriba	Flow Hydrograph
2	Perimeter 1 BCLine: Abajo	Normal Depth

<u>AGUAS ARRIBA</u>

Como condición de aguas arriba se han introducido hidrogramas permanentes para los periodos de retorno **T10, T100** y **T500** años. La duración del caudal punta de estos se ha prolongado hasta **6 horas**, sobrepasando el tiempo de concentración del tramo analizado, para estar del lado de la seguridad. Por otro lado, dichos hidrogramas han sido añadidos en el módulo de simulación de régimen variable (unsteady Flow simulation), tal y como se puede apreciar en las siguientes imágenes:

Ilustración 40. Hidrograma introducido correspondiente a T=10 años.

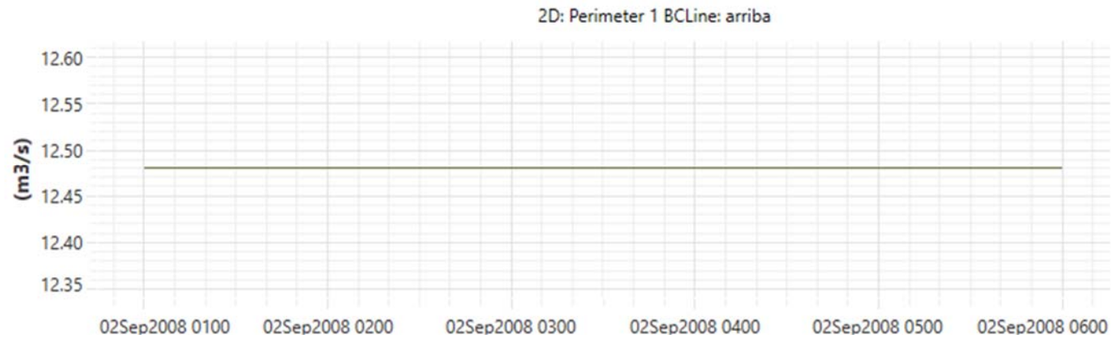


Ilustración 41. Hidrograma introducido correspondiente a T=100 años.

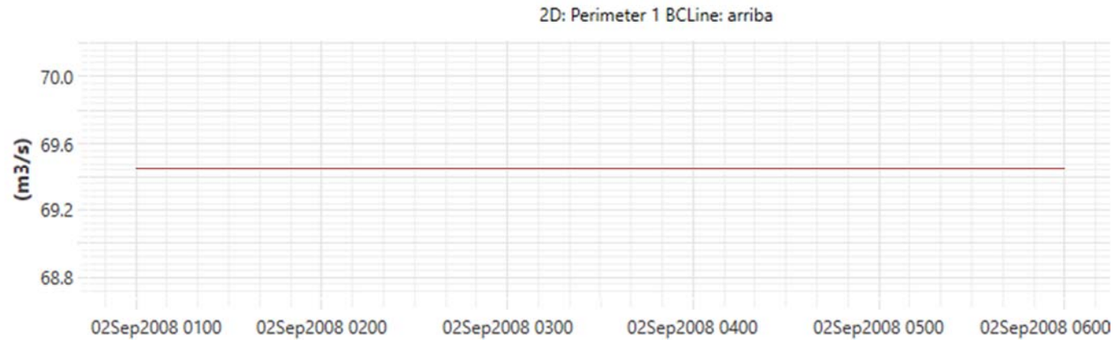
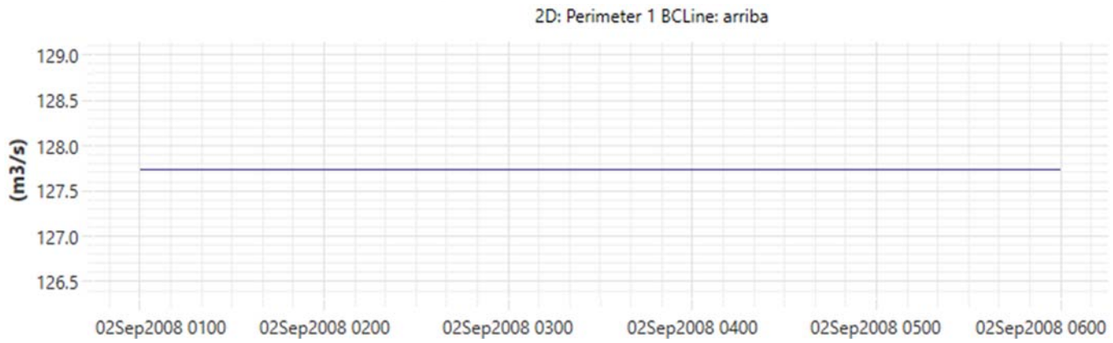


Ilustración 42. Hidrograma introducido correspondiente a T=500 años.



<u>AGUAS ABAJO</u>

Para la condición de salida se ha aplicado un régimen subcrítico en calado normal asignando la pendiente del tramo de salida, que resulta en 2,00%.

A continuación, se pueden observar las anteriores condiciones ubicadas en el ámbito de actuación junto con la malla de simulación.

Ilustración 43. Ubicación de condiciones de contorno en el mallado de simulación.



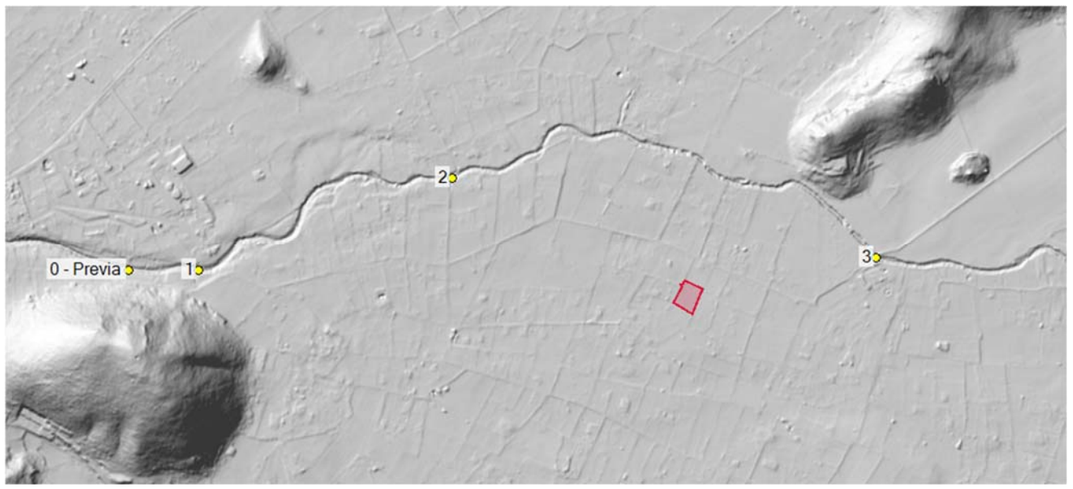
12.2.5 Condiciones iniciales

Respecto a las condiciones iniciales, y teniendo en cuenta que nos encontramos en una zona de clima árido o semiárido, la llegada de las crecidas puede ser muy repentina, por lo que suponemos un cauce inicialmente seco.

12.2.6 Condiciones internas

Han sido localizadas varias obras de paso, las cuales se han modelizado hidráulicamente en el modelo de simulación. Concretamente, estas estructuras se refieren a badenes inundables, con varios cajones bajo la rasante de los mismos.

Ilustración 44. Vista en planta de ODTs sometidas a estudio.



Estas ODTs se han cotejado en visita a campo, y se han tomado sus medidas, tal y como puede observarse en las siguientes imágenes.

Ilustración 45. Fotos ODT existente nº0 – Previa, tomadas in situ.



Ilustración 46. Planta y alzado de ODT existente nº0 – Previa.

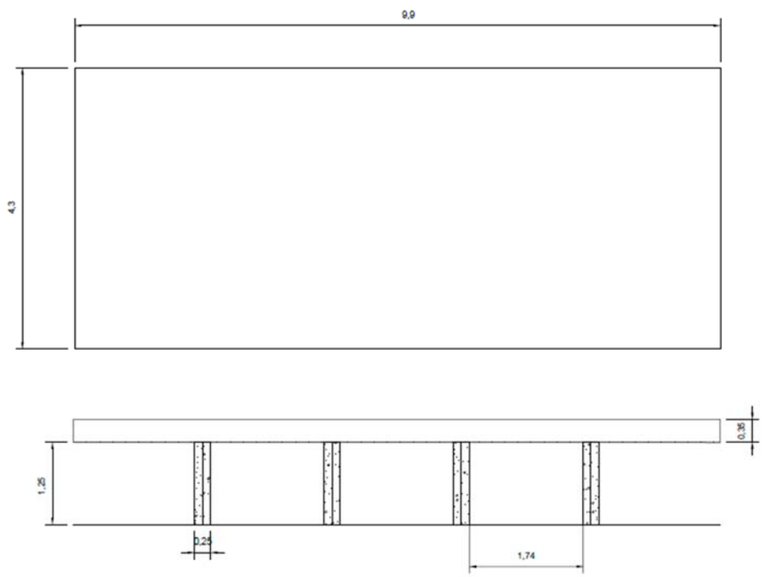


Ilustración 47. Fotos ODT existente nº1 tomadas in situ.



Ilustración 48. Planta y alzado de ODT existente nº1.

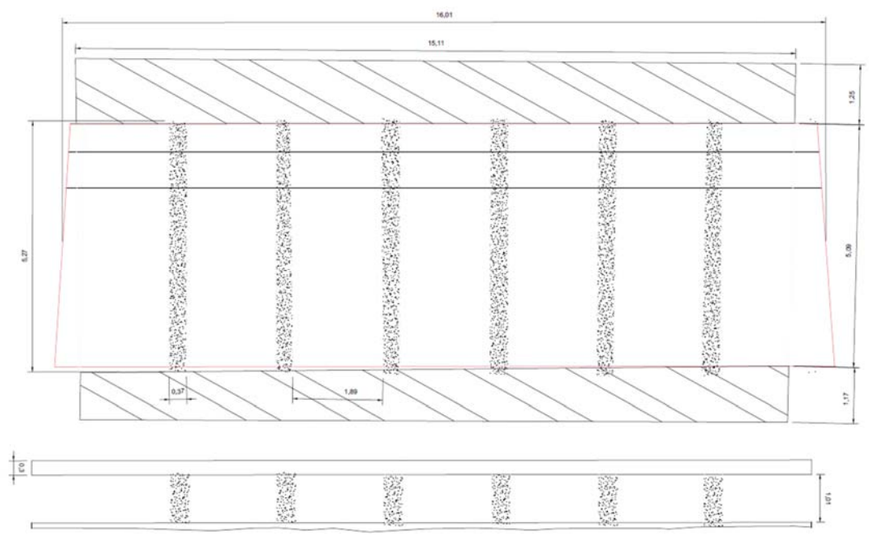


Ilustración 49. Fotos ODT existente nº2 tomadas in situ.



Ilustración 50. Planta y alzado de ODT existente nº2.

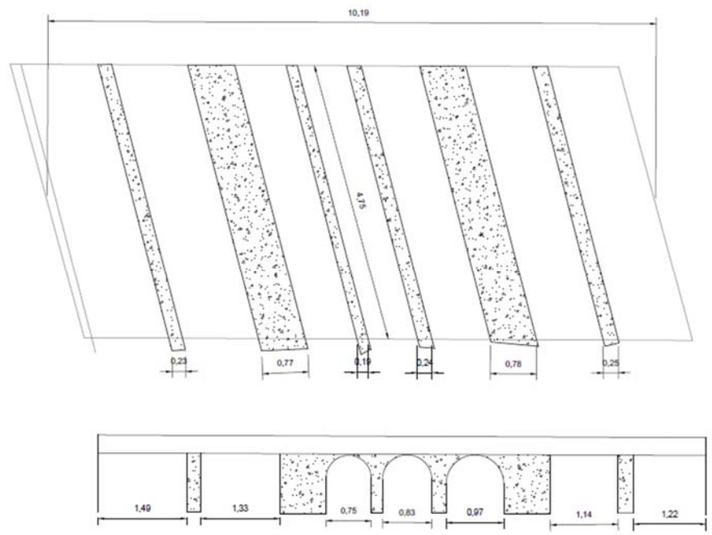
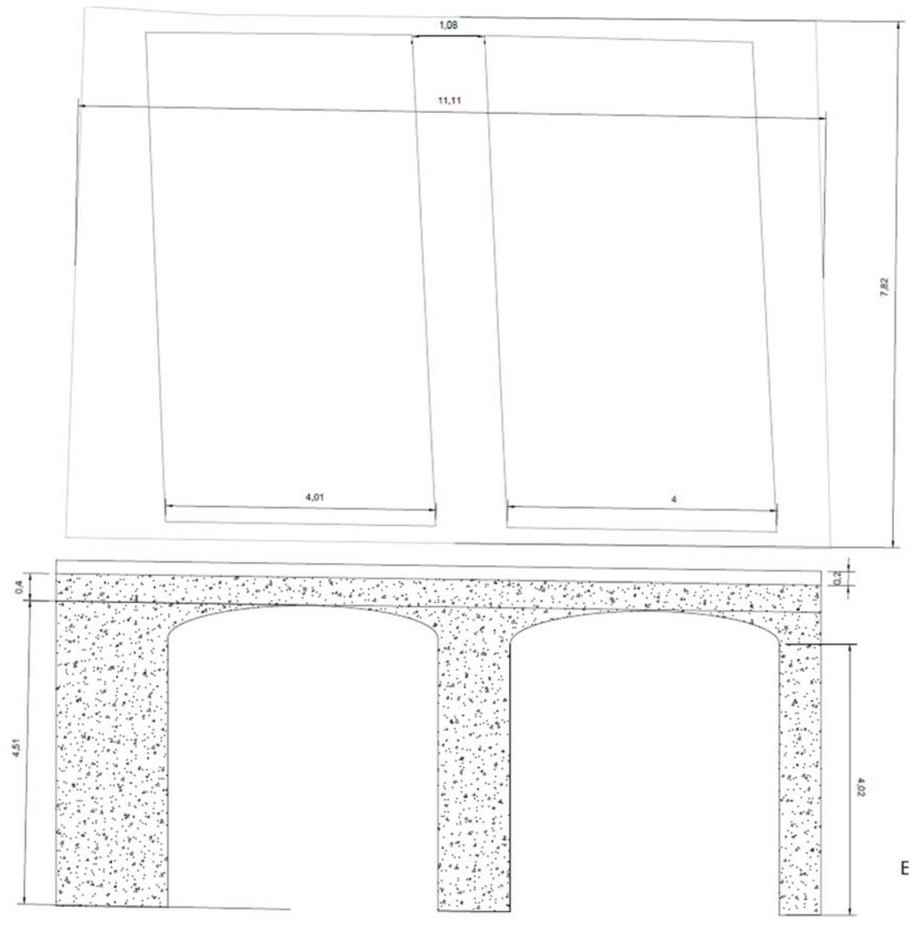


Ilustración 51. Fotos ODT existente nº3 tomadas in situ.



Ilustración 52. Planta y alzado de ODT existente nº2.



Por su parte, en el presente estudio se han modelizado estas estructuras debidamente, como se puede apreciar en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 53. Edición de ODT nº0 – Previa, sometida a estudio (HEC-RAS 6.5)

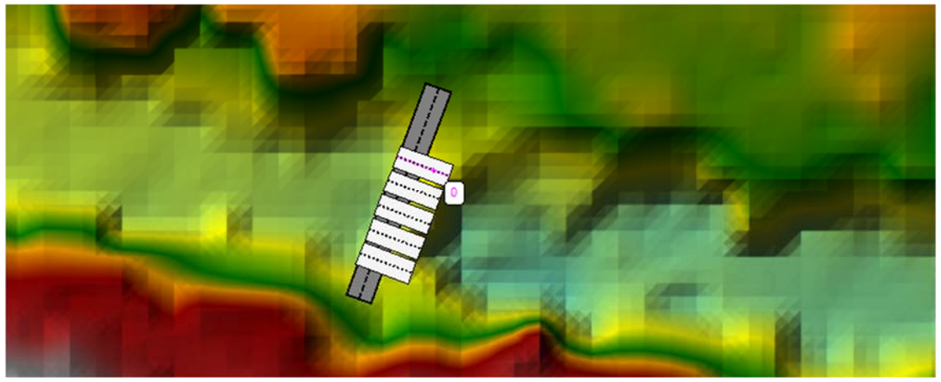


Ilustración 54. Edición de ODT nº1, sometida a estudio (HEC-RAS 6.5)

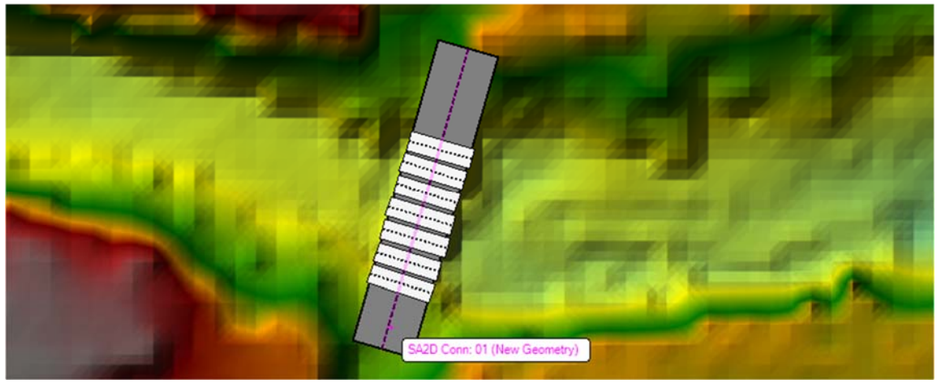


Ilustración 55. Edición de ODT nº2, sometida a estudio (HEC-RAS 6.5)

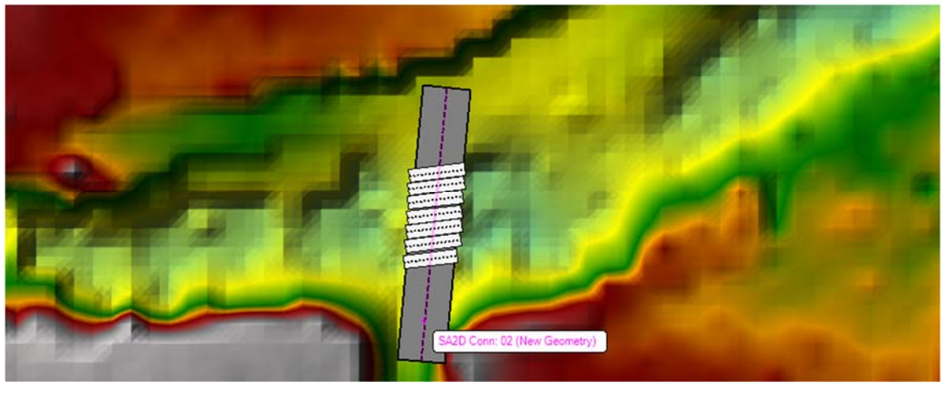
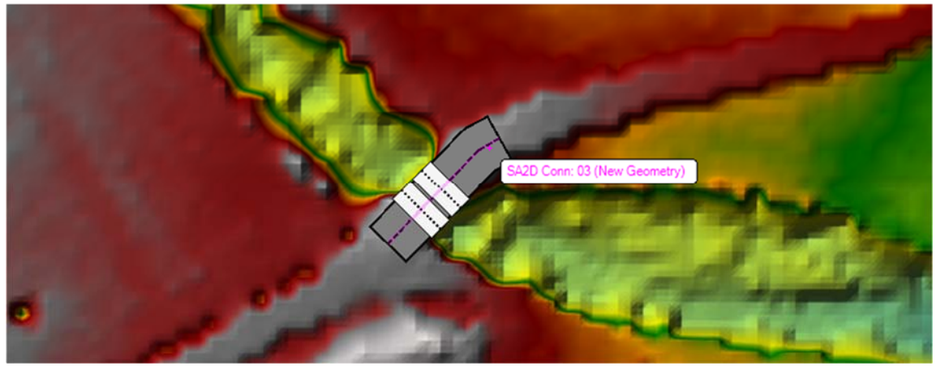
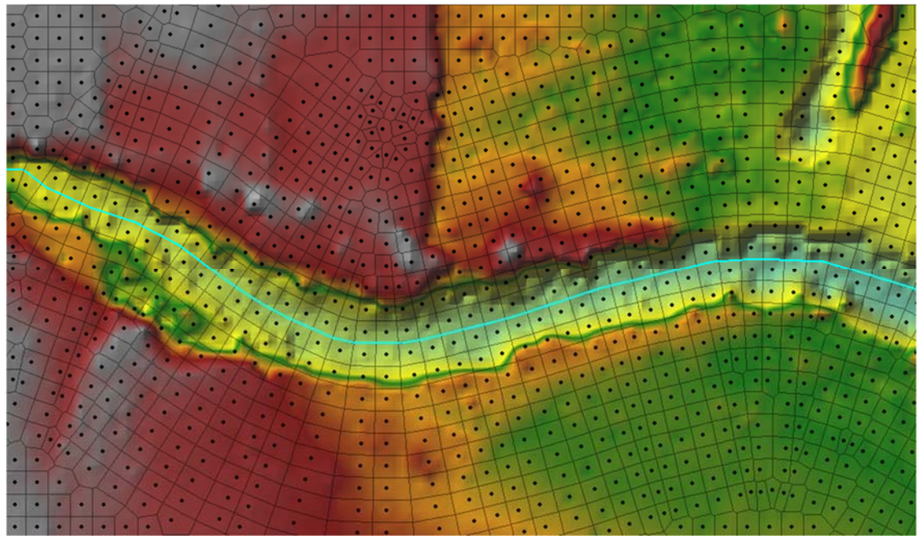


Ilustración 56. Edición de ODT nº2, sometida a estudio (HEC-RAS 6.5)



Por otro lado, se han incluido los tramos de la Red Hidrográfica obtenidos del IGN y de fuentes de la Administración General del Estado (Dirección General del Agua, Instituto Hidrográfico de la Marina, etc.) como líneas de rotura, con el objetivo que se produzca un mayor ajuste de las celdas de la malla de simulación en el entorno de las mismas, obteniendo resultados más óptimos.

Ilustración 19. Red Hidrográfica del ámbito de estudio, utilizada como líneas de rotura.



12.3 Resultados del modelo hidráulico de la red de drenaje principal en el ámbito de actuación

Completadas las simulaciones, HEC-RAS permite realizar la visualización de los resultados de distintas variables y en distintos formatos. De todos ellos, en el presente estudio tiene un especial interés la determinación de las superficies de inundación.

Dichos resultados de inundabilidad, correspondientes a los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, se exponen a continuación, aunque quedan detallados más ampliamente en el **Anexo II – Planos**, para su interpretación, debido a la gran extensión del ámbito sometido a estudio.

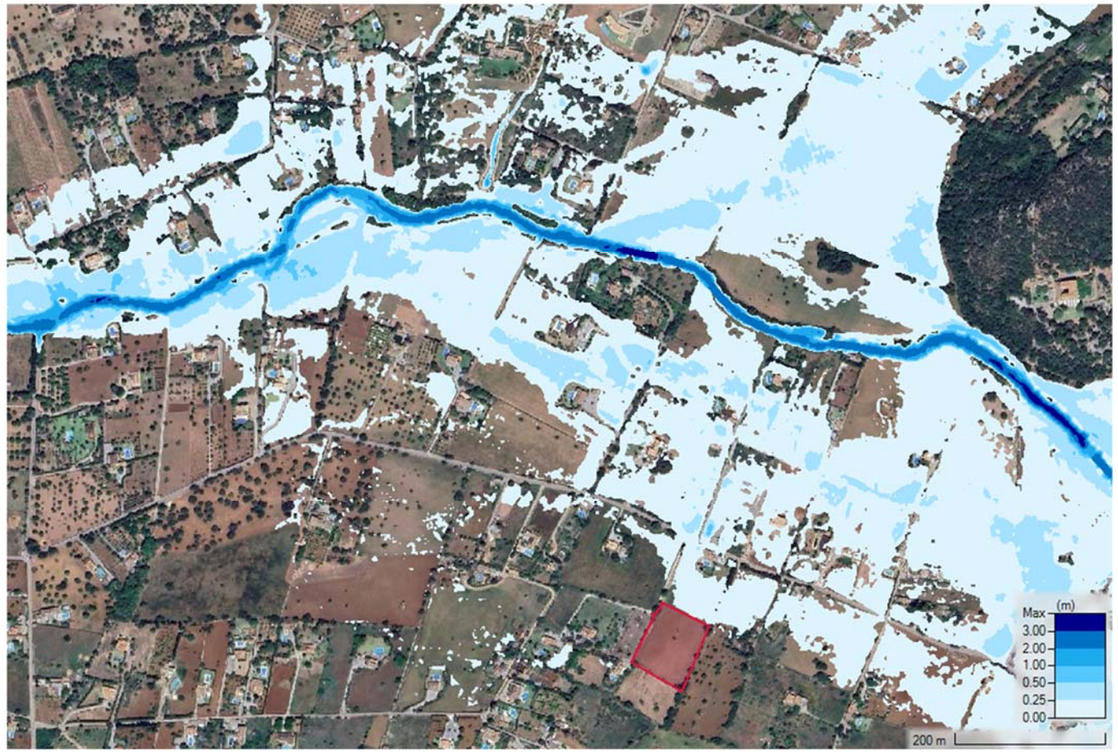
Ilustración 19. Lámina de inundación para T=10 años en el entorno de la parcela analizada.



Ilustración 19. Lámina de inundación para T=100 años en el entorno de la parcela analizada.



Ilustración 19. Lámina de inundación para T=500 años en el entorno de la parcela analizada.



12.1 Diagnosis de resultados

Resultado principal:

Como se puede apreciar en los resultados mostrados en el anterior epígrafe, el modelado hidrológico-hidráulico realizado indica ausencia de inundación sobre la parcela objeto de estudio; la lámina de inundación queda circunscrita al terreno colindante, alcanzando como máximo el perímetro de la parcela.

Posibles causas de la discrepancia con la cartografía del visor:

Como se comentaba al inicio de este estudio, existen discrepancias con la información indicada por las fuentes de la administración del Govern. Las diferencias entre la cartografía de referencia y los resultados del modelado del presente documento pueden deberse, entre otros factores, a:

- distinta resolución y representación del MDT;
- diferencias en condiciones de contorno y calibración del modelo;
- hipótesis de caudal utilizadas;
- inclusión o no de elementos de infraestructura;
- consideración de escenarios climáticos distintos (o de variabilidad en series históricas).

Valoración y recomendaciones técnicas:

1. Tratar la cartografía del Visor de l'Aigua como referencia preventiva e indicativa, útil para planificación y tramitación, pero no sustitutiva del análisis local detallado.
2. Basar la decisión técnica en el presente estudio local, que incorpora modelado detallado y justificación de supuestos específicos para la parcela.
3. Recomendar medidas de autoprotección y prevención proporcionales al riesgo residual (si la Administración lo considera necesario): por ejemplo, defensas ligeras, drenajes puntuales, accesos de emergencia y plan de contingencia.

Nota administrativa.

La determinación final sobre la consideración vinculante de la cartografía del Visor corresponde a las autoridades competentes (Govern de les Illes Balears / Consell de Mallorca / Ajuntament). Este informe aporta la **fundamentación técnica** necesaria para su valoración y para la tramitación de las autorizaciones o condicionantes que dichas autoridades puedan exigir.

12.2 Zona de Flujo Preferente

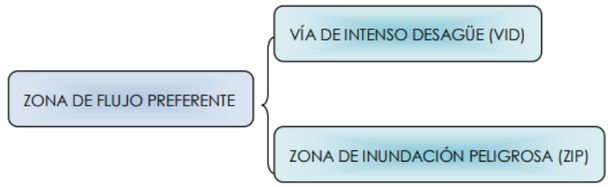
La **Zona de Flujo Preferente (ZFP)**, a la cual hace alusión el Real Decreto 9/2008 de 11 de enero, se define como el resultado de superponer dos zonas o superficies hidráulicas:

• La **Vía de Intenso Desagüe (VID)**, o zona donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas

• La **Zona de Inundación Peligrosa (ZIP)**, donde se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes.

Y todo ello referido a las condiciones hidráulicas estimadas para el período de retorno de 100 años.

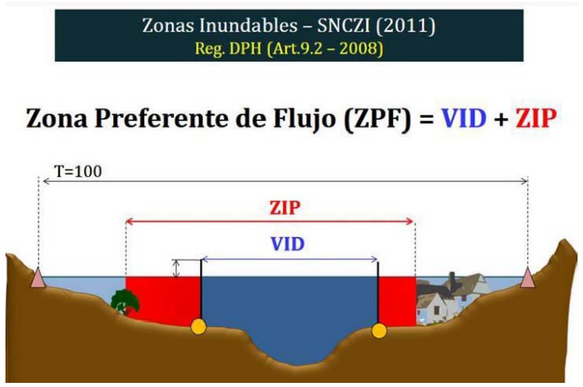
Ilustración 57. Diagrama de composición de la Zona de Flujo Preferente.



Y, para definir concretamente la zona de flujo preferente hay que introducir los conceptos:

- **Zona de Inundación Peligrosa**: De acuerdo con los criterios establecidos en el Real Decreto, la Zona de Inundación Peligrosa o Zona de Graves Daños, viene dado cuando se cumple alguno de los siguientes criterios:
  - Que el calado sea superior a 1 m
  - Que la velocidad sea superior a 1 m/s
  - Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m2/s.
- **Vía de Intenso Desagüe**: Se entiende por Vía de Intenso Desagüe (VID) la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de período de retorno sin producir una sobreelevación mayor de 0,3, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida, considerando toda la llanura de inundación existente.

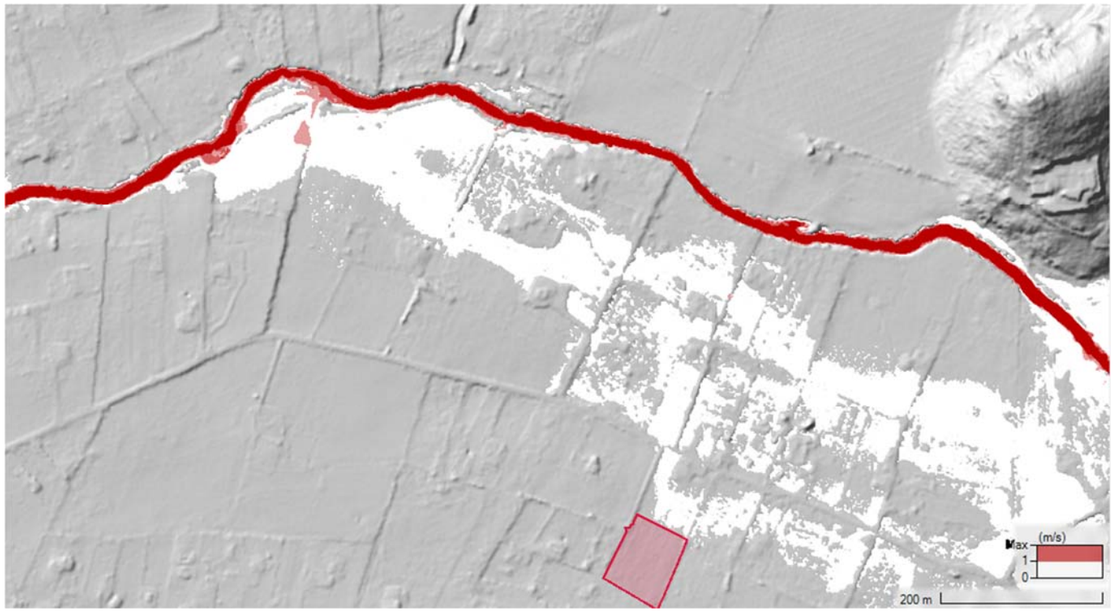
Ilustración 58. Zona de Flujo Preferente.



Los resultados de la **Zona de Flujo Preferente (ZFP)** que se muestran en el **Anexo II – Planos** se han delineado igualándose a la lámina de inundación de la Zona de Inundación Peligrosa (ZIP), por los siguientes motivos:

1. De las condiciones de **Zona de Inundación Peligrosa (ZIP)**, las únicas significativas han resultado ser la de Velocidad>1m/s y calado*velocidad>0,50m²/s, resultando la condición de calado>1m contenida en las dos anteriores.

Ilustración 59. Zona de Inundación Peligrosa (en rojo) sobre lámina de inundación T100.



2. La envolvente de la ZIP queda confinada, en la mayoría del tramo analizado, entre los límites de la ribera del cauce sometido a estudio.

3. Tras analizar la ZIP, se ha comprobado la **Vía de Intenso Desagüe (VID).** Para su obtención, se han realizado varias iteraciones con encroachments o "encauzamientos" mediante el modelado de polígonos de contorno en cada margen del cauce, que sobre elevan la citada lámina de avenida del T100. A medida que se ha ido iterando, se ha ido comprobando la diferencia de ráster generados y el T100 original, mediante calculadora ráster, de forma que no se produzca la citada sobreelevación de 30cm.

El resultado ha sido que la VID queda ceñida en su totalidad dentro de la envolvente que conforma la ZIP. Por tanto, tal y como se muestra en el plano, se ha considerado como ZFP la lámina arrojada por la ZIP. En cualquier caso, las instalaciones proyectadas quedan fuera de cualquiera de los anteriores.

Ilustración 60. Encauzamiento mediante modelado de polígonos en HecRas.

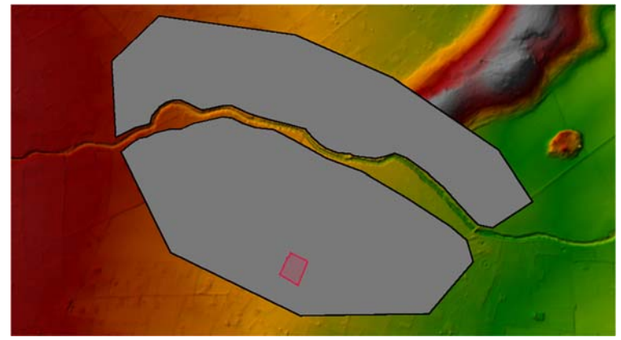


Ilustración 61. Resultado VID mediante Calculadora Raster, en HecRas.

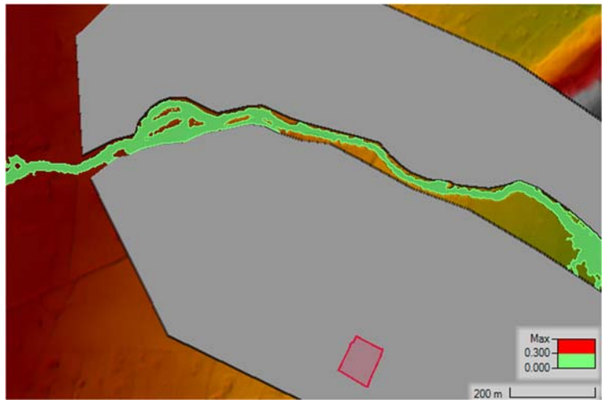


Ilustración 62. Zona de Flujo Preferente calculado con HEC-RAS.



13. CONSIDERACIONES FINALES

El análisis hidrológico e hidráulico realizado mediante modelización bidimensional con HEC-RAS, apoyado en un Modelo Digital del Terreno de alta resolución generado a partir de datos LIDAR, permite afirmar con un elevado nivel de fiabilidad que la parcela objeto de estudio no resulta afectada por las avenidas correspondientes a los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años. Las láminas de inundación obtenidas en todas las simulaciones quedan confinadas en el entorno inmediato del cauce y, en su máxima extensión, alcanzan únicamente el perímetro externo de la parcela, sin llegar a invadir su interior. La estabilidad numérica del modelo, garantizada mediante control del número de Courant y mediante el uso de un mallado de 5×5 m adecuadamente adaptado mediante líneas de rotura, refuerza la solidez de estos resultados.

En relación con la Zona de Flujo Preferente (ZFP), la evaluación conjunta de la Zona de Inundación Peligrosa (ZIP) y de la Vía de Intenso Desagüe (VID) muestra que la envolvente de las condiciones que definen la peligrosidad para el periodo de retorno de 100 años se mantiene íntegramente canalizada dentro del cauce y de su ribera inmediata. Tras las iteraciones realizadas para la delimitación de la VID —comprobando que no se produjesen sobreelevaciones superiores a 30 cm— se comprobó que ambas superficies quedan confinadas entre los límites naturales del cauce, por lo que la ZFP se corresponde con la lámina resultante de la ZIP. En cualquier caso, esta zona queda completamente fuera de la parcela y de las instalaciones proyectadas.

Si bien se ha puesto de manifiesto la existencia de discrepancias entre los resultados del presente estudio y la cartografía de inundabilidad disponible en el Visor de l'Aigua, tales diferencias se consideran coherentes y explicables. Pueden deberse a variaciones en la resolución del MDT utilizado por las fuentes administrativas, a diferencias en las condiciones de contorno y calibración, al distinto tratamiento de infraestructuras hidráulicas o a la aplicación de series hidrológicas o hipótesis de caudal no equivalentes. En este contexto, la cartografía oficial debe entenderse como una herramienta preventiva y de referencia general, pero no como sustitutiva del análisis local detallado que aquí se aporta, especialmente para la valoración de parcelas concretas.

A la luz de todo ello, se concluye que la parcela es compatible con los usos e instalaciones proyectadas, no presentando afecciones directas por inundación en los escenarios analizados. No obstante, como en cualquier entorno próximo a un curso fluvial, se recomienda mantener criterios de diseño prudentes y medidas de autoprotección proporcionadas al riesgo residual, tales como un adecuado drenaje superficial, control de accesos en episodios lluviosos intensos y mantenimiento periódico de las obras de drenaje existentes. Asimismo, se sugiere conservar toda la documentación técnica y los archivos del modelo para su posible revisión futura o para atender a los requerimientos que puedan plantear las administraciones competentes.

Por su parte, conviene subrayar que la determinación vinculante acerca de la consideración de la cartografía oficial y de las posibles condiciones o autorizaciones aplicables corresponde exclusivamente a los organismos competentes (Govern de les Illes Balears, Consell de Mallorca o Ajuntament). El presente estudio aporta, no obstante, la fundamentación técnica necesaria para su valoración y constituye un soporte sólido para la tramitación administrativa del proyecto.

Por último, con los resultados del presente estudio se ha hallado el límite de interés administrativo, como es la delimitación del Dominio Público Hidráulico (propuesto, y conservador, para T=10 años) que queda detallado en el apartado **Anexo II – Planos**.

Así pues, considerando que el presente Estudio Hidrológico e Hidráulico reúne todos los requisitos establecidos por la normativa vigente, se somete a la superioridad, proponiendo su aprobación.

En Vélez-Málaga, diciembre de 2025,



Antonio Dorado Calvo

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

15. ANEXO I: RESUMEN HIDROLÓGICO

15.1 Tiempo de concentración.

Ilustración 63. Tabla: Valores de tiempo de concentración por cuenca.

Cuenca	Superficie (ha)	L (m)	Cota sup (m)	Cota inf (m)	Desnivel (m)	J (m/m)	Kt	T (h)
Torrent de Sant Jordi	3,910.88	13,998	1,102	12	1089.81	0.078	1.26	3.62

15.2 Intensidades medias de precipitación

Ilustración 64. Tabla: Intensidad media de precipitación por cuenca para periodo de retorno T10.

Cuenca	T=10 años					
	I1/Id	T(h)	Fint	Pd' (mm/día)	Id (mm/h)	I (mm/h)
Torrent de Sant Jordi	11.00	3.62	4.78	125.14	5.21	24.95

Ilustración 65. Tabla: Intensidad media de precipitación por cuenca para periodo de retorno T100.

Cuenca	T=100 años					
	I1/Id	T(h)	Fint	Pd' (mm/día)	Id (mm/h)	I (mm/h)
Torrent de Sant Jordi	11.00	3.62	4.78	192.18	8.01	38.31

Ilustración 66. Tabla: Intensidad media de precipitación por cuenca para periodo de retorno T500.

Cuenca	T=500 años					
	I1/Id	T(h)	Fint	Pd' (mm/día)	Id (mm/h)	I (mm/h)
Torrent de Sant Jordi	11.00	3.62	4.78	241.34	10.06	48.11

15.3 Coeficiente de escorrentía

Ilustración 67. Tabla: Coeficiente de escorrentía por cuenca para periodo de retorno T10.

Cuenca	T=10 años				
	Pd'(mm)	P'o	factor β	P'o (corregido)	C
Torrent de Sant Jordi	125.14	30.44	3.00	91.31	0.04

Ilustración 68. Tabla: Coeficiente de escorrentía por cuenca para periodo de retorno T100.

Cuenca	T=100 años				
	Pd'(mm)	P'o	factor β	P'o (corregido)	C
Torrent de Sant Jordi	192.18	30.44	3.00	91.31	0.13

Ilustración 69. Tabla: Coeficiente de escorrentía por cuenca para periodo de retorno T500.

Cuenca	T=500 años				
	Pd'(mm)	P'o	factor β	P'o (corregido)	C
Torrent de Sant Jordi	241.34	30.44	3.00	91.31	0.19

15.4 Caudales.

Ilustración 70. Tabla: Caudales máximos por cuenca para periodo de retorno T10.

Cuenca	T= 10 años				
	C	I (mm/h)	A (Ha)	Coef. K	Q (m3/s)
Torrent de Sant Jordi	0.04	24.95	3,910.88	1.26	12.48

Ilustración 71. Tabla: Caudales máximos por cuenca para periodo de retorno T100.

Cuenca	T= 100 años				
	C	I (mm/h)	A (Ha)	Coef. K	Q (m3/s)
Torrent de Sant Jordi	0.13	38.31	3,910.88	1.26	69.45

Ilustración 72. Tabla: Caudales máximos por cuenca para periodo de retorno T500.

Cuenca	T= 500 años				
	C	I (mm/h)	A (Ha)	Coef. K	Q (m3/s)
Torrent de Sant Jordi	0.19	48.11	3,910.88	1.26	127.74

16. ANEXO II: PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

01 – SITUACIÓN E ÍNDICE DE PLANOS.

02 – CUENCAS VERTIENTES.

03 – USOS DE SUELO.

04 – LÁMINAS DE INUNDACIÓN.

05 – VELOCIDADES.

06 – ZONA DE FLUJO PREFERENTE.

SITUACIÓN E ÍNDICE DE PLANOS





LEYENDA

SITUACIÓN E ÍNDICE DE PLANOS

1. SITUACIÓN E ÍNDICE DE PLANOS
2. CUENCAS VERTIENTES
3. USOS DE SUELO
4. LÍMITES DE INUNDACIÓN
5. VELOCIDADES
6. ZONA DE FLUJO PREFERENTE

HIDROGRAFÍA

- CAUCES PRINCIPALES (RED HIDROGRÁFICA)
- SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

- PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA

- Tramo de red hidrográfica (cauce principal) obtenido de datos procedentes del IGN y de fuentes de la Administración General del Estado (Dirección General del Agua DGA; Instituto Hidrográfico de la Marina IHM, etc.).
- Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/20.000
0m 200 400 600
UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

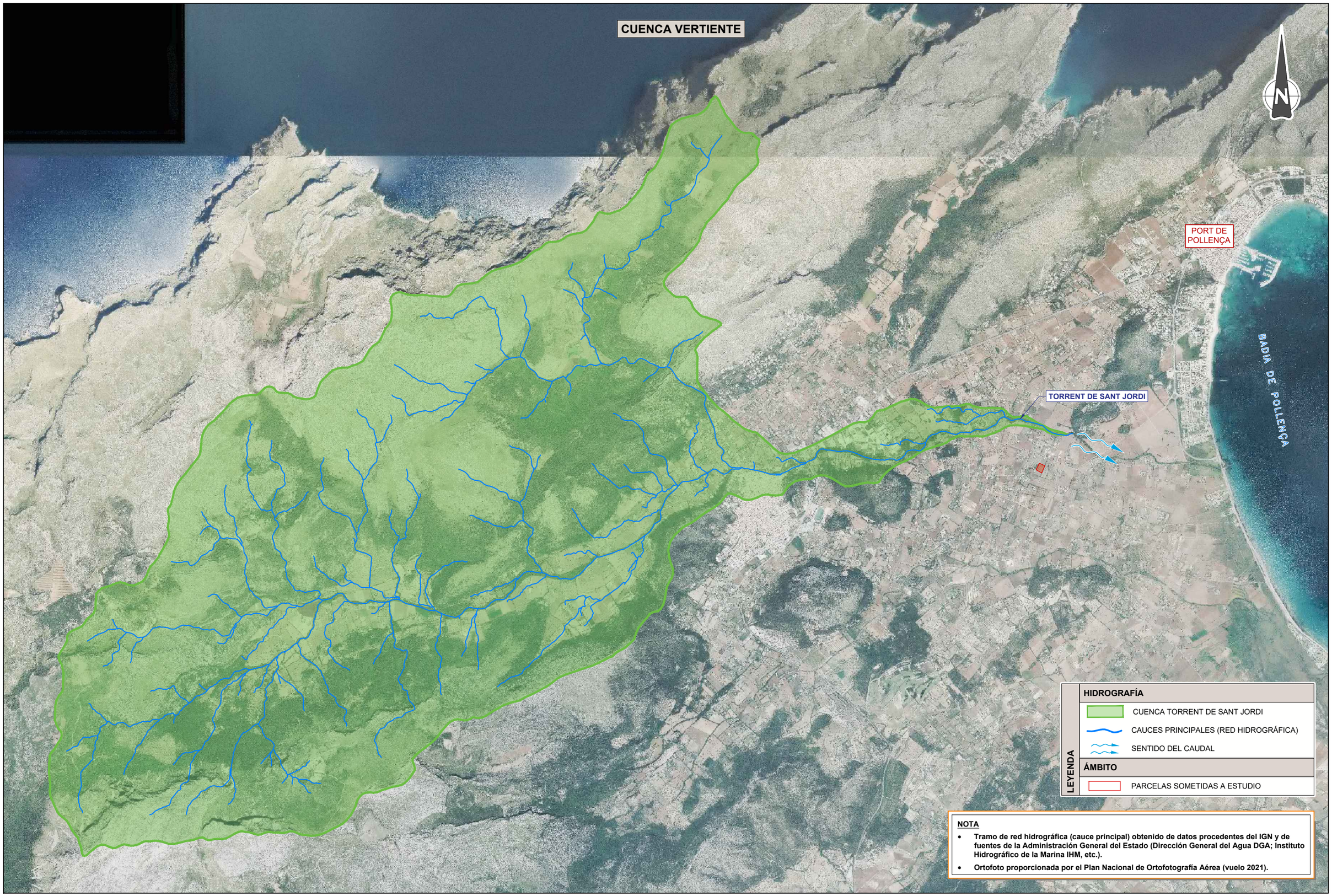
TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2025

TITULO DEL PLANO:
SITUACIÓN E ÍNDICE DE PLANOS

PLANO Nº: 1

HOJA 1 DE 1



ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/40.000
0m 400 800 1.200
UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

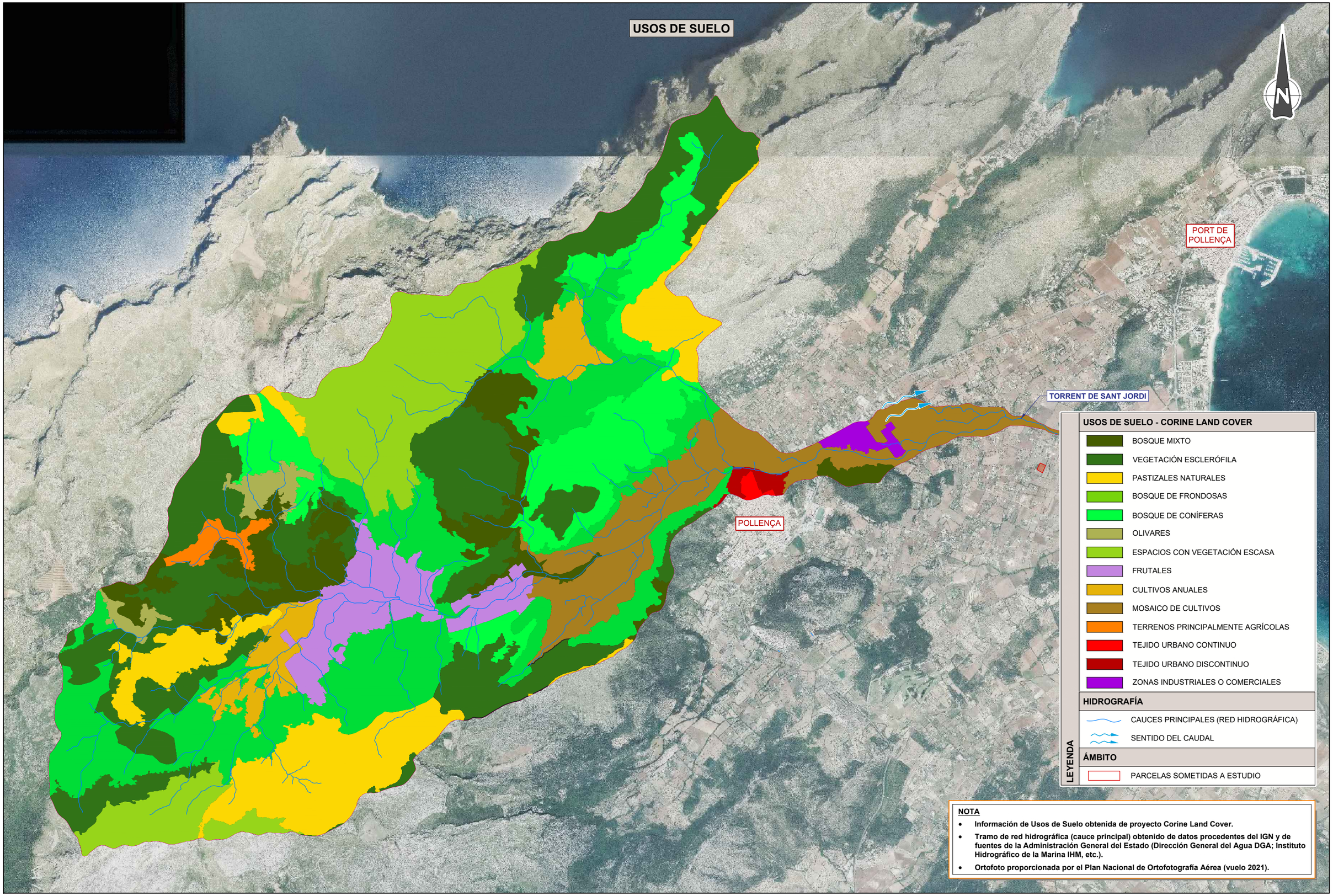
FECHA : DICIEMBRE 2025

TITULO DEL PLANO:
CUENCA VERTIENTE

PLANO Nº: 2

HOJA 1 DE 1

USOS DE SUELO



LEYENDA

USOS DE SUELO - CORINE LAND COVER

- BOSQUE MIXTO
- VEGETACIÓN ESCLERÓFILA
- PASTIZALES NATURALES
- BOSQUE DE FRONDOSAS
- BOSQUE DE CONÍFERAS
- OLIVARES
- ESPACIOS CON VEGETACIÓN ESCASA
- FRUTALES
- CULTIVOS ANUALES
- MOSAICO DE CULTIVOS
- TERRENOS PRINCIPALMENTE AGRÍCOLAS
- TEJIDO URBANO CONTINUO
- TEJIDO URBANO DISCONTINUO
- ZONAS INDUSTRIALES O COMERCIALES

HIDROGRAFÍA

- CAUCES PRINCIPALES (RED HIDROGRÁFICA)
- SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

- PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA

- **Información de Usos de Suelo obtenida de proyecto Corine Land Cover.**
- **Tramo de red hidrográfica (cauce principal) obtenido de datos procedentes del IGN y de fuentes de la Administración General del Estado (Dirección General del Agua DGA; Instituto Hidrográfico de la Marina IHM, etc.).**
- **Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).**

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/40.000
0m 400 800 1.200
UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2025

TITULO DEL PLANO: **USOS DE SUELO**

PLANO Nº: 3

HOJA 1 DE 1

LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=10 AÑOS

TORRENT DE SANT JORDI

N

LEYENDA

CALADOS

3.0 m
2.5 m
2.0 m
1.5 m
1.0 m
0.5 m
0.0 m

LEYENDA

INUNDABILIDAD

Lámina de inundación

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA

- Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Terreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/4.000
0m 40 80 120
UNE A-3
ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI,
A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3,
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2025

TITULO DEL PLANO:
LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=10 AÑOS

PLANO Nº: 4.1

HOJA 1 DE 1

LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=100 AÑOS

TORRENT DE SANT JORDI

N

LEYENDA

CALADOS

3.0 m
2.5 m
2.0 m
1.5 m
1.0 m
0.5 m
0.0 m

LEYENDA

INUNDABILIDAD

Lámina de inundación

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA

- Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Terreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/4.000

0m 40 80 120

UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2025

TITULO DEL PLANO: **LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=100 AÑOS**

PLANO Nº: 4.2

HOJA 1 DE 1

LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=500 AÑOS

TORRENT DE SANT JORDI

N

LEYENDA

CALADOS

3.0 m
2.5 m
2.0 m
1.5 m
1.0 m
0.5 m
0.0 m

LEYENDA

INUNDABILIDAD

Lámina de inundación

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA

- Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Terreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/4.000
0m 40 80 120
UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA :
DICIEMBRE 2025

TITULO DEL PLANO:
LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=500 AÑOS

PLANO Nº:
4.3

HOJA 1 DE 1

VELOCIDADES PARA T=10 AÑOS

TORRENT DE SANT JORDI

N

LEYENDA

VELOCIDADES

8.0 m
7.0 m
6.0 m
5.0 m
4.0 m
3.0 m
2.0 m
1.0 m
0.0 m

LEYENDA

VELOCIDADES

Velocidades

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA

- Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Terreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/4.000
0m 40 80 120
UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2025

TITULO DEL PLANO:
VELOCIDADES PARA T=10 AÑOS

PLANO Nº: 5.1

HOJA 1 DE 1

VELOCIDADES PARA T=100 AÑOS

TORRENT DE SANT JORDI

N

LEYENDA

VELOCIDADES

8.0 m
7.0 m
6.0 m
5.0 m
4.0 m
3.0 m
2.0 m
1.0 m
0.0 m

LEYENDA

VELOCIDADES

Velocidades

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA

- **Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Terreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).**
- **Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).**

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/4.000
0m 40 80 120
UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2025

TITULO DEL PLANO: **VELOCIDADES PARA T=100 AÑOS**

PLANO Nº: 5.2

HOJA 1 DE 1

VELOCIDADES PARA T=500 AÑOS

TORRENT DE SANT JORDI

N

LEYENDA

VELOCIDADES

8.0 m
7.0 m
6.0 m
5.0 m
4.0 m
3.0 m
2.0 m
1.0 m
0.0 m

LEYENDA

VELOCIDADES

Velocidades

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA

- Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Terreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/4.000
0m 40 80 120
UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2025

TITULO DEL PLANO: **VELOCIDADES PARA T=500 AÑOS**

PLANO Nº: 5.3

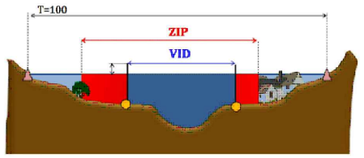
HOJA 1 DE 1

ZONA DE FLUJO PREFERENTE

TORRENT DE SANT JORDI

N

Zona Preferente de Flujo (ZPF) = VID + ZIP



Nota Aclaratoria

Los resultados de la Zona de Flujo Preferente (ZFP) que se muestran en el presente plano se han delineado igualándose a la lámina de inundación de la Zona de Inundación Peligrosa (ZIP), por los siguientes motivos:

1. De las condiciones de Zona de Inundación Peligrosa (ZIP), las únicas significativas han resultado ser la de Velocidad>1m/s y calado*veloc.>0,50m²/s, resultando la condición de calado>1m contenida en las dos anteriores.

2. La envolvente de la ZIP queda confinada, en la mayoría del tramo analizado, entre los límites de la ribera del cauce sometido a estudio.

3. Tras analizar la ZIP, se ha comprobado la Vía de Intenso Desagüe (VID). Para su obtención, se han realizado varias iteraciones con encroachments o "encauzamientos" mediante el modelado de polígonos de contorno en cada margen del cauce, que sobre elevan la lámina de avenida del T100. A medida que se ha ido iterando, se ha ido comprobando la diferencia de ráster generados y el T100 original, mediante calculadora ráster, de forma que no se produzca la citada sobreelevación de 30cm. El resultado ha sido que la VID queda ceñida en su totalidad dentro de la envolvente que conforma la ZIP.

Por tanto, tal y como se muestra en el plano, se ha considerado como ZFP la lámina arrojada por la ZIP. En cualquier caso, las instalaciones proyectadas quedan fuera de cualquiera de los anteriores.

NOTA

- **Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Terreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).**
- **Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).**

LEYENDA

ZONA DE FLUJO PREFERENTE
Zona de Flujo Preferente
Contorno delineado a partir de los resultados obtenidos de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno de 100 años.
HIDROGRAFÍA
SENTIDO DEL CAUDAL
ÁMBITO
PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/4.000
0m 40 80 120
UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2025

TITULO DEL PLANO:
ZONA DE FLUJO PREFERENTE

PLANO Nº: 6

HOJA 1 DE 1



LEYENDA

LÍMITES ADMINISTRATIVOS
DELIMITACIÓN D.P.H.
DELIMITACIÓN ZONA DE SERVIDUMBRE
DELIMITACIÓN ZONA DE POLICÍA
ÁMBITO
PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA

- **Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Terreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).**
- **Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).**

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTOR DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/4.000
0m 40 80 120
UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SANT JORDI, A SU PASO POR LA PARCELA 312, POLÍGONO 3, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2025

TITULO DEL PLANO:
LÍMITES ADMINISTRATIVOS

PLANO Nº: 7

HOJA 1 DE 1