

Demarcación Hidrográfica del Duero

REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO 3^{er} CICLO

DOCUMENTO PARA CONSULTA PÚBLICA

JULIO 2025



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Índice general

1	Introducción y antecedentes	1
2	Normativa y plazos de aplicación.....	5
3	Información cartográfica y topográfica.....	7
3.1	Modelo Digital del Terreno	7
3.2	Levantamiento de obras de fábrica	10
4	Estudio hidrológico	11
5	Estudio hidráulico	15
5.1	Datos básicos de entrada a los modelos	15
5.2	Modelización bidimensional con IBER	19
6	Mapas de Peligrosidad y Zonas Legales.....	22
6.1	Delimitación del DPH.....	23
6.2	Obtención de la ZFP	25
7	Mapas de Riesgo	28
7.1	Afección a la población	29
7.2	Afección a las actividades económicas	31
7.3	Afección a puntos de especial importancia y áreas de importancia ambiental.....	35
8	Resultados	39
9	Consulta pública.....	41
10	Documentación y bibliografía.....	43

ANEXO 1: LISTADO DE ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN (ARPSI) DEL TERCER CICLO

ANEXO 2: MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO Y ZONAS LEGALES

ANEXO 3: FICHAS RESUMEN DE LOS MODELOS DEL TERCER CICLO

Índice de figuras

Figura 1. ARPSI fluviales de 3 ^{er} ciclo en la D.H. Duero.....	2
Figura 2. Guías de referencia empleadas.....	3
Figura 3. Esquema de las fechas límite para la implementación de la Directiva Europea de Inundaciones en España según el RD 903/2010.....	6
Figura 4. Detalle 3D del MDT del subtramo ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán) bajo ortofoto.....	8
Figura 5.. Mallado vacío para representación edificios ARPSI ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán).....	9
Figura 6. Ej. información topográfica estructura en ARPSI ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán).....	10
Figura 7. Entorno gráfico aplicación CAUMAX.....	12
Figura 8. Ejemplo de ficha generada en CAUMAX del cálculo de caudales para la avenida T010 del tramo ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán).....	13
Figura 9. MDT Actual (arriba) y MDT Natural (debajo). Subtramos ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).....	16
Figura 10. Detalle de malla para representación de carretera. ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán).....	17
Figura 11. Ejemplo de líneas de rotura (en verde). Subtramo ES020/0022_10-1800742-01 (Valladolid).....	17
Figura 12. Ejemplo de condición de contorno aguas debajo de nivel dado para representar el NMN de la presa de la Cuerda del Pozo. Subtramos ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).....	18
Figura 13. Capa n de Manning sobre ortofoto. Subtramos ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).....	18
Figura 14. Ubicación de algunas de las estructuras existentes incluidas en la modelización de los subtramos ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa)...	19
Figura 15. Esquema de trabajo en IBER.....	19
Figura 16. Malla generada por el programa IBER en ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán).....	20
Figura 17. Caracterización de la rugosidad del terreno. ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán).....	20

Figura 18. Ejemplo de calados obtenidos en la modelización de los subtramos ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).....	21
Figura 19. Ejemplo de velocidades obtenidas en la modelización de los subtramos ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).....	21
Figura 20. Zonificación de la zona inundable según la Ley de Aguas y el RDPH. Fuente: MITERD.	22
Figura 21. Constitución de la Zona de Flujo Preferente.	25
Figura 22. Ejemplo de resultados de caudal específico para T100 años.	25
Figura 23. Mapa de calados T500 años. ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).....	26
Figura 24. Mapa de ZI T500 años. ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).....	26
Figura 25. Mapa de ZFP. ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).....	27
Figura 26. Mapa de DPH. ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).....	27
Figura 27. Límites Municipales (IGN) y Secciones Censales (INE). DHD.	30
Figura 28. Detalle Mapa de Riesgo a la Población. ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).....	31
Figura 29. Categorías de uso de suelo adoptadas para los mapas de riesgo.....	32
Figura 30. Detalle actividades económicas ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).	32
Figura 31. Visor Mírame IDE Duero de la CHD.	33
Figura 32. Esquema conceptual de cruce de capas para la obtención del riesgo a las actividades económicas.	34
Figura 33. Detalle Mapa de Riesgo a las Actividades Económicas. ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).....	34
Figura 34. Elementos considerados para la determinación de los riesgos a puntos de especial importancia y áreas de importancia ambiental.....	35
Figura 35. Elementos significativos para la Protección Civil según la Guía “Propuesta de Mínimos”.	36

Figura 36. Detalle Mapa de Puntos de Especial Importancia. ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).....	37
Figura 37. Detalle Mapa de Áreas de Importancia Ambiental. ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).....	38
Figura 38. Detalle del visor del SNCZI (https://sig.miteco.gob.es/snczi/) para la consulta de información de zonas inundables.	39
Figura 39. Detalle de la información asociada a la cartografía de las zonas inundables del SNCZI.	39
Figura 40. Detalle del visor MIRAME (https://mirame.chduero.es/chduero/viewer).....	40

Índice de tablas

Tabla 1. ARPSI fluviales cuyos Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación se exponen a consulta pública en los MAPRI del 3 ^{er} ciclo.	2
Tabla 2. Especificaciones técnicas de las diferentes coberturas LiDAR usadas para los MAPRI del 3 ^{er} ciclo.	8
Tabla 3. Tipos de estudios hidrológicos empleados para los modelos hidráulicos que se exponen a consulta pública en los MAPRI del 3 ^{er} ciclo.	12
Tabla 4. Caudales punta empleados para los modelos cuya cartografía de zonas inundables ha sido revisada y modificada en los MAPRI del 3 ^{er} ciclo.	14
Tabla 5. Nuevos modelos hidráulicos realizados en el marco de los MAPRI del 3 ^{er} ciclo.	15
Tabla 6. Condicionantes de los MDT de trabajo en el SNCZI, extraído de la Guía SNCZI. ..	16

1 Introducción y antecedentes

El [Real Decreto 903/2010](#), de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación (en lo sucesivo, RD 903/2010), que transpone a la legislación española la [Directiva 2007/60/CE](#), del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación (en adelante, Directiva de Inundaciones), establece en su artículo 10 que los organismos de cuenca, en colaboración con las autoridades de Protección Civil de las comunidades autónomas, realizarán Mapas de Peligrosidad y de Riesgo de Inundación.

El mismo Real Decreto indica, en su artículo 21, que los Mapas de Peligrosidad por inundaciones y los Mapas de Riesgo de inundación se revisarán, y si fuese necesario, se actualizarán, a más tardar, el 22 de diciembre de 2019 y, a continuación, cada seis años, que para el caso del 3^{er} ciclo correspondería con finales de 2025.

Previamente a esta revisión y actualización de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación (en adelante, MAPRI) se realizó la revisión y actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (en adelante, EPRI), dando inicio al 3^{er} ciclo de la Directiva de Inundaciones. El resultado de esta revisión fue la inclusión de **4 nuevos subtramos** (15,22 km) de Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (en adelante, **ARPSI**), **todos ellos de origen fluvial**, no habiéndose declarado ningún tramo ARPSI con origen pluvial. De esta manera, según la vigente EPRI se definen para este 3^{er} ciclo de la Directiva de Inundaciones un **total de 220 subtramos de tramos fluviales, pertenecientes a 26 ARPSI, con una longitud total de 488,43 km.**

En esta Memoria se presenta un resumen de la metodología de la elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación, que en el presente 3^{er} ciclo han dado lugar a la actualización y generación de nuevos resultados para los siguientes subtramos ARPSI:

- Los 4 nuevos subtramos ARPSI incluidos en la revisión y actualización de la EPRI del 3^{er} ciclo, que figuran en las 4 primeras filas de la tabla 1;
- 6 subtramos ARPSI existentes de ciclos anteriores para los que se ha vuelto a generar nueva cartografía de zonas inundables.

La siguiente tabla recopila los 10 subtramos ARPSI indicados anteriormente.

SUBTRAMO ARPSI	CAUCE	LONGITUD SUBTRAMO (km)	CARTOGRAFÍA PELIGROSIDAD	CARTOGRAFÍA RIESGO
ES020/0015_09-1800001-03	Río Duero	2,99	Revisada, sin cambios	Nueva
ES020/0015_09-1800001-04	Río Duero	1,67	Revisada, sin cambios	Nueva
ES020/0018_07-1800092-01	Río Vena	8,70	Revisada, sin cambios	Nueva
ES020/0022_10-1800742-01	Arroyo del Horcajo	1,86	Revisada, actualizada	Nueva

SUBTRAMO ARPSI	CAUCE	LONGITUD SUBTRAMO (km)	CARTOGRAFÍA PELIGROSIDAD	CARTOGRAFÍA RIESGO
ES020/0013_05-1800005-06	Río Carrión	2,40	Revisada, actualizada	Revisada, actualizada
ES020/0013_05-1800005-07	Río Carrión	7,91	Revisada, actualizada	Revisada, actualizada
ES020/0013_05-1800303-01	Arroyo de Villalobón	4,56	Revisada, actualizada	Revisada, actualizada
ES020/0025_12-1801417-01	Arroyo de la Fuente de la Porra	1,37	Revisada, actualizada	Revisada, actualizada
ES020/0020_08-1800199-01	Río Revinuesa	0,35	Revisada, actualizada	Revisada, actualizada
ES020/0020_08-1800896-01	Río Remonico	1,09	Revisada, actualizada	Revisada, actualizada

Tabla 1. ARPSI fluviales cuyos Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación se exponen a consulta pública en los MAPRI del 3^{er} ciclo.

Para el resto de los 210 subtramos ARPSI se han actualizado sus capas de riesgo de acuerdo con las prescripciones de la Guía “Propuesta de Mínimos para la realización de los Mapas de Riesgo de Inundación. Actualización de la metodología para la elaboración de la cartografía de peligrosidad y riesgo de inundación. Directiva de Inundaciones - 3^{er} ciclo”, elaborada por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD) en julio de 2025 (en adelante, *Propuesta de Mínimos*).

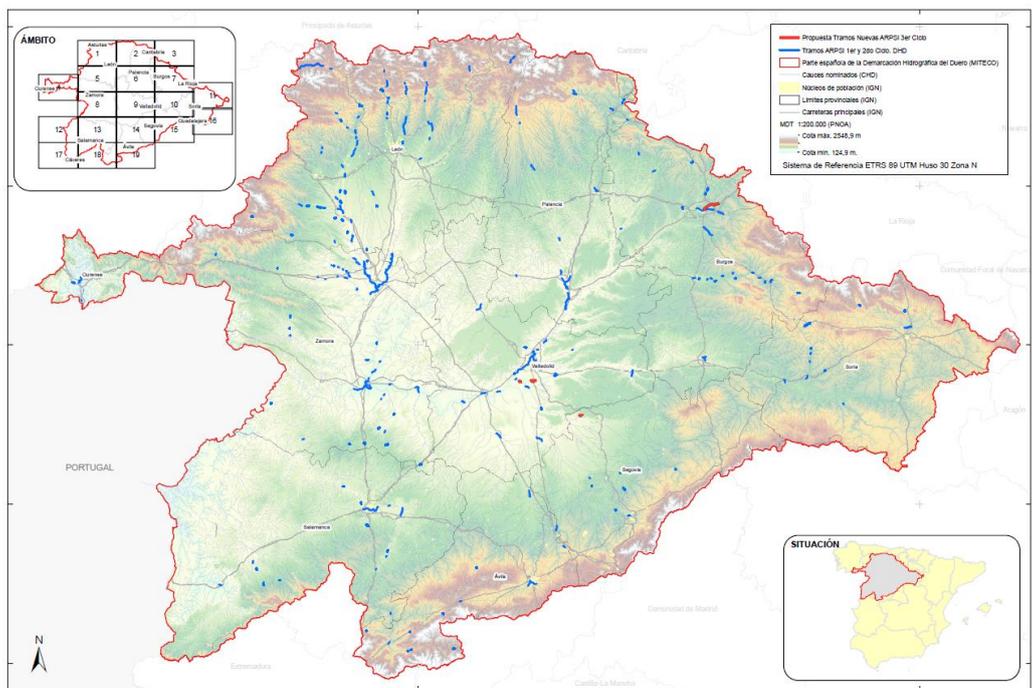


Figura 1. ARPSI fluviales de 3^{er} ciclo en la D.H. Duero.

Los mapas han sido elaborados utilizando técnicas avanzadas en cartografía y modelización hidráulica bidimensional. En concreto, se han seguido las siguientes etapas:

- Revisión de los Modelos Digitales del Terreno (MDT) a partir de la cartografía LiDAR (*Light Detection and Ranging*);
- Revisión de las obstrucciones al flujo (puentes, obras de drenaje y azudes);
- Adaptación y revisión de los estudios hidrológicos existentes y realización de nuevos estudios;
- Análisis general de los estudios hidráulicos existentes y construcción de nuevos modelos en caso necesario;
- Generación de la cartografía de peligrosidad;
- Generación de mapas de riesgo.

La metodología seguida para la elaboración de los presentes MAPRI del 3^{er} ciclo ha sido, en términos generales, la indicada en la [“Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables”](#), editada por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en 2011 (en adelante, *Guía SNCZI*).

En relación con la delimitación del Dominio Público Hidráulico (DPH), la Zona de Flujo Preferente (ZFP), las Zonas Inundables (ZI) y la elaboración de los Mapas de Peligrosidad, se ha seguido la metodología establecida en los “Criterios de Revisión. Directiva Inundaciones - 2^o Ciclo”, elaborada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) en 2019.

Finalmente, los criterios aplicados en la elaboración de los Mapas de Riesgo han sido los establecidos en la anteriormente mencionada *Propuesta de Mínimos*.



Figura 2. Guías de referencia empleadas.

Además de las publicaciones mencionadas, el capítulo 9 de la presente Memoria recopila toda la bibliografía que se ha empleado o de algún modo ha repercutido en la elaboración de toda la documentación relativa a los MAPRI.

La revisión de los MAPRI 3^{er} ciclo de la Demarcación Hidrográfica del Duero (en adelante, DHD) se estructura en el presente documento Memoria que, a su vez, incluye 3 Anexos:

- Anexo 1 “Listado de Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación del tercer ciclo”, relación detallada de todos los subtramos ARPSI de la DHD;
- Anexo 2 “Mapas de Peligrosidad y Riesgo y Zonas Legales”, que contiene el conjunto de mapas generados;
- Anexo 3 “Fichas resumen de los modelos del tercer ciclo”, que recopilan la información técnica más relevante de los nuevos modelos hidráulicos construidos.

2 Normativa y plazos de aplicación

Los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de inundación se han elaborado de acuerdo con el RD 903/2010 que transpone la Directiva de Inundaciones a la legislación española.

En concreto, los artículos 8 y 9 del RD 903/2010 establecen la obligación de desarrollar los MAPRI para cada ARPSI, identificada en la EPRI, para los escenarios de alta (cuando proceda), media y baja probabilidad, correspondientes a las avenidas con periodos de retorno de 10, 100 y 500 años respectivamente.

La Directiva de Inundaciones obliga a que los trabajos relativos a las EPRI y los MAPRI, así como los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (en adelante, PGRI) basados en los anteriores, se actualicen cada 6 años, marcando unas fechas límite para su revisión y actualización. Estas fechas han sido establecidas en el RD 903/2010 de la siguiente forma:

➤ Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI)

Primer ciclo

- *Artículo 7 “Elaboración de la evaluación preliminar del riesgo de inundación”.*
 - *Apartado 8: La evaluación preliminar del riesgo de inundación concluirá antes del 22 de diciembre de 2011.*

Segundo ciclo

- *Artículo 21 “Actualizaciones y revisiones”*
 - *Apartado 1. La evaluación preliminar de riesgo de inundaciones se actualizará a más tardar el 22 de diciembre de 2018, y a continuación cada seis años.*

En cumplimiento con lo anterior, la revisión de la EPRI del 3^{er} ciclo fue sometida a Consulta Pública por un plazo de 3 meses tras su publicación en el [BOE en septiembre de 2024](#).

➤ Mapas de Peligrosidad y Riesgo (MAPRI)

Primer ciclo

- *Artículo 10 “Disposiciones comunes a la cartografía de peligrosidad y de riesgo de inundación”.*
 - *Apartado 6: Los mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación deberán elaborarse antes del 22 de diciembre de 2013.*

Segundo ciclo

- *Artículo 21 “Actualizaciones y revisiones”*
 - *Apartado 2. Los mapas de peligrosidad por inundaciones y los mapas de riesgo de inundación se revisarán, y si fuese necesario, se actualizarán a más tardar el 22 de diciembre de 2019 y, a continuación, cada seis años.*

De acuerdo con lo anterior, la actualización de los MAPRI del 3^{er} ciclo debe ser publicada a finales de diciembre de 2025, una vez sometida al proceso de Consulta Pública durante 3 meses.

➤ **Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI)**

Primer ciclo

- *Artículo 13 “Procedimiento de elaboración y aprobación de los planes”*
 - *Apartado 7: Los planes de gestión del riesgo de inundación se aprobarán y publicarán antes del 22 de diciembre de 2015.*

Segundo ciclo

- *Artículo 21 “Actualizaciones y revisiones”*
 - *Apartado 3. Los planes de gestión del riesgo de inundación, incluidos los componentes indicados en la parte B del anexo, se revisarán y se actualizarán a más tardar el 22 de diciembre de 2021 y, a continuación, cada seis años.*

En línea con lo indicado, la actualización del PGRI del 3er ciclo deberá ser publicada a finales de diciembre de 2027, una vez sometida al proceso de información pública durante 3 meses.

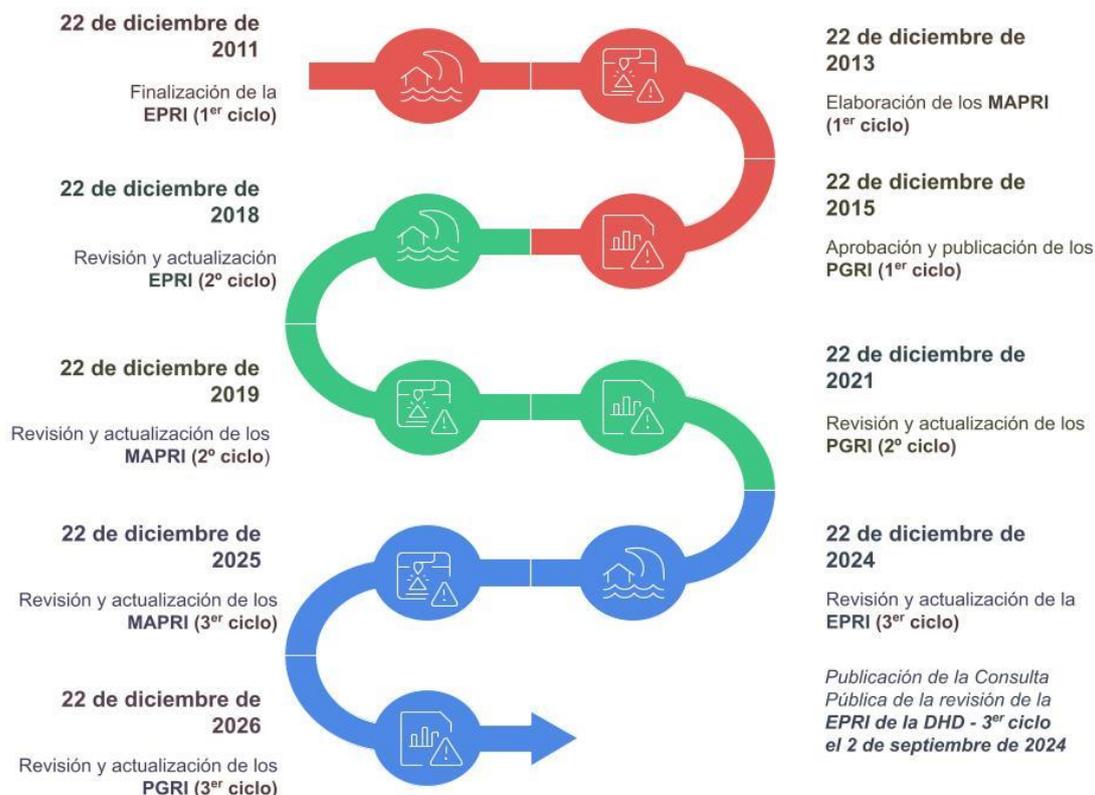


Figura 3. Esquema de las fechas límite para la implementación de la Directiva Europea de Inundaciones en España según el RD 903/2010.

3 Información cartográfica y topográfica

Este apartado recoge la descripción del material cartográfico empleado para la generación de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo tanto de las nuevas ARPSI del 3^{er} ciclo como de aquellas ARPSI, de ciclos anteriores, cuya cartografía de zonas inundables se ha considerado revisar en esta fase.

La información cartográfica y topográfica empleada para la elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo debe ser lo más actualizada posible y presentar una calidad suficiente y acorde con los requisitos establecidos por la *Guía SNCZI*. En líneas generales, se han empleado los siguientes elementos:

- El Modelo Digital del Terreno (MDT) del tramo fluvial a estudiar con la mejor resolución existente. Los MDT utilizados para los modelos analizados en este documento se han generado a partir de los vuelos LiDAR disponibles en cada una de las zonas de estudio;
- Ortofotografía más reciente del área de estudio con la mejor resolución posible (PNOA 2023);
- Inventario de estructuras (elementos obstructores del flujo) procedentes de recopilación de estudios específicos, trabajos existentes y visitas a campo.

3.1 Modelo Digital del Terreno

Tanto los nuevos modelos hidráulicos como aquellos que han sido revidados en los presentes MAPRI del 3^{er} ciclo se han basado en cartografía generada a partir de MDTs que han sido construidos a partir de la información procedente los vuelos LiDAR llevados a cabo por el [Instituto Geográfico Nacional](#) (en adelante, IGN) en el marco del proyecto del [Plan Nacional de Ortofotografía Aérea](#) (PNOA – LiDAR).

Tal y como establece la *Guía SNCZI*, los MDT empleados deben ser capaces de representar fielmente la realidad del terreno. Según esto, se ha hecho uso de la información LiDAR más actualizada posible en cada área de estudio. así, excepto en el caso del tramo de Miranda de Azán (ES020/0025_12-1801417-01), donde el vuelo LiDAR más actualizado era el de la 1^a cobertura completa del territorio español (año 2015), el resto de los tramos estudiados se realizaron sobre información procedente de la 2^a cobertura. En este caso, los años de las coberturas varían desde el periodo 2017-2018, para el subtramo ARPSI (ES020/0022_10-1800742-01, en Vallelado) y el 2019 para el resto de subtramos estudiados. La 3^a cobertura del proyecto LiDAR, en el caso particular de la Comunidad Autónoma de Castilla y León, no ha sido ejecutada a fecha de redacción del presente documento, por lo que sus resultados no han podido ser empleados para la elaboración de los MAPRI 3^{er} ciclo.

Las características de los productos LiDAR brutos, a partir de los cuales se generaron los MDT correspondientes, fueron:

CARACTERÍSTICA	PRIMERA COBERTURA	SEGUNDA COBERTURA
Densidad mínima de puntos	0,5 puntos/m ²	0,5-2 puntos/m ²
Años vuelo	2009-2015	2015-2021
Sistema geodésico de referencia	ETRS89, proyección UTM huso 30, zona N	
RMSE Z	≤ 40 cm	≤ 20 cm
Precisión planimétrica estimada	≤ 30 cm	

Tabla 2. Especificaciones técnicas de las diferentes coberturas LiDAR usadas para los MAPRI del 3^{er} ciclo.

Esta información y los archivos para su descarga están disponibles en el [Centro de Descarga del CNIG](#) (Centro Nacional de Información Geográfica).

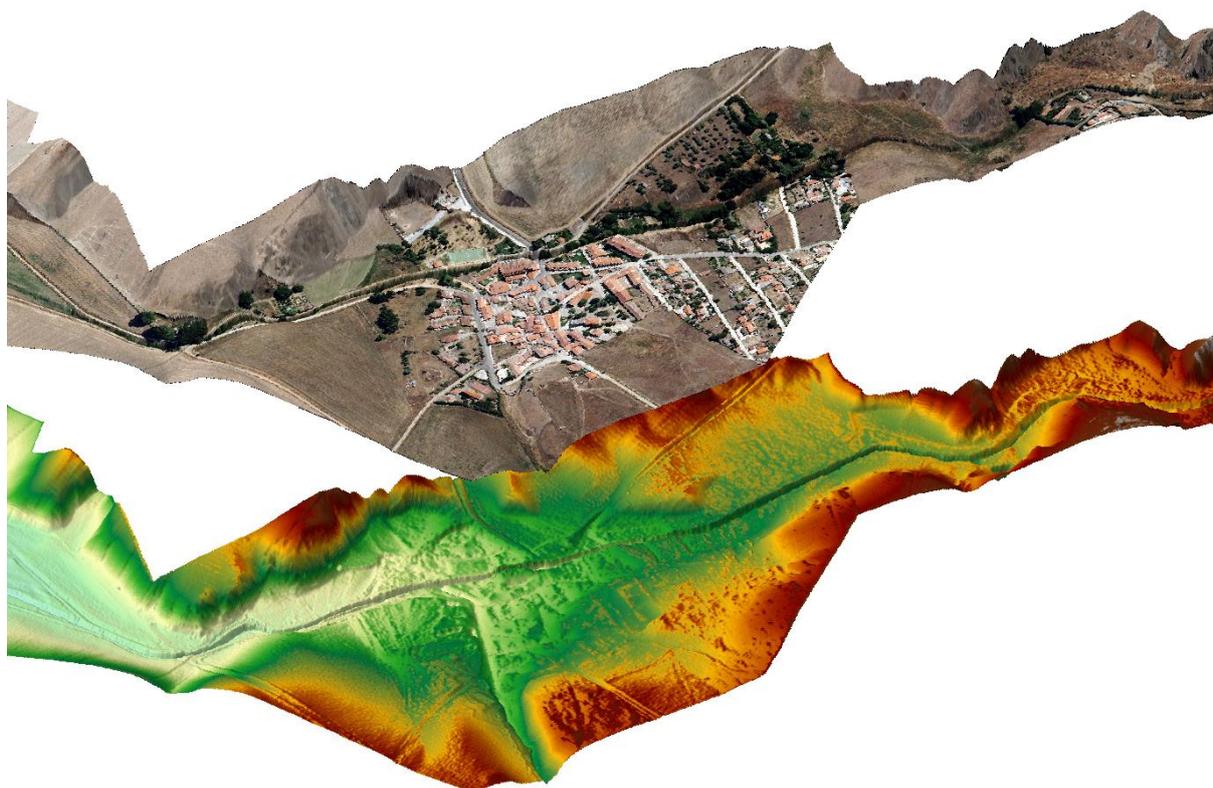


Figura 4. Detalle 3D del MDT del subtramo ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán) bajo ortofoto.

Con objeto de determinar si ha habido modificaciones en el terreno ocurridas desde la generación de la información LiDAR de las diferentes coberturas indicadas, se ha hecho uso de las ortofotografías del PNOA ([comparador de ortofotos del PNOA](#)), así como de otro tipo de información cartográfica actualizada (Base Topográfica Nacional 2025 ([BTN25](#)), usos del suelo procedentes del [SIOSE AR](#) (alta resolución), etc.). Así, se han tratado de detectar zonas del terreno que han sufrido modificaciones desde 2015, en el caso de la 1^a cobertura, o desde 2019, en el caso de la 2^a cobertura.

Este análisis es de especial interés ya que puede influir significativamente en los resultados de los modelos. Algunos ejemplos de estas modificaciones relevantes para los resultados serían aquellas obras hidráulicas ejecutadas en los cauces de estudio (encauzamientos, obras transversales tipo azud, canales de derivación, etc.), obras de infraestructura lineal como carreteras y líneas de ferrocarril, obras de paso, estructuras laterales tipo mota, nuevas edificaciones y, en general, actuaciones en zonas donde se estime que pueda alcanzar la inundación.

Una vez validada la información anterior, se han generado los siguientes productos:

- "MDT Natural" para modelizar la Máxima Crecida Ordinaria (en adelante, MCO), cuyo escenario se basa en una representación del terreno en estado natural. Para ello, se eliminan los siguientes elementos del "MDT original": vegetación, terraplenes de las infraestructuras lineales (carreteras y ferrocarriles), los edificios (con restitución del terreno) y las motas (excepto en zonas urbanas);
- "MDT Actual" para las modelizaciones T010, T100 y T500, basadas en terrenos que representan las condiciones actuales del entorno. Este MDT tampoco representa vegetación ni edificios, pero sí contempla infraestructuras lineales y motas.

El resultado final, en ambos casos, será un MDT de resolución 1x1m.

Respecto a la eliminación de las edificaciones en el "MDT Actual" es necesario matizar que, para la modelización de zonas inundables (T010, T100 y T500) se considera requisito necesario la incorporación de edificios, de manera que quede plenamente representada la realidad del entorno actual. Para resolver este aspecto, a nivel modelo, se ha actuado sobre el mallado, de forma que las edificaciones han quedado representadas por medio de "huecos" o zonas de mallado vacío sobre terreno restituido. Este enfoque se considera adecuado ya que mejora la representación del entramado vial y de calles y reduce la presencia de cotas ficticias en los contornos de construcciones aisladas y manzanas de edificios. Para ello se ha hecho uso de la trama de edificaciones del BTN25.



Figura 5.. Mallado vacío para representación edificios ARPSI ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán).

4 Estudio hidrológico

El RD 903/2010 indica, en su artículo 8, que los Mapas de Peligrosidad deberán contemplar, al menos, los siguientes escenarios:

- Alta probabilidad de inundación, cuando proceda;
- Probabilidad media de inundación (periodo de retorno \geq 100 años);
- Baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (periodo de retorno = 500 años).

Con el fin de dar cumplimiento a este artículo, los Mapas de Peligrosidad de la DHD de los ciclos anteriores utilizaron como referencia las avenidas de periodo de retorno de 10, 100 y 500 años, enfoque que se mantiene en el presente ciclo.

El cálculo de los caudales de avenida se ha realizado con base en la información hidrológica disponible en cada cuenca. En ciclos anteriores, la mayor parte de los modelos hidráulicos ejecutados se elaboraron utilizando un régimen de flujo permanente, por lo que el cálculo hidrológico se limitó a una estimación de los caudales punta correspondientes a cada periodo de retorno. En las ARPSI en las que se elaboraron modelos hidráulicos en régimen no permanente, se estimaron los hidrogramas completos de las avenidas. La revisión de la hidrología realizada en el 3^{er} ciclo de las 10 ARPSI analizadas implica algunos cambios respecto a los ciclos anteriores. La siguiente tabla resume el tipo de estudios hidrológicos aplicados.

SUBTRAMO ARPSI	CAUCE	TIPO DE ESTUDIO HIDROLÓGICO		
		CICLOS ANTERIORES	3 ^{er} CICLO	VALORES DE CAUDAL
ES020/0015_09-1800001-03	Río Duero	CAUMAX	CAUMAX	Sin cambios
ES020/0015_09-1800001-04	Río Duero	HEC-HMS	HEC-HMS	Sin cambios
ES020/0018_07-1800092-01	Río Vena	CAUMAX	CAUMAX	Sin cambios
ES020/0022_10-1800742-01	Arroyo del Horcajo	CAUMAX	CAUMAX	Sin cambios
ES020/0013_05-1800005-06	Río Carrión	CAUMAX	CAUMAX	Sin cambios
ES020/0013_05-1800005-07	Río Carrión	CAUMAX	CAUMAX	Sin cambios
ES020/0013_05-1800303-01	Arroyo de Villalobón	CAUMAX Hidrograma HEC-HMS	CAUMAX	Sin cambios

SUBTRAMO ARPSI	CAUCE	TIPO DE ESTUDIO HIDROLÓGICO		
		CICLOS ANTERIORES	3 ^{er} CICLO	VALORES DE CAUDAL
ES020/0025_12-1801417-01	Arroyo de la Fuente de la Porra	Método racional	Método racional	Actualización
ES020/0020_08-1800199-01	Río Revinuesa	Método racional	Método racional	Actualización
ES020/0020_08-1800896-01	Río Remonico	Método racional	Método racional	Actualización

Tabla 3. Tipos de estudios hidrológicos empleados para los modelos hidráulicos que se exponen a consulta pública en los MAPRI del 3^{er} ciclo.

De acuerdo con la tabla anterior, los 3 primeros subtramos mantienen sus estudios hidrológicos originales y, por consiguiente, sus caudales. En cuanto al subtramo del arroyo del Horcajo, aunque su hidrología se ha revisado, sus caudales no se ven modificados. Finalmente, en relación con los 6 últimos subtramos, todos sus estudios hidrológicos han sido revisados pero sólo en los últimos 3 subtramos se han producido variaciones en sus caudales.

En general, la estimación de todos los caudales necesarios para los modelos revisados y actualizados en el 3^{er} ciclo de los MAPRI han sido obtenidos a partir de la aplicación [CAUMAX](#), con la excepción de tramo ES020/0015_09-1800001-04- río Duero que se ha hecho a través del software HEC-HMS.

La aplicación CAUMAX. fue desarrollada por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas ([CEDEX](#)) y es una de las herramientas más utilizadas en la Península para la obtención de caudales punta de avenida para distintos períodos de retorno. Recientemente, la aplicación CAUMAX ha sido actualizada para funcionar como un complemento del software [QGIS](#). Las funcionalidades de la aplicación y las recomendaciones para su uso pueden encontrarse en este [documento](#).



Figura 7. Entorno gráfico aplicación CAUMAX.

La herramienta permite, además, aplicar el método racional para cálculo de caudales, el cual se ha empleado en la estimación de caudales de algunos de los subtramos ARPSI estudiados. Finalmente, es posible exportar fichas de resultados por período de retorno, debajo se muestra un ejemplo extraído del estudio para el subtramo ES020/0025_12-1801417-01.

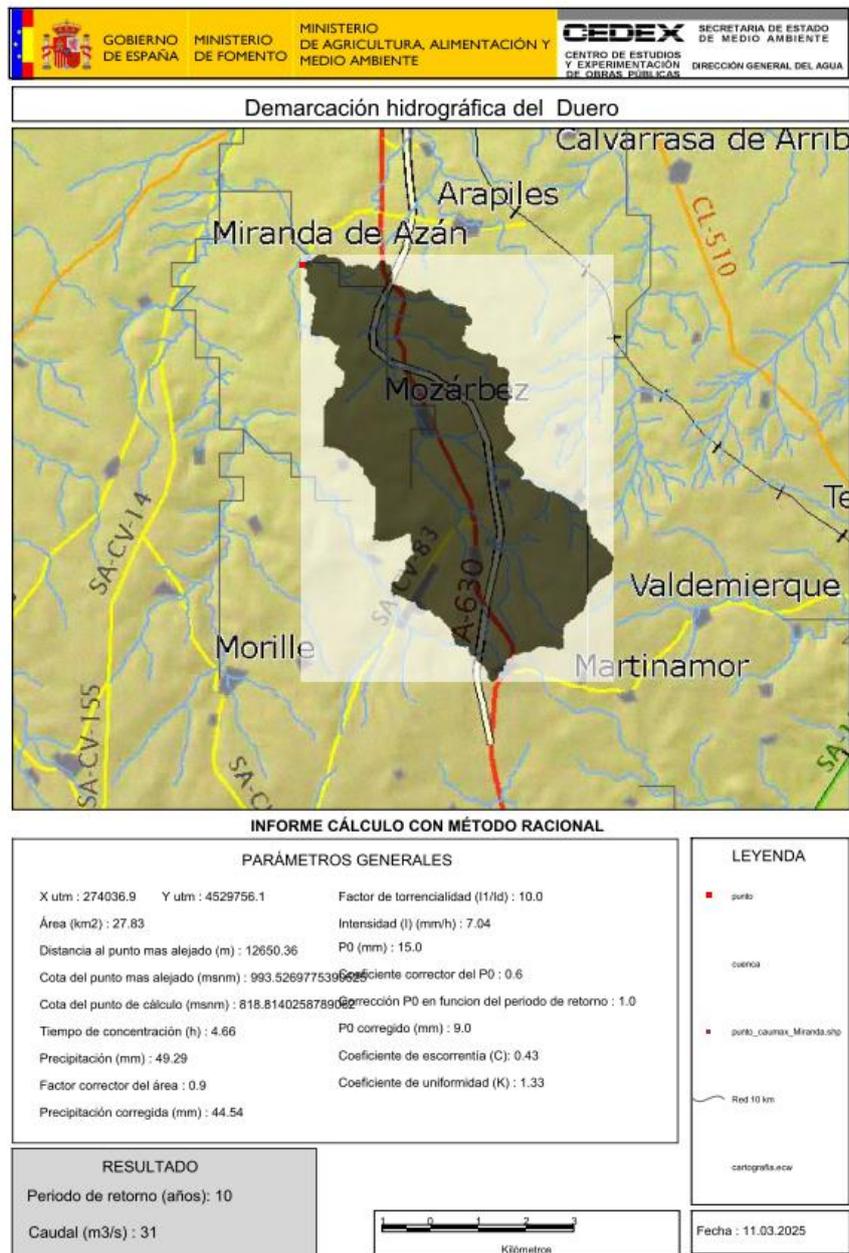


Figura 8. Ejemplo de ficha generada en CAUMAX del cálculo de caudales para la avenida T010 del tramo ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán).

La tabla siguiente recopila los caudales punta utilizados en aquellos subtramos ARPSI para los que se ha generado nueva cartografía de zonas inundables. Tanto la ubicación espacial de los puntos de entrada de caudal, como el resto de parámetros de cálculo de las modelizaciones hidráulicas de estos subtramos, pueden consultarse en las fichas resumen incluidas en el Anexo 3.

SUBTRAMO ARPSI	CAUCE/PUNTO DE ENTRADA EN EL MODELO	CAUDAL PUNTA (m ³ /s)		
		T ₀₁₀	T ₁₀₀	T ₅₀₀
ES020/0022_10-1800742-01	Arroyo del Horcajo bc entrada	1	3	6
	Arroyo del Horcajo bc1	1	2	2
	Arroyo del Horcajo bc2	1	3	6
	Arroyo del Horcajo bc3	1	2	4
	Arroyo del Horcajo bc4	1	4	6
	Arroyo del Horcajo bc5	0,5	1	1
	Arroyo del Horcajo bc6	0,1	0,1	0,2
	Arroyo del Horcajo bc7	1,5	7	12
	Río Cega	134	257	365
ES020/0013_05-1800005-06	Río Carrión	550	885	1118
ES020/0013_05-1800005-07	Río Carrión	550	885	1118
	Río Valdeginatate	60	95	113
ES020/0013_05-1800303-01	Arroyo de Villalobón	29	49	63
ES020/0025_12-1801417-01	Arroyo de la Fuente de la Porra	31	55	75
	Arroyo de las Dehesas	9	16	21
ES020/0020_08-1800199-01	Río Revinuesa	66	110	143
ES020/0020_08-1800896-01	Río Remonicio	15	25	32

Tabla 4. Caudales punta empleados para los modelos cuya cartografía de zonas inundables ha sido revisada y modificada en los MAPRI del 3^{er} ciclo.

5 Estudio hidráulico

Los resultados de la EPRI del 3^{er} ciclo han conducido a la necesidad de revisar y actualizar los modelos hidráulicos de los 10 subtramos expuestos anteriormente en la tabla 1.

La actualización del modelo hidráulico del ARPSI existente en el 2^o ciclo (ES020/0022_10-1800742-01) se hizo utilizando el mismo software con el que fue realizado ([HEC- RAS 2D](#) del US Army Corps of Engineers, [USACE](#)). El resto de los tramos para los que se generaron nuevos modelos hidráulicos se hicieron utilizando el software 2D [IBER](#), versión 3.3.1.

La siguiente tabla resume los nuevos modelos generados en los MAPRI del 3^{er} ciclo. Tal como se puede observar, algunos modelos agrupan varios subtramos ARPSI. Esta concentración ha sido necesaria para facilitar una mejor representación de las zonas inundables, especialmente por la proximidad de los subtramos entre ellos.

DENOMINACIÓN MODELO HIDRÁULICO	CÓDIGO SUBTRAMOS INCLUIDOS EN LA MODELIZACIÓN	CAUCE	LONGITUD MODELO COMPLETO (km)
03_1800011_03_V ALLELADO	ES020/0022_10-1800742-01	Arroyo del Horcajo	19,01
08_0025_12_1801 417_01_ MIRANDA	ES020/0025_12-1801417-01	Arroyo de la Fuente de la Porra	2,89
09_0013_05_1800 303_01_y_180000 5_07_ PALENCIA	ES020/0013_05-1800005-06	Río Carrión	33,89
	ES020/0013_05-1800005-07	Río Carrión	
	ES020/0013_05-1800303-01	Arroyo de Villalobón	
10_0020_08_1800 199_01_y_180089 6_01_ VINUESA	ES020/0020_08-1800199-01	Río Revinuesa	5,93
	ES020/0020_08-1800896-01	Río Remonico	

Tabla 5. Nuevos modelos hidráulicos realizados en el marco de los MAPRI del 3^{er} ciclo.

El sistema de referencia utilizado para todos los modelos ha sido ETRS89, proyección UTM huso 30, zona N. Para más información sobre las especificaciones técnicas de los modelos, se puede consultar sus fichas resumen recopiladas en el Anejo 3 del presente documento.

Los siguientes apartados desarrollan los aspectos más importantes de los modelos hidráulicos elaborados.

5.1 Datos básicos de entrada a los modelos

Con independencia del tipo de software empleado para la realización de las modelizaciones hidráulicas, existen una serie de datos de entrada, en general comunes a cualquier tipo de modelo, que son necesarios introducir para ejecutar las simulaciones:

- Geometría del modelo:** construida a partir de los MDT elaborados, los cuales, como se comentó en el apartado correspondiente, proceden de datos LiDAR, de acuerdo con los criterios técnicos establecidos por la Comisión Europea y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico ([MITECO](#)), son suficientemente precisos y conservadores para la escala, el grado de detalle y el fin de los mapas que componen los MAPRI han sido revisados y actualizados debidamente en caso necesario. Los MDT contemplados, (“MDT Natural” y “MDT Actual”) además de estar depurados de vegetación, presentan todas las características establecidas en la *Guía SNCZI*. Llegados a este punto, se considera adecuado incluir la siguiente tabla, que resume los aspectos básicos que deben presentar ambos MDT.

Tabla 2. Condicionantes de los MDT de trabajo en el SNCZI.		
Condicionante	Modelización de zonas inundables	Modelización de DPH
	MDT ACTUAL	MDT NATURAL
Tipo de modelización	Modelización en régimen alterado de caudales Introducción de puentes en modelo	Modelización en régimen natural de caudales
Actuaciones sobre el MDE para obtener el MDT de trabajo	Eliminación de: <ul style="list-style-type: none"> • Vegetación • Tableros, pilas y estribos de puentes Mantenimiento de: <ul style="list-style-type: none"> • Motas • Encauzamientos y cortas • Edificios salvo excepciones 	Eliminación, en el ámbito de DPH, de: <ul style="list-style-type: none"> • Vegetación • Tableros, pilas y estribos de puentes • Edificios Mantenimiento de: <ul style="list-style-type: none"> • Motas de zonas urbanas consolidadas • Encauzamientos y cortas

Tabla 6. Condicionantes de los MDT de trabajo en el SNCZI, extraído de la Guía SNCZI.

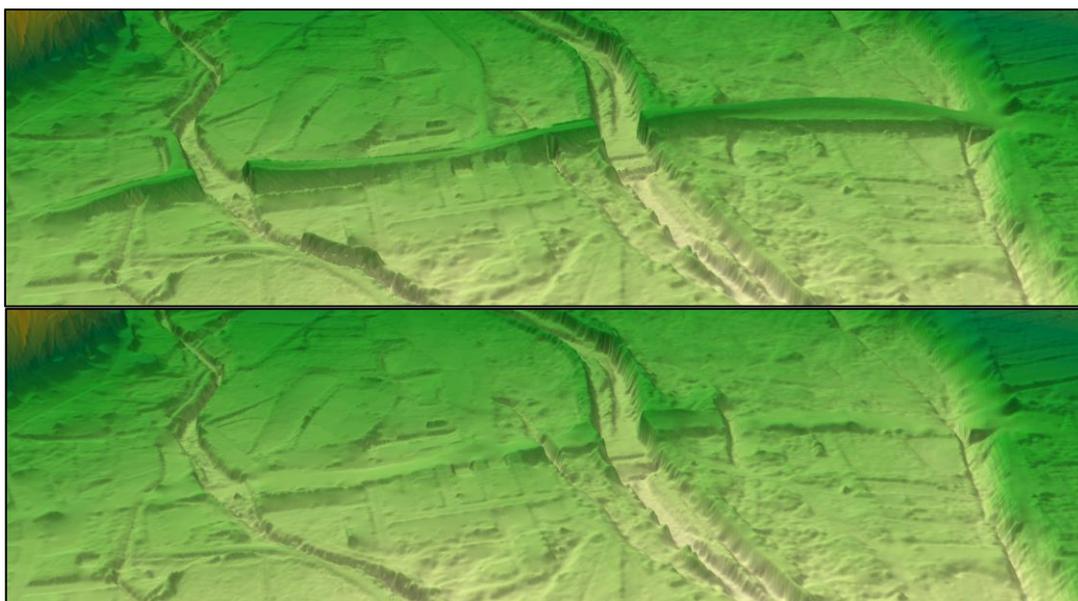


Figura 9. MDT Actual (arriba) y MDT Natural (debajo). Subtramos ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).

- **Mallado:** las modelizaciones hidráulicas bidimensionales realizan el cálculo de las distintas variables hidráulicas en cada uno de los elementos que constituyen una malla de cálculo, la cual define el dominio del modelo. Las características del mallado deben ser tales que permitan representar el MDT de la manera más precisa posible. Además, los elementos de la malla deben tener un tamaño y disposición que busquen minimizar los errores en los resultados hidráulicos que se obtengan, sin dejar de lado el equilibrio que debe siempre existir entre precisión y tiempo de computación. En líneas generales, se han construido mallas triangulares, de tipo no estructuradas, con elementos de tamaño de arista mínimo de 1 m y máximo de 5 m en determinadas ocasiones, se han dispuesto mallas con elementos no triangulares mediante polígonos regulares e irregulares de más de 3 lados.

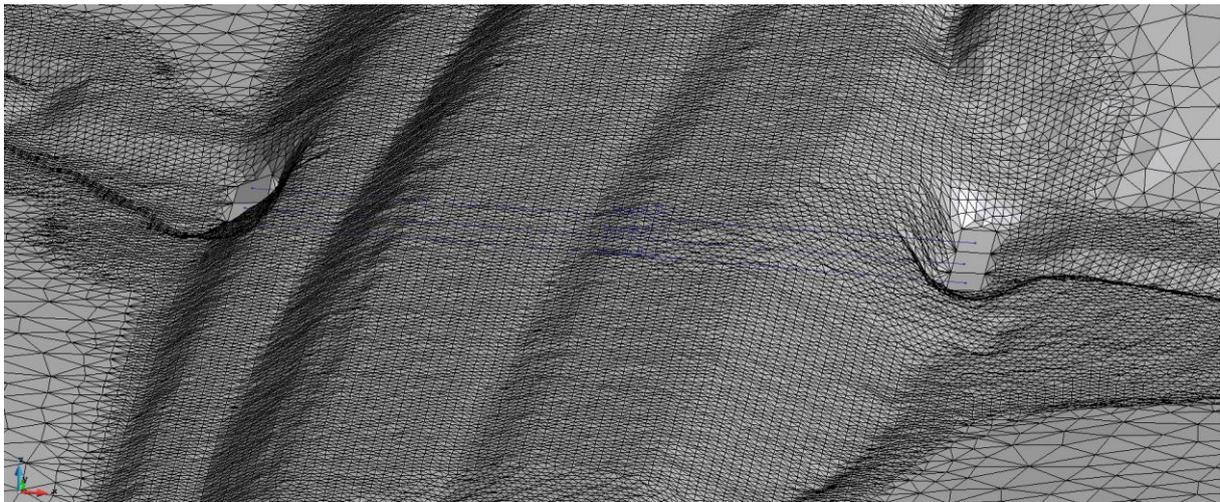


Figura 10. Detalle de malla para representación de carretera. ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán).

Cuando ha sido requerido, se han introducido líneas de rotura en el mallado para una mejor definición de elementos lineales existentes, principalmente encauzamientos. Como se comentó anteriormente, la edición del mallado ha permitido representar las edificaciones, por medio de la creación de zonas vacías de malla, y también ha servido para resolver la falta puntual de actualización en los MDT.

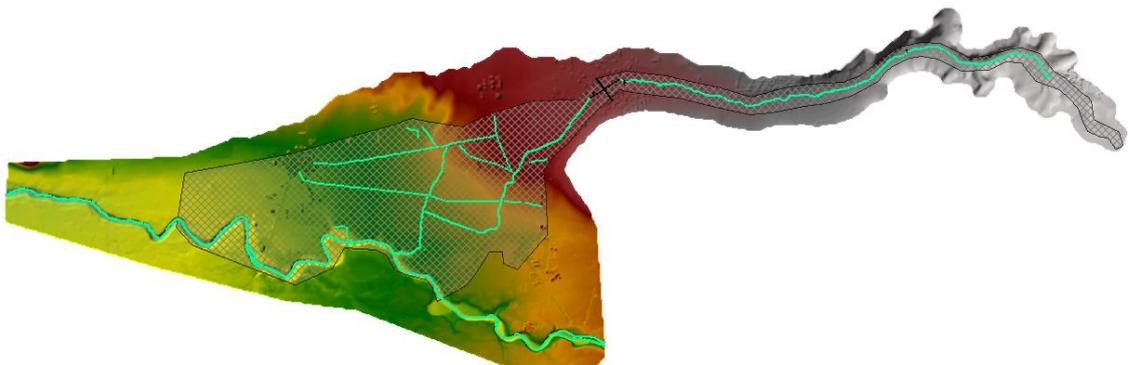


Figura 11. Ejemplo de líneas de rotura (en verde). Subtramo ES020/0022_10-1800742-01 (Vallelado).

- **Condiciones iniciales:** se han establecido con calado nulo en toda la superficie de todos los modelos.

- Condiciones de contorno:** como condición de contorno de entrada se han incluido los caudales correspondientes, indicados en la tabla 4. Las condiciones de salida han variado en función de las condiciones existentes a la salida de cada modelo. Según esto, se han establecido condiciones de régimen crítico/subcrítico, calado normal o nivel establecido.

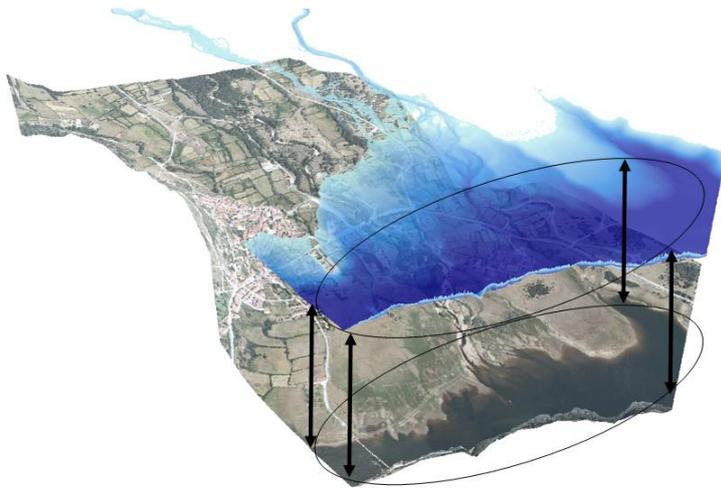


Figura 12. Ejemplo de condición de contorno aguas debajo de nivel dado para representar el NMN de la presa de la Cuerda del Pozo. Subtramos ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).

- Rugosidad:** para computar las pérdidas de carga por fricción en los modelos hidráulicos existentes se ha hecho uso de los coeficientes n de *Manning*. Los valores del número n de *Manning* han sido determinados, tal y como especifica la *Guía SNCZI*, distinguiendo entre cauce y llanuras de inundación. Para el primero se ha aplicado el método de *Cowan* (Cowan, 1956), aplicando los coeficientes expuestos en el Anexo VI de la *Guía SNCZI*. En el caso de las llanuras de inundación, se ha realizado una asignación del coeficiente n a partir de la información contenida en las coberturas del SIOSE AR. Finalmente se ha realizado un chequeo con la información mostrada en las ortofotografías del PNOA de máxima actualidad.

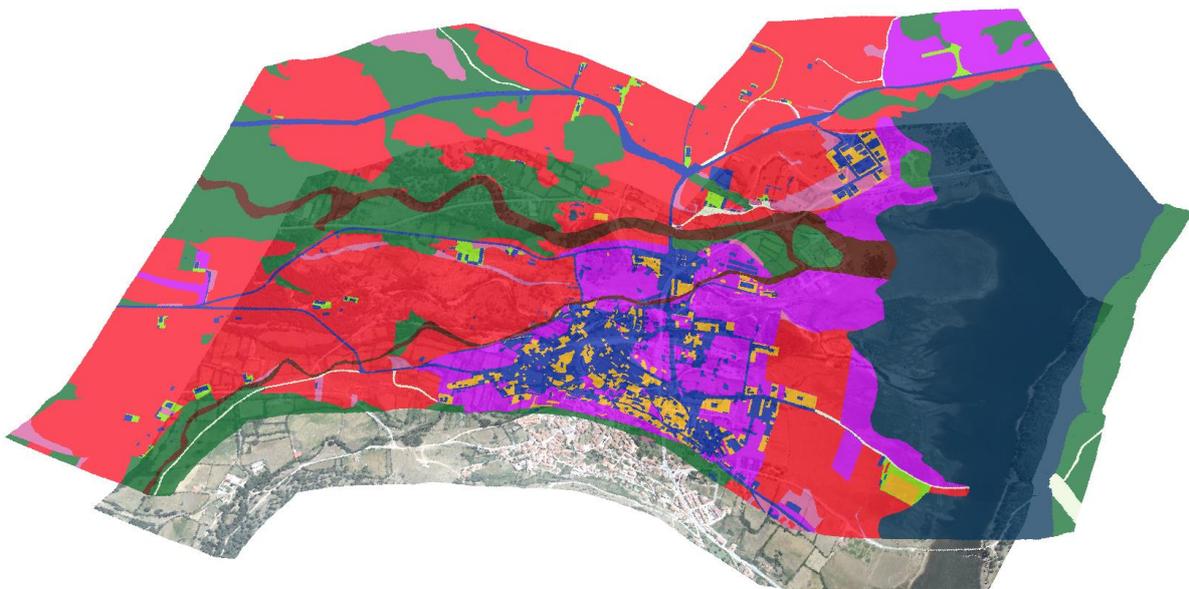


Figura 13. Capa n de Manning sobre ortofoto. Subtramos ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).

- **Estructuras incorporadas:** se han introducido las estructuras necesarias empleando la información indicada en el apartado correspondiente.

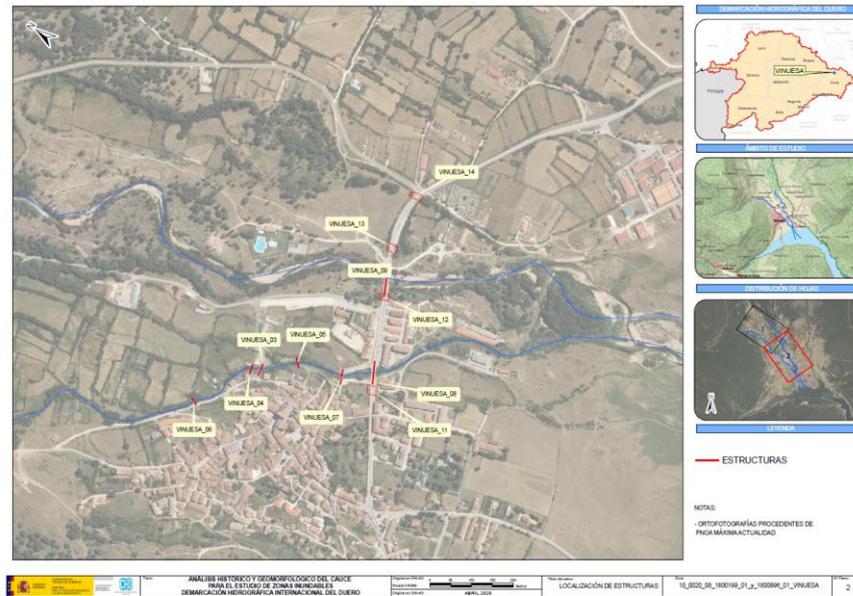


Figura 14. Ubicación de algunas de las estructuras existentes incluidas en la modelización de los subtramos ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).

5.2 Modelización bidimensional con IBER

El software IBER es un modelo numérico bidimensional de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no-permanente. De esta manera, IBER consigue simular procesos medioambientales en hidráulica fluvial utilizando sus diversos módulos de hidrodinámica, turbulencia, transporte de sedimentos y calidad de aguas. El módulo hidrodinámico es utilizado para la simulación del flujo de ríos, canales y cauces naturales, así como el cálculo de avenidas e inundaciones y la delimitación de zonas inundables. La versión utilizada en los MAPRI del 3^{er} ciclo es IBER 3.3.1. En la siguiente figura muestra la secuencia de montaje de cada modelo hidráulico:

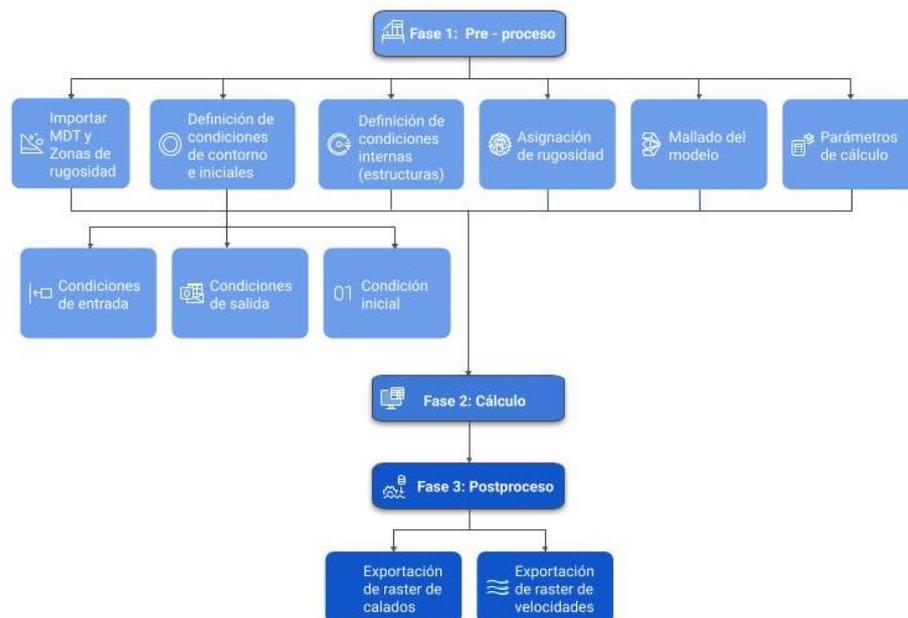


Figura 15. Esquema de trabajo en IBER.

La imagen siguiente muestra una malla creada en el modelo IBER. Como puede apreciarse, el vaciado de malla que se ha realizado en las zonas de presencia de edificaciones permite modelizar edificios (como obstrucciones verticales) y calles, sin que se produzcan distorsiones derivadas de la traducción de un MDT con edificios a un mallado cuyas celdas habrían creado geometrías piramidales y no verticales.

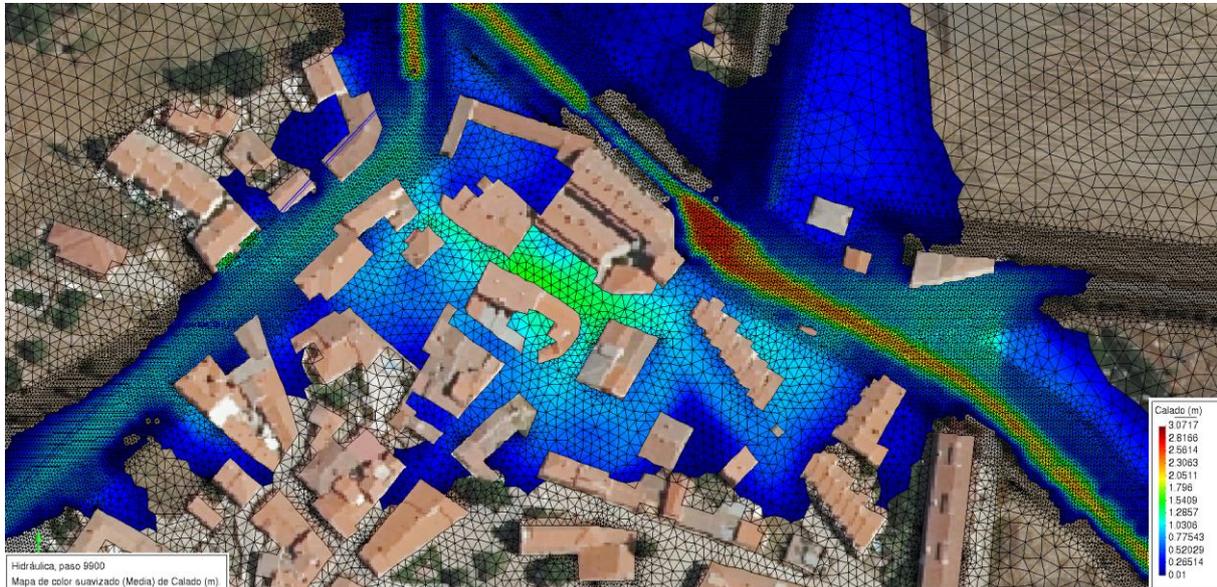


Figura 16. Malla generada por el programa IBER en ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán).

A continuación, se muestra un ejemplo de caracterización de los usos de suelo, mediante el coeficiente n de Manning, introducida en el modelo con IBER.

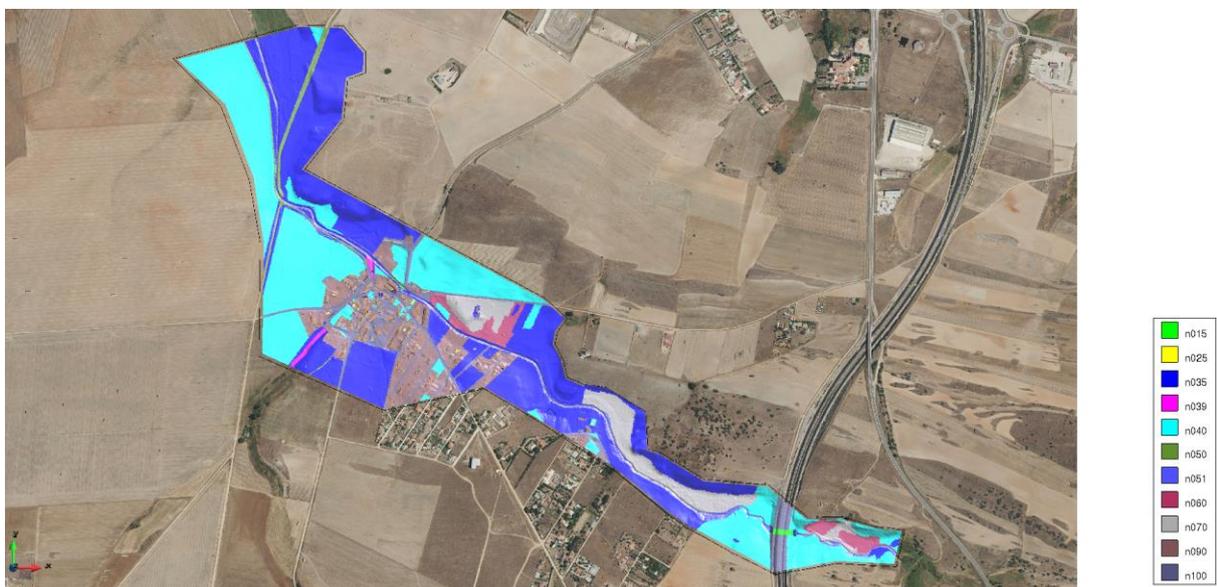


Figura 17. Caracterización de la rugosidad del terreno. ES020/0025_12-1801417-01 (Miranda de Azán).

Como resultado de las modelizaciones hidráulicas se obtienen ráster de calados y velocidades, a partir de los cuales se definen las áreas de inundación para los diferentes escenarios de crecida (T010, T100 y T500).



Figura 18. Ejemplo de calados obtenidos en la modelización de los subtramos ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).

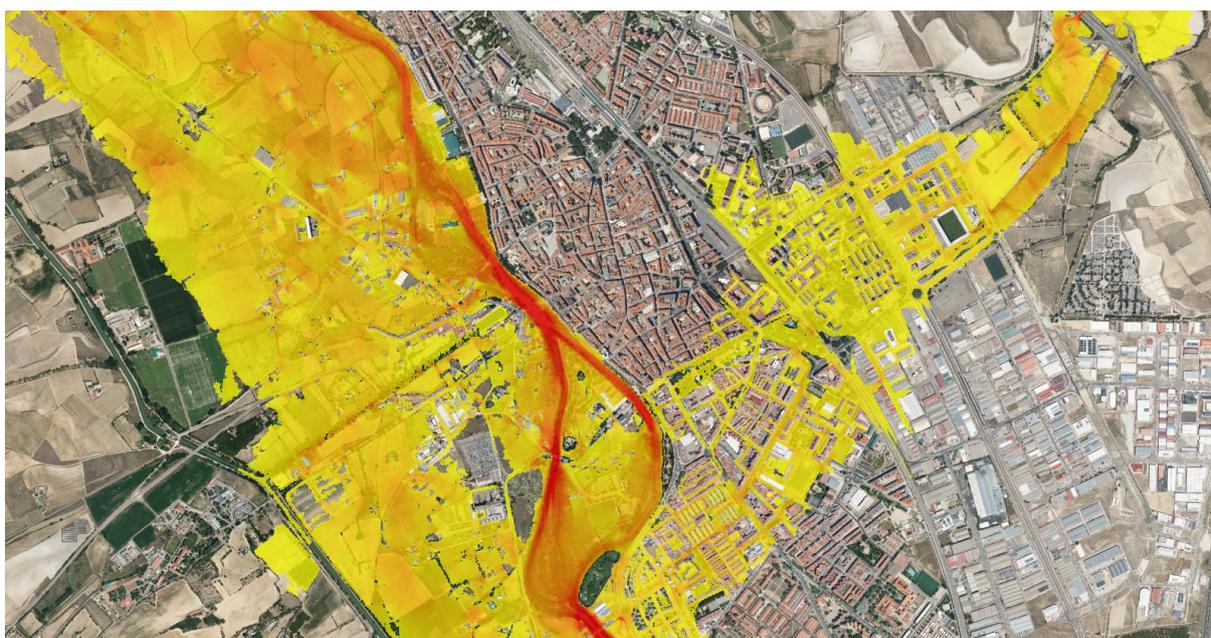


Figura 19. Ejemplo de velocidades obtenidas en la modelización de los subtramos ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).

Los resultados anteriores, directamente obtenidos de las modelizaciones, se someten a un tratamiento para adecuarse a los requerimientos establecidos por el MITERD. Estos tratamientos, que se exponen en la *Propuesta de Mínimos*, tienen como objetivo que el posible tratamiento posterior de la información y su inclusión en una base de datos común sea simple e inmediata. Además, toda la información espacial debe cumplir con los formatos oficiales que utilizan el IGN y el visor del SNCZI, ya que, tal y como indica la Guía, se trata de información que se pondrá a disposición del público para su utilización y consulta.

6 Mapas de Peligrosidad y Zonas Legales

Tal y como establece el artículo 14 ter del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) en su apartado 1, los organismos de cuencas intercomunitarias y las administraciones competentes intracomunitarias realizarán los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación y la Zona de Flujo Preferente junto con la delimitación de los cauces públicos y de las zonas de servidumbre y policía en las ARPSI, así como su revisión y actualización. Esta cartografía de zonas inundables (en adelante, CZI) es un paso previo ineludible a la puesta en práctica de cualquier tipo de medida y, por tanto, esencial para poder llevar a cabo una gestión eficaz de las Zonas Inundables. La CZI debe reflejar, a una escala adecuada, la peligrosidad de cada zona frente a las inundaciones, caracterizando, para ello, tanto la frecuencia de éstas como la magnitud de las principales componentes hidráulicas.

Las modelizaciones hidráulicas de los tramos ARPSI realizadas según lo establecido en los apartados anteriores tienen como resultado las coberturas ráster de calados de los distintos periodos de retorno estudiados. Estos resultados hidráulicos permiten estimar la extensión de las Zonas Inundables (envolventes) generadas en los tramos de estudio, siendo ésta la base para la delimitación de la ZFP. Por último, la definición de Zonas Legales queda completada con la delimitación del DPH cartográfico o probable y sus Zonas de Servidumbre (ZSER) y de Policía (ZPOL) asociadas, en línea con lo establecido en la Ley de Aguas (TRLA) y el RDPH.

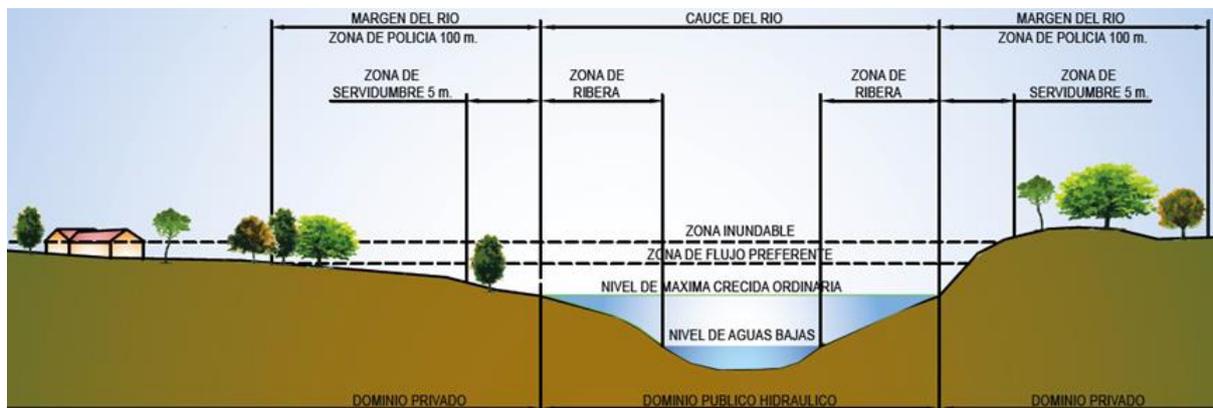


Figura 20. Zonificación de la zona inundable según la Ley de Aguas y el RDPH. Fuente: MITERD.

Los Mapas de Peligrosidad, preceptivos para la Comisión Europea y que tienen por objeto dar cumplimiento a la Directiva de Inundaciones, consisten en una colección de productos cartográficos en los que se muestra, sobre ortofoto, las siguientes informaciones:

- Mapas de representación de calados;
- Mapas de Zonas Inundables.

Estos mapas se corresponden con los siguientes escenarios:

- Alta probabilidad: T = 010 años;

- Media probabilidad: T = 100 años;
- Baja probabilidad: T = 500 años.

Además, se incluyen los siguientes mapas:

- Mapas de representación de DPH Cartográfico o Probable, ZSER y ZPOL;
- Mapas de ZFP.

La preparación de los mapas indicados se ha realizado siguiendo las directrices del MITERD. Asimismo, es importante señalar que se ha realizado un tratamiento previo de depuración de los ráster de calado y de sus envolventes, incluyendo la detección de imperfecciones, evitando la existencia de solapes entre capas adyacentes y comprobando la coherencia general entre distintos períodos de retorno. Toda la información producida se ha agregado a nivel subtramo ARPSI.

6.1 Delimitación del DPH

En relación con la delimitación de DPH cartográfico, se ha hecho una revisión de los límites trazados en los ciclos anteriores, llevándose a cabo las modificaciones que han sido requeridas. Para el caso de aquellos tramos que aún no contaban con delimitación de DPH, éste ha sido trazado de acuerdo con los criterios definidos en el Artículo 4 del RDPH. Según su definición, deben aplicarse métodos de estimación hidrológico – hidráulicos e histórico – geomorfológicos y se deben contemplar los aspectos ecológicos asociados a las características particulares del tramo estudiado. Además, deben considerarse todas las informaciones disponibles de naturaleza hidrológica, hidráulica, fotográfica y cartográfica, así como las referencias históricas que existan. Además, se ha seguido la metodología expuesta en la *Guía SNCZI*, la cual se resume a continuación:

- DPH cartográfico según criterios hidrológico - hidráulicos.

El Artículo 4 del TRLA define cauce como: “*Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias*”.

Por su parte, el Artículo 4 del RDPH define la máxima crecida ordinaria (MCO), distinguiendo entre tramos con información hidrológica suficiente, y aquellos en los que no la hay, de la siguiente manera:

En los tramos de cauce donde exista información hidrológica suficiente, se considerará caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales instantáneos anuales en su régimen natural, calculada a partir de las series de datos existentes y seleccionando un período que incluirá el máximo número de años posible y será superior a diez años consecutivos. Dicho periodo será representativo del comportamiento hidráulico de la corriente y en su definición se tendrá en cuenta las características geomorfológicas, ecológicas y referencias históricas disponibles.

En los tramos de cauce en los que no haya información hidrológica suficiente para aplicar el párrafo anterior, el caudal de la máxima crecida ordinaria se establecerá a partir de métodos hidrológicos e hidráulicos alternativos, y, en especial, a partir de la simulación hidrológica e hidráulica de la determinación del álveo o cauce natural y teniendo en cuenta el comportamiento hidráulico de la corriente, las características geomorfológicas, ecológicas y referencias históricas disponibles.

Según todo lo anterior, el primer paso para la obtención del DPH cartográfico por estos criterios ha sido la determinación del caudal asociado a la MCO para cada tramo de estudio.

La *Guía SNCZI* establece otros métodos alternativos a los marcados por el RDPH para estimar la MCO, apoyándose en los informes “Aspectos prácticos de la definición de la máxima crecida ordinaria” (CEDEX, 1994) y “Guías metodológicas para la estimación del caudal de la máxima crecida ordinaria” (CEDEX, 1996). También propone el empleo de CAUMAX y el caso de estimación de MCO en puntos no aforados.

El siguiente paso ha consistido en la obtención de la lámina de inundación provocada por la MCO por medio de técnicas de modelización hidráulica. Para ello se ha empleado el “MDT Natural” descrito en apartados anteriores.

- DPH cartográfico según criterios histórico – geomorfológicos y ambientales.

Una vez delimitada la zona inundada por la MCO, ésta deberá contrastarse con la delimitación proporcionada mediante criterios históricos y geomorfológicos. De esta forma se intenta evitar incertidumbres e indeterminaciones inherentes al uso exclusivo del criterio hidrológico – hidráulico.

El criterio histórico analiza el cauce con base en fotografías históricas, principalmente las derivadas del año 1956 - 57 ([vuelo americano](#)), ortofotos históricas disponibles de otros años, datos de hemeroteca y bibliografía, visitas a campo, datos del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH), etc.

El criterio geomorfológico comprende el estudio evolutivo del cauce a lo largo del tiempo. Para ello se empleará información topográfica, geológica ([Serie MAGNA](#)) y cartografía geomorfológica ([mapas geomorfológicos del IGME](#), etc.).

Por último, el criterio medioambiental es una consideración necesaria para una correcta estimación del DPH en aquellas situaciones en las que otros métodos no arrojan resultados convincentes.

Por último, cabe comentar el caso particular de tramos de cauce entubados o soterrados por medio de canalizaciones cubiertas. En estas situaciones, se han empleado en los planos unas tramas distintas para diferenciarlos de los tramos de cauce no entubado, con la denominación de “Tramo soterrado”, ciñéndose al ancho de la obra cuando ésta tiene capacidad suficiente para transportar la MCO. En los casos en los que no era conocido el trazado de la conducción enterrada, se ha procedido a generar polígonos de tramos soterrados conectando los extremos de entrada y salida de la canalización.

6.2 Obtención de la ZFP

La ZFP se define, según el artículo 9.2 del RDPH, como aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe (VID), y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes o (ZIP), quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas. Las ZFP han sido revisadas y redefinidas, en caso necesario, de acuerdo con los resultados de las modelizaciones hidráulicas realizadas.



Figura 21. Constitución de la Zona de Flujo Preferente.

La VID representa la zona donde se concentra preferentemente el flujo de agua durante las avenidas. Se define como la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3m respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos.

Por otro lado, la ZIP, es la zona donde se pueden producir graves daños sobre las personas y los bienes para una avenida asociada a los 100 años de periodo de retorno. Se delimita en las zonas donde el calado es superior a 1m, la velocidad mayor de 1m/s o el producto de ambas variables mayor a 0,5m²/s. La superposición de las envolventes de la VID y la ZIP definen la ZFP.

En el proceso de obtención de la VID, se ha partido de la envolvente de la ZIP, para tener una poligonal de partida, y las sucesivas iteraciones, para la búsqueda de las sobreelevaciones requeridas, se han apoyado en los resultados de caudal específico (en m³/s/m) para T100.



Figura 22. Ejemplo de resultados de caudal específico para T100 años.

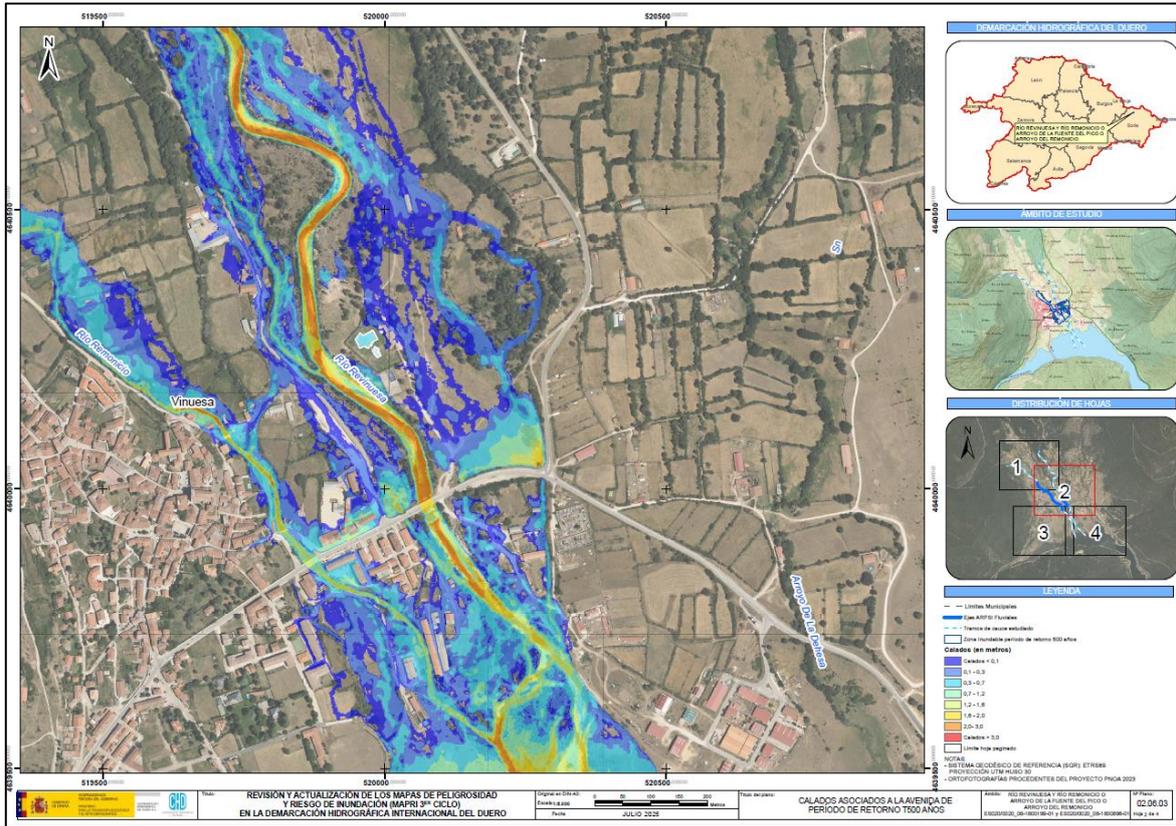


Figura 23. Mapa de calados T500 años. ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).

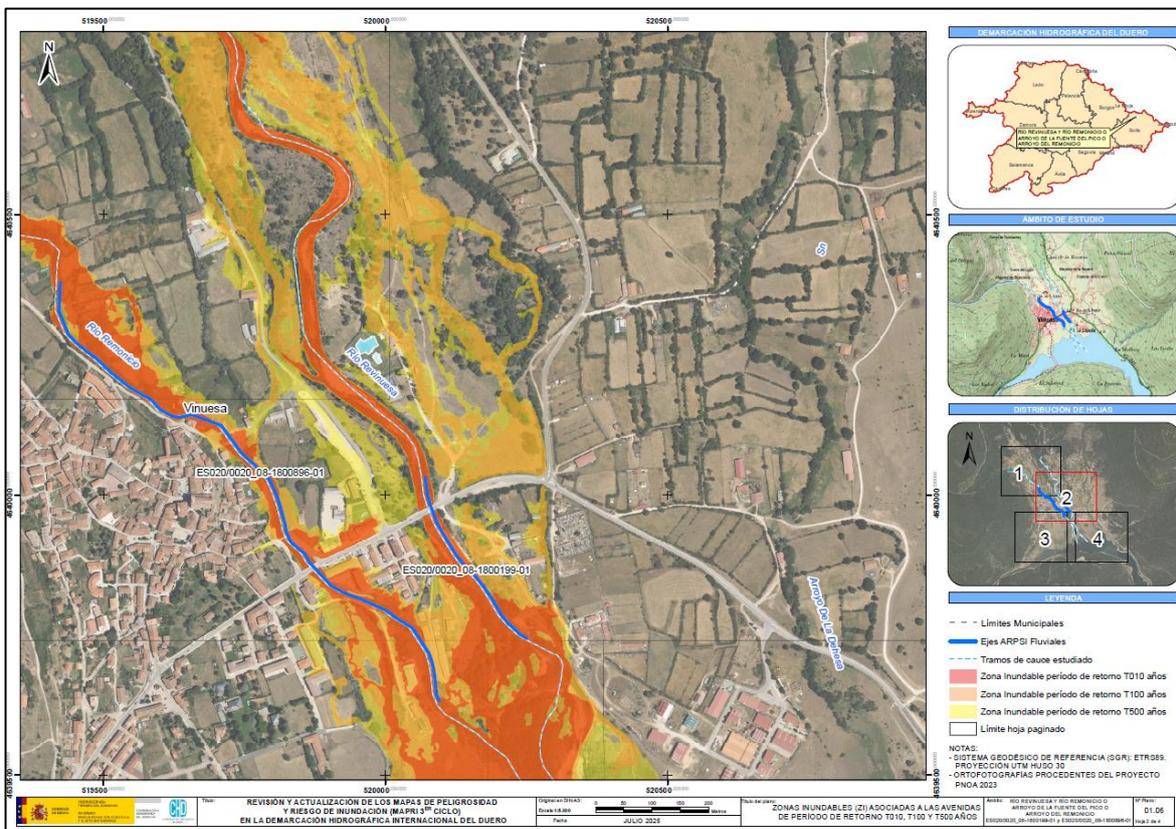


Figura 24. Mapa de ZI T500 años. ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).

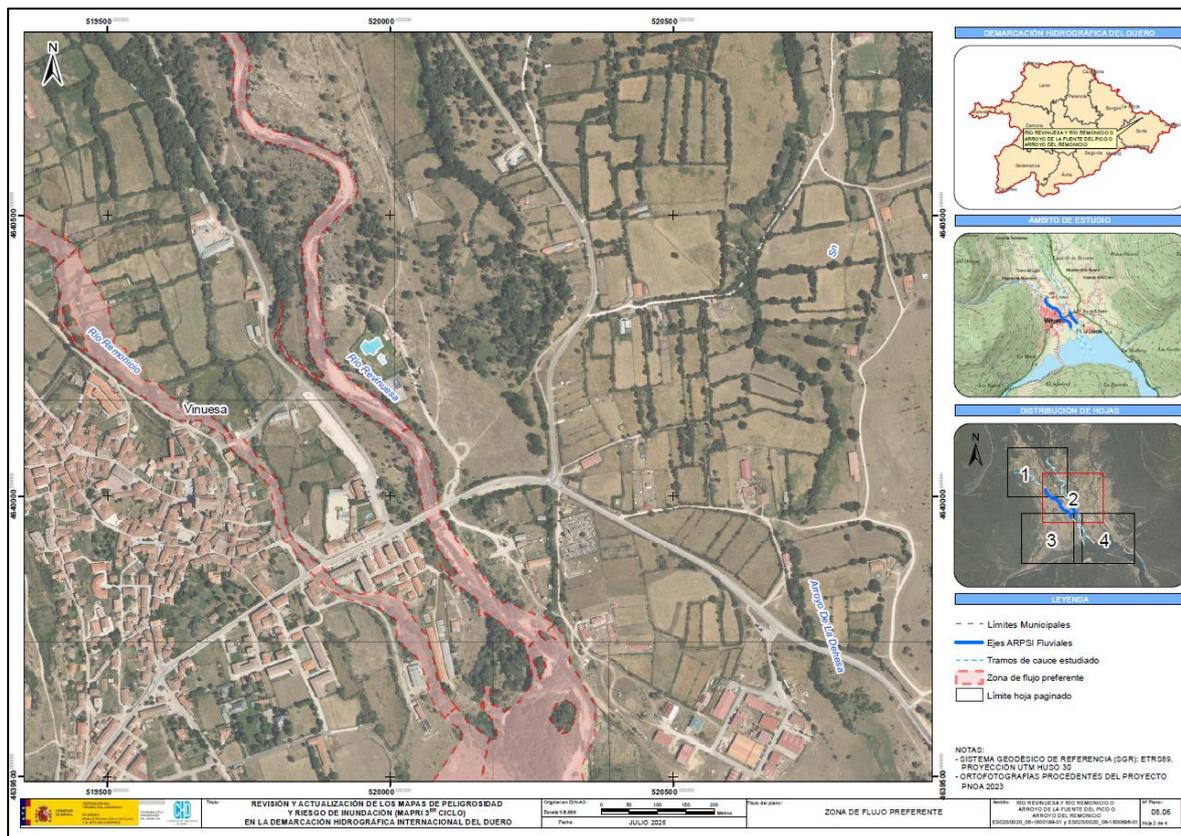


Figura 25. Mapa de ZFP. ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).

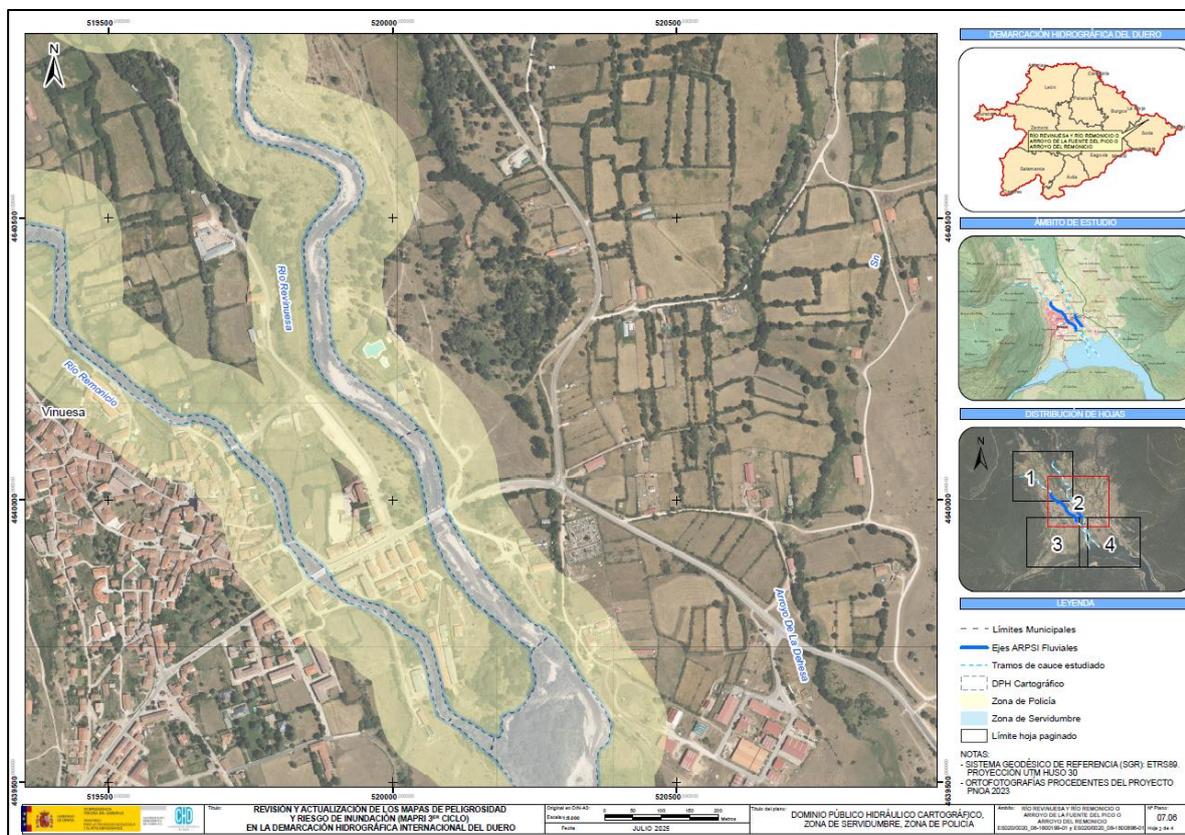


Figura 26. Mapa de DPH. ES020/0020_08-1800199-01 y ES020/0020_08-1800896-01 (Vinuesa).

7 Mapas de Riesgo

El principal objetivo de los Mapas de Riesgo es aportar información fundamental de partida para la elaboración de los PGRI.

Según la Directiva de Inundaciones, estos mapas sirven, además, como *“herramienta para establecer prioridades y la toma de decisiones adicionales de índole técnica, económica y política relativas a la gestión del riesgo de inundación”*. Por medio de los Mapas de Riesgo se podrían **priorizar**, tanto las ARPSI que requieren medidas de gestión con mayor urgencia como las propias medidas a implantar en las Áreas con Riesgo, en función de los resultados de los análisis coste-beneficio. Estos mapas también representan la base para que las autoridades de Protección Civil puedan establecer, a nivel local, las actuaciones de autoprotección, evacuación, etc., desarrolladas en los planes específicos de Protección Civil.

El riesgo asociado a los eventos de avenida se establece en función de la vulnerabilidad del elemento amenazado y la peligrosidad a la que está expuesto. De esta forma, el riesgo en un área determinada se calcula valorando la relación existente entre la **vulnerabilidad** (según la actividad económica, población afectada o patrimonio cultural, entre otros) y la **peligrosidad** de la inundación en la propia zona inundable.

La peligrosidad de la inundación viene determinada por la extensión de la propia inundación, los calados de agua o nivel de agua y, cuando proceda, la velocidad de la corriente o el caudal de agua correspondiente. La Directiva de Inundaciones indica que este análisis se realizará según distintos escenarios de probabilidad, los cuales son: baja probabilidad de inundación (o escenario de eventos extremos), probabilidad media de inundación (periodo de retorno ≥ 100 años) y alta probabilidad de inundación, cuando proceda. En España, estos escenarios se corresponden con los periodos de retorno de 500, 100 y 10 años, respectivamente. Es decir, hay 3 escenarios de peligrosidad, con distintos resultados, lo que supone 3 análisis asociados del riesgo.

Según lo que se recoge en la Directiva de Inundaciones, los Mapas de Riesgo de inundación *“mostrarán las consecuencias adversas potenciales asociadas a la inundación en los escenarios indicados”*, con base en los siguientes parámetros o categorías:

- a) Número indicativo de **habitantes** que pueden verse **afectados**;
- b) Tipo de **actividad económica** de la zona que puede verse afectada;
- c) **Instalaciones** a que se refiere el anexo I de la *Directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación* que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación y **zonas protegidas** que puedan verse afectadas indicadas en el anexo IV, punto 1, incisos i), iii) y v) de la Directiva 2000/60/CE;
- d) Cualquier otra **información** que el Estado miembro considere **útil**, como la indicación de zonas en las que puedan producirse inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados o flujos de derrubios, así como aquella información sobre otras fuentes importantes de contaminación.

Atendiendo a lo indicado en la transposición de esta normativa, el RD 903/2010, en el artículo 9 de su capítulo 3 se concreta que en los Mapas de Riesgo será preciso incluir los siguientes elementos:

- a) Número indicativo de **habitantes** que pueden verse **afectados**;
- b) Tipo de **actividad económica** de la zona que puede verse afectada;
- c) **Instalaciones industriales** a que se refiere el Anejo I de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrado de la Contaminación (en adelante, IPPC) que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación, así como las **estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR)**;
- d) **Zonas protegidas para la captación** de aguas destinadas al **consumo humano**, masas de agua de **uso recreativo** y zonas para la **protección de hábitats o especies** que pueden resultar afectadas;
- e) Cualquier **información** que se considere **útil**, como la indicación de zonas en las que puedan producirse inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados y flujos de derrubios e información sobre otras fuentes importantes de contaminación, pudiendo también analizarse la infraestructura viaria o de otro tipo que pueda verse afectada por la inundación.

La cartografía de riesgo de inundación elaborada para cada subtramo ARPSI y periodo de retorno considerado, de acuerdo con lo establecido en el artículo 9 del RD 903/2010, es la siguiente y queda recopilada en el Anexo 2 del presente documento:

- **Mapas de Riesgo a la Población:** registran el número indicativo de habitantes que pueden verse afectados en la zona inundable de cada distrito o sección censal;
- **Mapas de Riesgo a la Actividad Económica:** reflejan los tipos de actividades económicas de la zona que pueden verse afectadas y estiman los daños que podrían provocar las inundaciones sobre cada actividad;
- **Mapas de Riesgo en Puntos de Especial Importancia:** muestran los Puntos de Emisiones Industriales, según la Directiva 2010/75/EU (antes denominadas Instalaciones industriales a que se refiere el Anejo I de la Ley 16/2002, de IPPC), EDAR, Patrimonio Cultural y elementos significativos para Protección Civil que podrían verse afectados por las zonas inundables;
- **Mapas de Riesgo en Áreas de Importancia Ambiental:** incluyen masas de agua de la Directiva Marco del Agua, zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano, masas de agua de uso recreativo y zonas para la protección de hábitats o especies que pueden resultar afectadas por las inundaciones.

7.1 Afeción a la población

El artículo 6 de la Directiva de Inundaciones, en su punto 5, establece que los Mapas de Riesgo deberán incluir el *“número indicativo de habitantes que pueden verse afectados”* para poder valorar las consecuencias adversas potenciales asociadas a la inundación.

Los Mapas de Riesgo a la Población se definen por la superposición de la envolvente de inundación de cada periodo de retorno con el contorno de las secciones censales del Instituto Nacional de Estadística ([INE](#)), actualizado en 2024. Así, al igual que en el ciclo anterior, para cada subtramo ARPSI existirán tantos registros como secciones censales se encuentren afectadas por la inundación estimada.

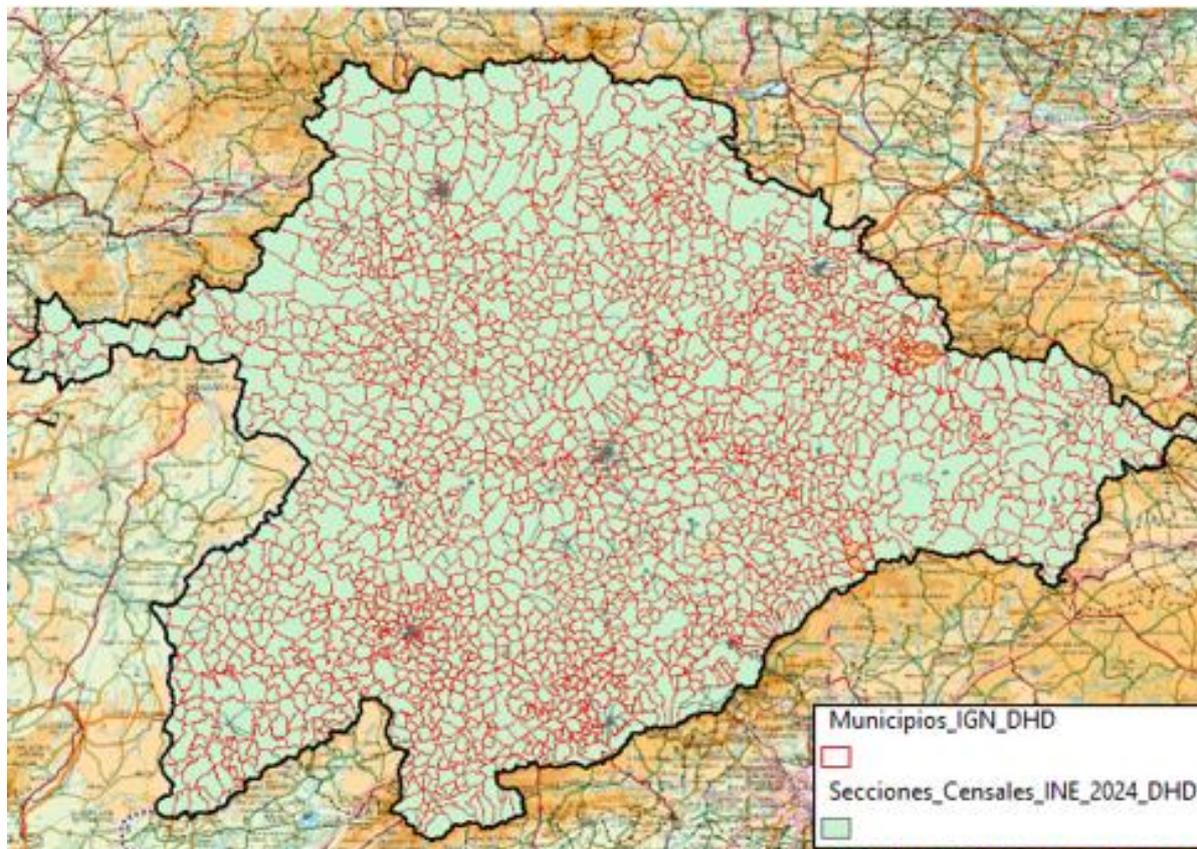


Figura 27. Límites Municipales (IGN) y Secciones Censales (INE). DHD.

El número de habitantes potencialmente afectados por las inundaciones, de acuerdo con la *Propuesta de Mínimos*, se calcula con base en la proporción de superficie urbanizada en zona inundable respecto a la superficie total urbanizada en cada sección censal, al igual que en el ciclo anterior. De este modo, se puede estimar el número de habitantes que reside en la parte proporcional de dichos edificios afectados por la zona inundable.

$$\frac{\text{Superficie edificada afectada}}{\text{Superficie edificada total}} = \frac{\text{POBLACIÓN AFECTADA}}{\text{Población total del distrito censal}}$$

Para determinar las zonas edificadas se ha empleado la información contenida en el BTN25 del IGN.

Una de las principales novedades del presente 3^{er} ciclo en relación con los riesgos a la población es el cálculo de indicadores de vulnerabilidad de la población residente en cada sección censal. Concretamente se han determinado 5 indicadores, cuyos resultados se muestran en las tablas de atributos de las capas de riesgo, y cuyas características se muestran a continuación:

Tasa de feminidad (TF), densidad de población (DENS), porcentaje de población extranjera (POBEXT), tasa de dependencia de la población mayor de 65 años (TDEP) y porcentaje de personas de 15 y más años con educación primaria e inferior (EDPRIM):

$$TF = \frac{POB \text{ Mujeres}}{POB \text{ Hombres}} \times 100 \quad DENS = \frac{POB \text{ Total}}{Superficie (km^2)} \times 100 \quad POBEXT = \frac{POB \text{ Extranjera}}{POB \text{ Total}} \times 100$$

$$TDEP = \frac{POB \text{ 65}}{POB \text{ 40}} \times 100 \quad EDPRIM = \frac{ED \text{ PRIM}}{ED \text{ Total}} \times 100$$

El producto final de estos trabajos son los mapas de riesgo a la población, que muestran, para cada ARPSI y para cada período de retorno estudiado, unas coberturas poligonales con gradación de colores en función del número estimado de habitantes en zona inundable de cada sección censal.

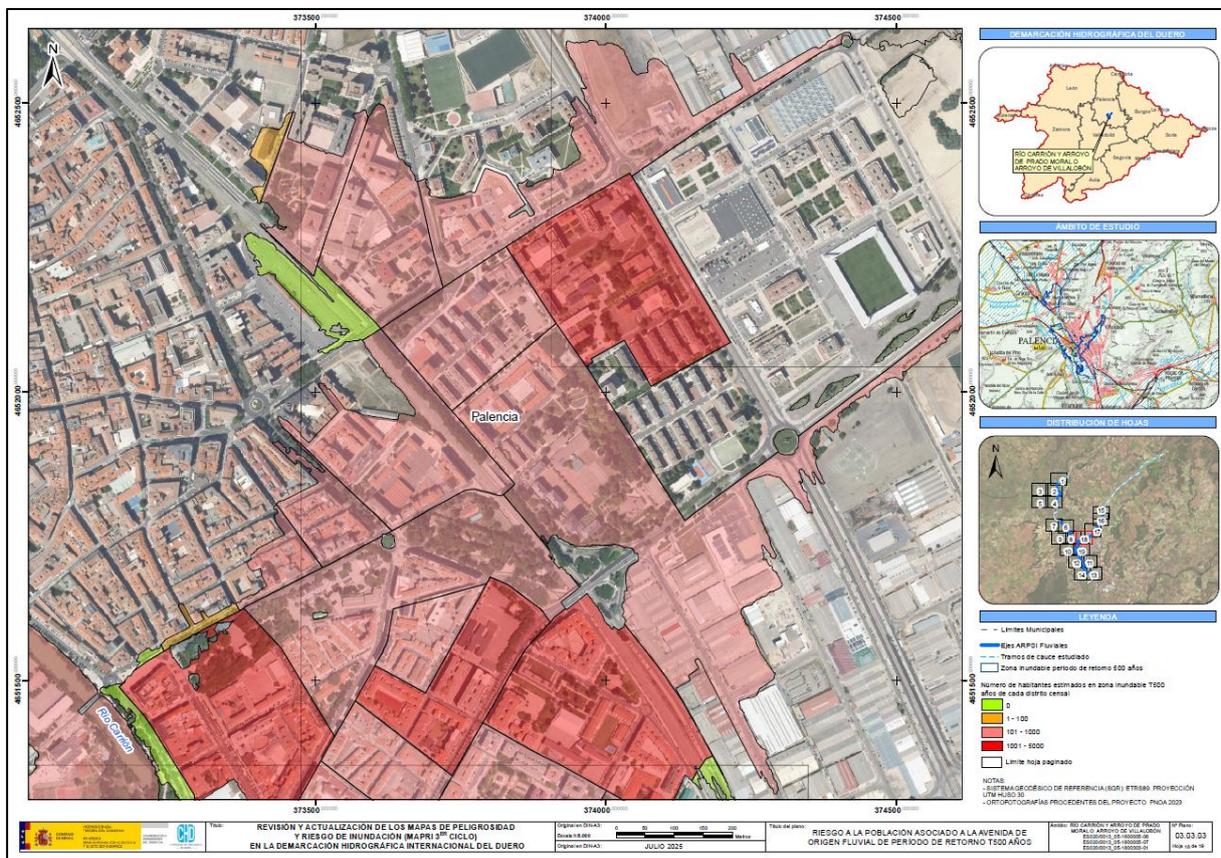


Figura 28. Detalle Mapa de Riesgo a la Población. ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).

7.2 Afección a las actividades económicas

El artículo 6 de la Directiva de Inundaciones, en su punto 5, indica que otro de los parámetros a mostrar será el “*tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada*”. Así, la **actividad económica** quedará asignada en categorías en función de los usos del suelo, otorgándose un valor del **riesgo** (en €/m²) a cada una de ellas.

La fuente de información utilizada para la obtención de las actividades económicas se ha basado en información disponible de los usos del suelo presentes en las zonas inundables. Para ello, se han utilizado los datos del Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE) del año 2014, atendiendo a los porcentajes mayoritarios de usos presentes en cada polígono. Dicha información se clasifica en base a las categorías generales del mapa de riesgo nacional, que establece 20 categorías de actividad económica. Una vez definidas las equivalencias uso/actividad económica en cada polígono, se le ha asignado a éste la actividad económica mayoritaria.

Categoría en Mapa de riesgo nacional	
Urbano concentrado	Forestal
Urbano disperso	Infraestructuras: carreteras
Asociado a urbano	Infraestructuras: ferrocarriles
Infraestructura social	Infraestructuras: puertos y aeropuertos
Terciario	Infraestructuras: energía
Industrial concentrado	Infraestructuras: Comunicaciones
Industrial disperso	Infraestructuras: hidráulico-sanitarias
Agrícola-Secano	Infraestructuras: Residuos
Agrícola-Regadío	Masas de agua
Otros usos rurales	Otras áreas sin riesgo

Figura 29. Categorías de uso de suelo adoptadas para los mapas de riesgo.

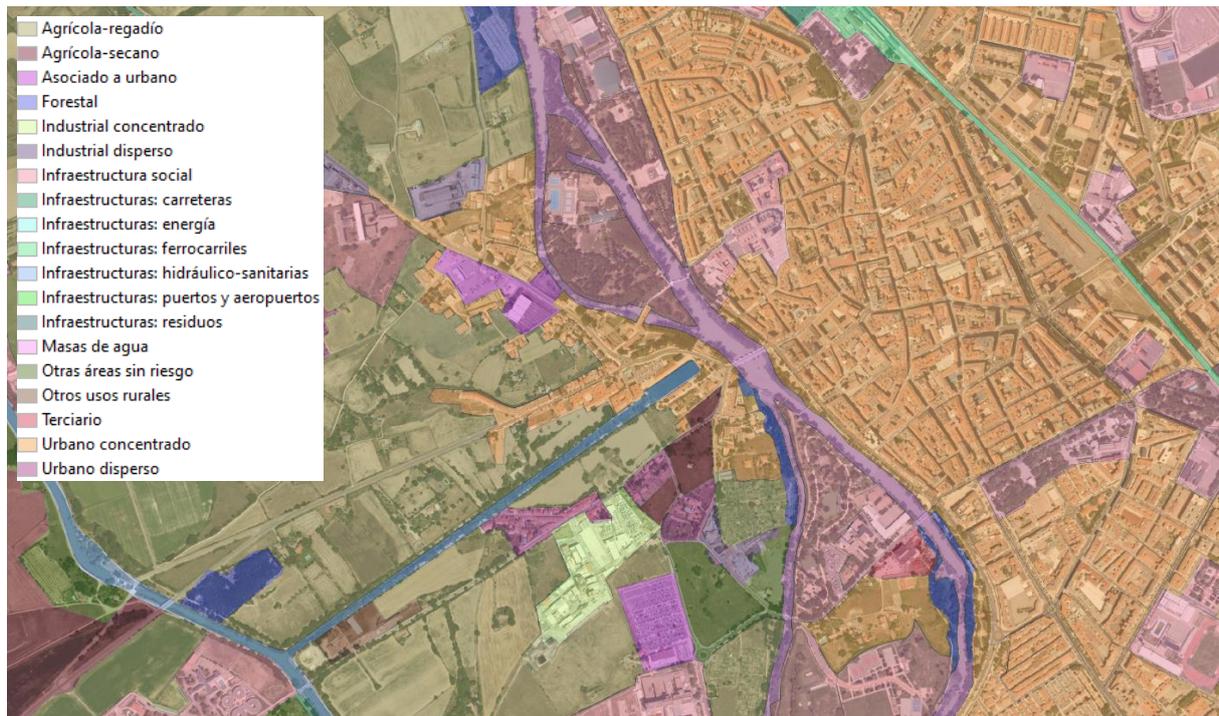


Figura 30. Detalle actividades económicas ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).

La información procedente del SIOSE (2014) se ha completado con aquellas capas de la BTN25, que aportan información adicional de los usos del suelo y actividades económicas.

En total, se han hecho uso alrededor de **80 capas** del BTN25, con el objeto de conseguir una base de cálculo lo más fidedigna posible.

Además, se han establecido correspondencias más ajustadas con la realidad atendiendo a la definición exacta que se hace en el manual de fotointerpretación del SIOSE de cada etiqueta en las especificaciones del IGN sobre la BTN25.

Por último, el resultado obtenido se ha cotejado con las ortofotografías del PNOA del año 2023 del IGN y con el **SIOSE AR**, SIOSE de alta resolución y con una geometría de mayor detalle respecto a las bases de datos empleadas en ciclos anteriores (SIOSE 2005 y SIOSE 2014). Además, se ha contado con la información disponible en el visor de la Confederación Hidrográfica del Duero (en adelante, CHD): el [visor "Mírame - IDE Duero"](#).

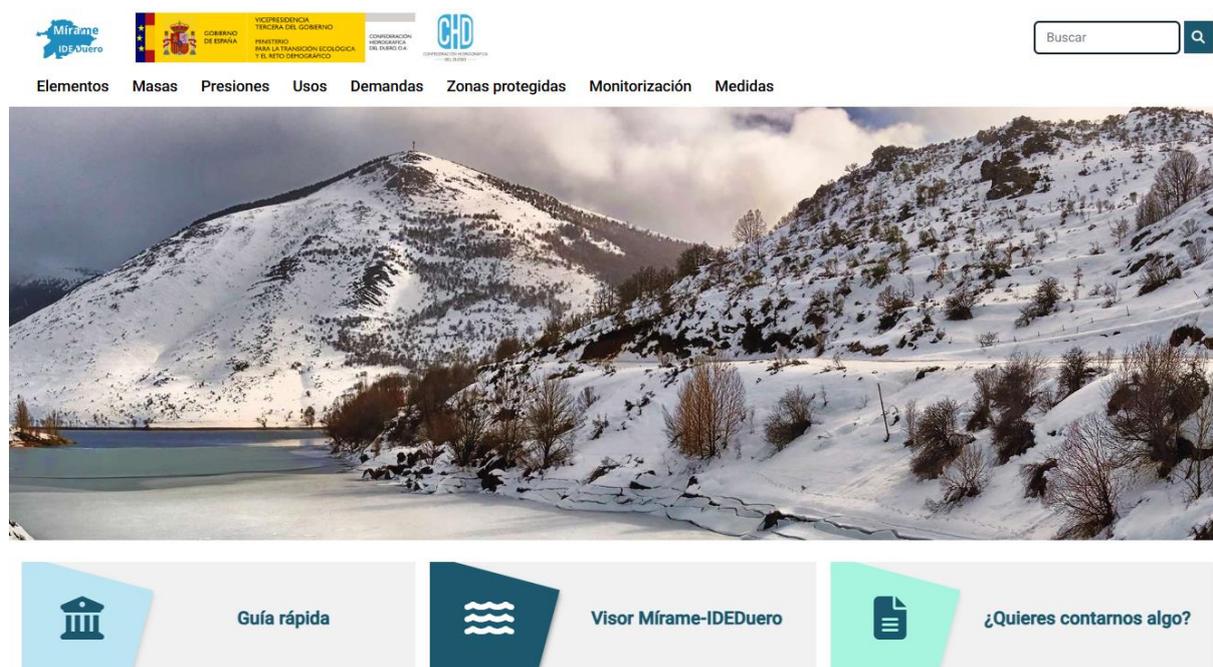


Figura 31. Visor Mírame IDE Duero de la CHD.

Esta revisión es necesaria porque, aunque un polígono puede presentar mayoría de ocupación de un uso, puede ocurrir que sólo se encuentre en zona inundable una pequeña porción de ese polígono y que dicha porción se corresponda con uno de los porcentajes minoritarios.

En relación con los valores de riesgo aplicados a cada actividad económica, se han empleado las cifras propuestas en el Anejo I de la *Propuesta de Mínimos*. De esta forma se obtiene, para cada actividad económica de cada uno de los subtramos ARPSI caracterizados, el valor estimado en euros de los daños que provocaría la avenida. Además, se determina del riesgo anual esperado, en términos económicos, por período de retorno.



Figura 32. Esquema conceptual de cruce de capas para la obtención del riesgo a las actividades económicas.

Los mapas de riesgo generados muestran, para cada ARPSI y para cada T contemplado, una cobertura de polígonos coloreados según el tipo de actividad económica afectada.

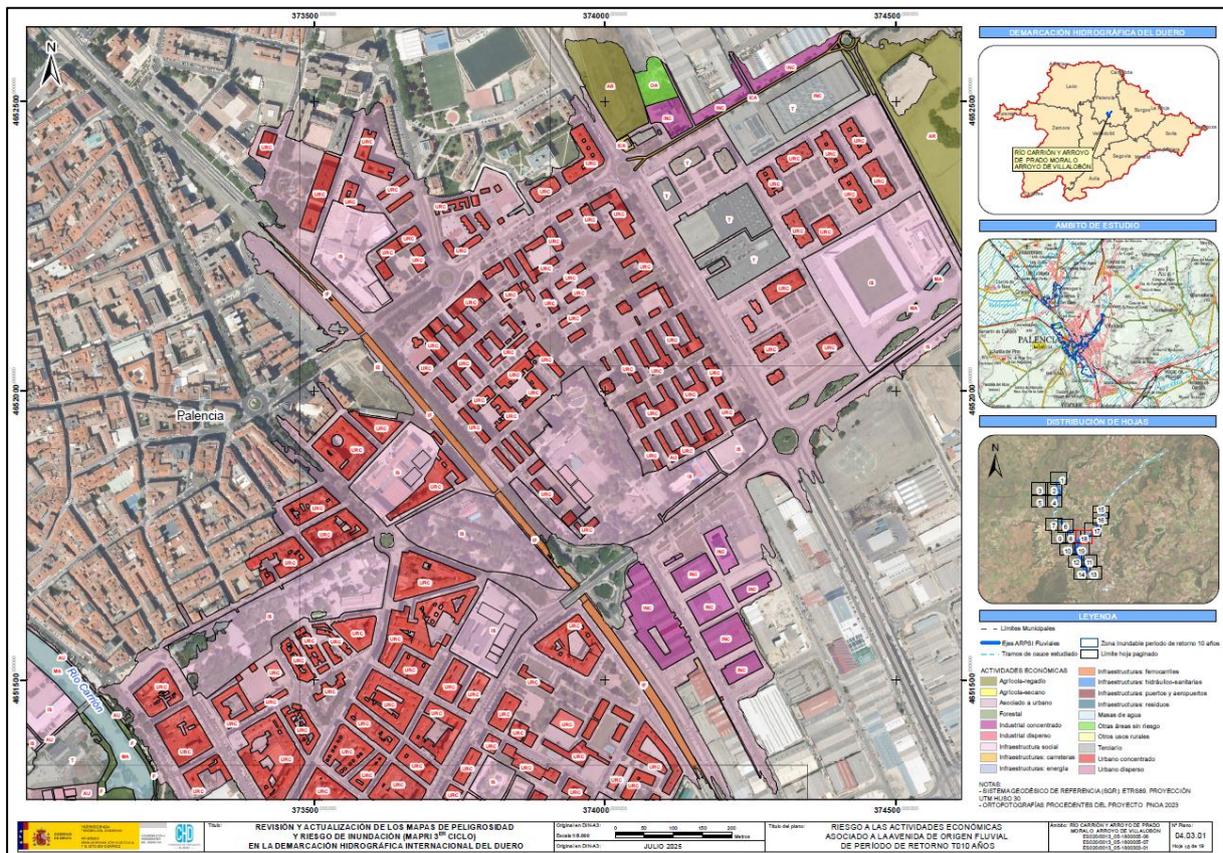


Figura 33. Detalle Mapa de Riesgo a las Actividades Económicas. ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).

7.3 Afección a puntos de especial importancia y áreas de importancia ambiental

El artículo 9 del RD 903/2010 establece que los mapas de riesgo deben incluir, además de los puntos anteriormente descritos, los siguientes elementos:

“c) Instalaciones industriales a que se refiere el anejo I de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrado de la Contaminación que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación así como las estaciones depuradoras de aguas residuales;

d) Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano, masas de agua de uso recreativo y zonas para la protección de hábitats o especies que pueden resultar afectadas”.

Dado que la normativa de referencia ha sido actualizada y substituida por el *Real Decreto Legislativo 1/2016 por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación* (en adelante, RDL 1/2016). Según la nueva normativa, las “instalaciones industriales” a las que hace referencia el apartado c) del RD 903/2010, pasan a denominarse “emisiones industriales” y deben responder a las características establecidas en el Anejo 1 del citado RDL 1/2016.

Por otra parte, tanto la Directiva de Inundaciones como el RD 903/2010, hacen referencia a los riesgos que suponen las inundaciones sobre el patrimonio cultural y el medio ambiente.

Según lo anterior, y con base en los requerimientos mencionados, se ha recopilado la siguiente información para la elaboración de los mapas de riesgo:



Figura 34. Elementos considerados para la determinación de los riesgos a puntos de especial importancia y áreas de importancia ambiental.

a) Riesgo en Puntos de Especial Importancia:

La capa final generada es producto de la superposición de las zonas inundables de los subtramos ARPSI, para cada período de retorno estudiado, con la información puntual indicada. De esta forma se obtienen unos mapas de riesgo que muestran los puntos, catalogados como de “Puntos de Especial Importancia”, que pueden ser potencialmente afectados por las inundaciones. Las fuentes de información para la obtención de estos puntos ha sido la siguiente:

- **Emisiones industriales:** la información de base utilizada ha sido el *Reporting* oficial del E-PRTR de la Comisión Europea (Base de datos y capa kmz) y la información de PRTR España ([Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes](#));
- **EDAR:** se ha utilizado la información obtenida a partir de las capas oficiales del MITERD (capa remitida a la Comisión Europea en el Informe de seguimiento “[Cuestionario 2023](#)”, en la que se localizan las estaciones depuradoras activas). Estos datos han sido confirmados a partir de ortofotografía aérea;
- **Patrimonio Cultural:** la información utilizada ha sido la obtenida a partir de la BTN25 (en su versión más actualizada a fecha de redacción de este estudio) e información de Patrimonio disponible en las diferentes comunidades autónomas que forman parte de la DHD, del SIOSE y aquella utilizada para la elaboración de los mapas de riesgo de los ciclos anteriores. Entre los elementos seleccionados, se han contemplado tanto elementos de Patrimonio Histórico con denominación de Bien de Interés Cultural (BIC), abarcando desde edificios religiosos y monumentos a construcciones históricas y referencias visuales, como elementos de Patrimonio Industrial;

- **Elementos significativos para Protección Civil:** se ha elaborado un listado de puntos de “afecciones de importancia para las labores de protección civil” especificados por Protección Civil, que se dividen en los siguientes tipos y subtipos:

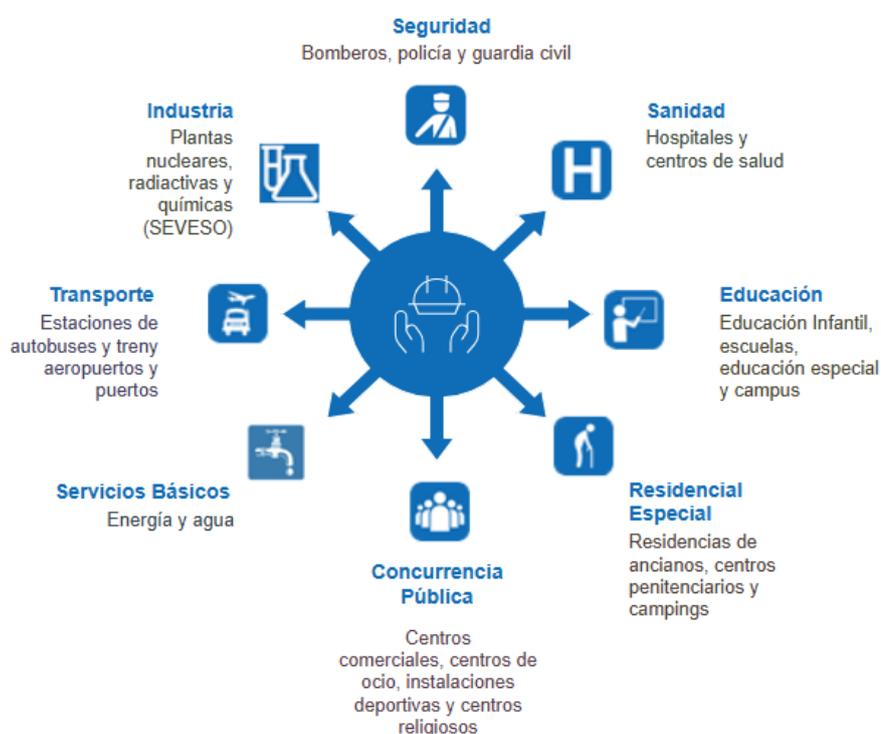


Figura 35. Elementos significativos para la Protección Civil según la Guía “Propuesta de Mínimos”.

La base de los datos empleada para la ubicación de los grupos de elementos citados es numerosa y está recogida en la *Propuesta de Mínimos*. Se quiere destacar la información suministrada por la Dirección General del Agua (DGA) y Protección Civil, así como las capas del BTN25 y Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Asimismo, se ha tenido en cuenta la información utilizada en los mapas de riesgo de ciclos anteriores y aquella disponible en *Google Maps*.

Los mapas de riesgo finalmente obtenidos muestran los Puntos de Especial Importancia, potencialmente afectados por las zonas inundables de los tramos ARPSI, representados por símbolos característicos sobre ortofotografía.

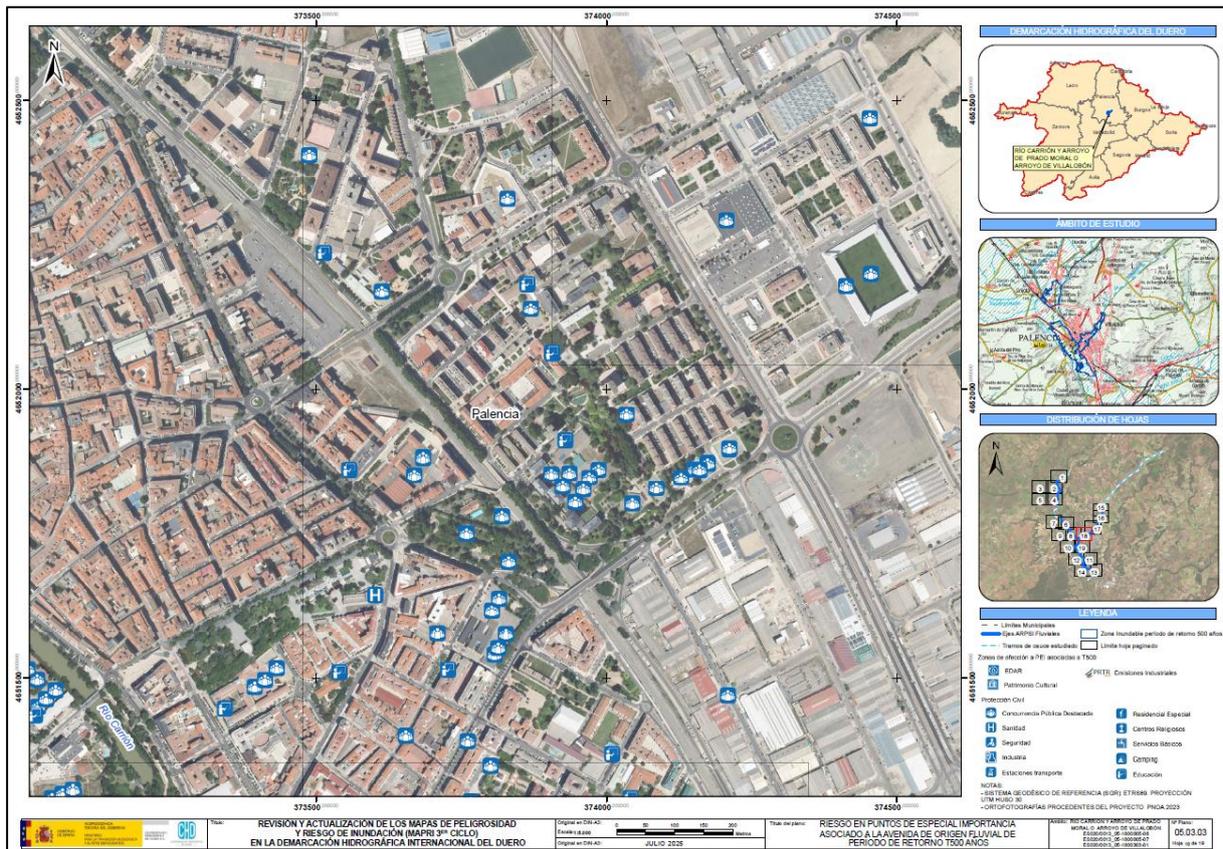


Figura 36. Detalle Mapa de Puntos de Especial Importancia. ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).

b) Riesgo en Áreas de Importancia Ambiental:

Esta capa de riesgo, al igual que en el caso anterior, se ha obtenido superponiendo cada envolvente de zona inundable con la información de base de las zonas de importancia ambiental indicadas. Las fuentes de información para la obtención de estos puntos ha sido la siguiente:

- **Masas de agua de la Directiva Marco del Agua:** masas de agua superficiales reflejadas en el [Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Duero vigente \(2022-2027\)](#);

- **Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano:** obtenidas del área de descargas del MITERD, capa de [zonas protegidas de aguas potables](#) recogidas en los Planes hidrológicos de Cuenca;
- **Masas de agua de uso recreativo.** Son las declaradas como “aguas de baño” en la Directiva 2006/7/CE. El censo de éstas se ha obtenido a través del [Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño \(Náyade\)](#);
- **Zonas para la protección de hábitats y especies:** Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), y las Zonas de Especial Conservación (ZEC), designadas por la Comisión Europea a partir de Lugares de Interés Comunitario (LIC). Estas capas se han obtenido a través del área de descargas del MITERD que las recopila en la capa de [Red Natura 2000](#). Además, se han contemplado los [Espacios Naturales Protegidos \(ENP\)](#) disponibles en la misma plataforma.

Los Mapas de Riesgo así obtenidos para cada período de retorno estudiado representan las zonas inundables que afectan total o parcialmente a las Áreas de Importancia Ambiental existentes en el entorno de la inundación. Estos mapas vienen acompañados, al final de cada colección, de las correspondientes tablas que muestran la relación de Áreas de Importancia Ambiental afectadas. El conjunto de estos mapas se puede consultar en el Anejo 2 del presente documento.

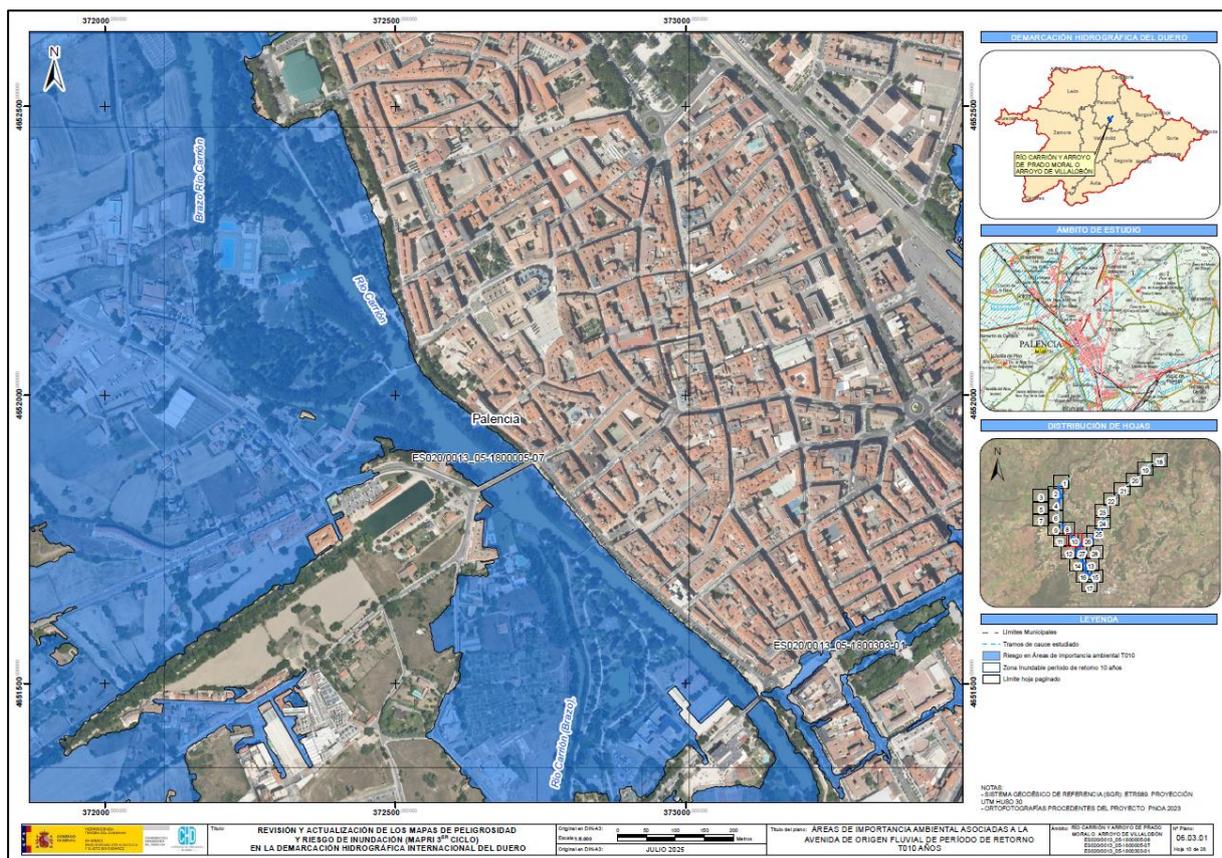


Figura 37. Detalle Mapa de Áreas de Importancia Ambiental. ES020/0013_05-1800005-06, ES020/0013_05-1800005-07 y ES020/0013_05-1800303-01 (Palencia).

8 Resultados

El visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables constituye la herramienta básica de coordinación de la información cartográfica de inundaciones elaborados por el MITERD y sus organismos de cuenca, en colaboración con las correspondientes comunidades autónomas y, en su caso, con las administraciones locales afectadas. La CHD cuenta, además, con su visor Mírame - IDE Duero, cuya información cartográfica de zonas inundables está en coordinación con el SNCZI.

El visor del SNCZI proporciona un catálogo de información cartográfica para su consulta y descarga, herramientas de búsqueda y manuales de ayuda, entre otros servicios. En las siguientes figuras se representa varios detalles del visor y del acceso a la información asociada a la cartografía de inundaciones.



Figura 38. Detalle del visor del SNCZI (<https://sig.miteco.gob.es/snczi/>) para la consulta de información de zonas inundables.

Zona Inundable con Alta Probabilidad (T=10 años)	
M. Zona	E5020_1800003_01_2020A
Nombre zona	E5020_1800003_01_2020 Río Pisuerga
Tipo zona	Q Período de retorno T10
Cauce	Río Pisuerga
Longitud (Km)	30,49
Zona inundable directiva de inundaciones	
Ciclo ARPSI	
Hipótesis	Q10 Régimen natural
Método hidrológico	CALIBRAC
Caudal (m ³ /s)	H: 2008m; Monreg: 13Mm2; 188Río; Berojo 12; Med 307A; Huelga; 78Río; Albaro; 153Mm2; 386Río; Villama; 53Río; Odra 91A; Mañe; 49Mm2; 432; Med4; 448Río; Alariza; 355Mm2; 779Mm2; 766Río; Cardón; 1014A; Caruso; Cerrato; 1086A; Nabalzo; 1138Fm
Procedim cartográfica	MDT 1X1 procedim de LIDAR IGN PNOA
Método hidrológico	HEC-RAS 2D
Estudio	SNCZI: Zonas inundables del Sistema Pisuerga
Tipo estudio	Estudio de Desarrollo del SNCZI
Documento	Adaptación y desarrollo del SNCZI en la Demarcación Hidrográfica del Duero 2º Ciclo
Clave operativa	02.040_0025.0411
Fecha de aprobación	25/02/2020
Fecha de la información geográfica de base	11/2019
Fecha límite	
Organismo	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
Demarcación hidrográfica	Duero

[Consultar Estadísticas](#)
[Exportar a PDF](#)
[Exportar a Excel](#)

Figura 39. Detalle de la información asociada a la cartografía de las zonas inundables del SNCZI.

Tal como se ha comentado, el visor de la CHD cuenta con propio su visor. Esta herramienta cuenta con una gran cantidad de información asociada a la DHD con acceso a datos y descarga complementaria. Asimismo, la información cartográfica relativa a las inundaciones se encuentra en constante coordinación con el SNCZI. La siguiente figura representa el detalle del visor y del acceso a la información cartográfica de inundaciones.

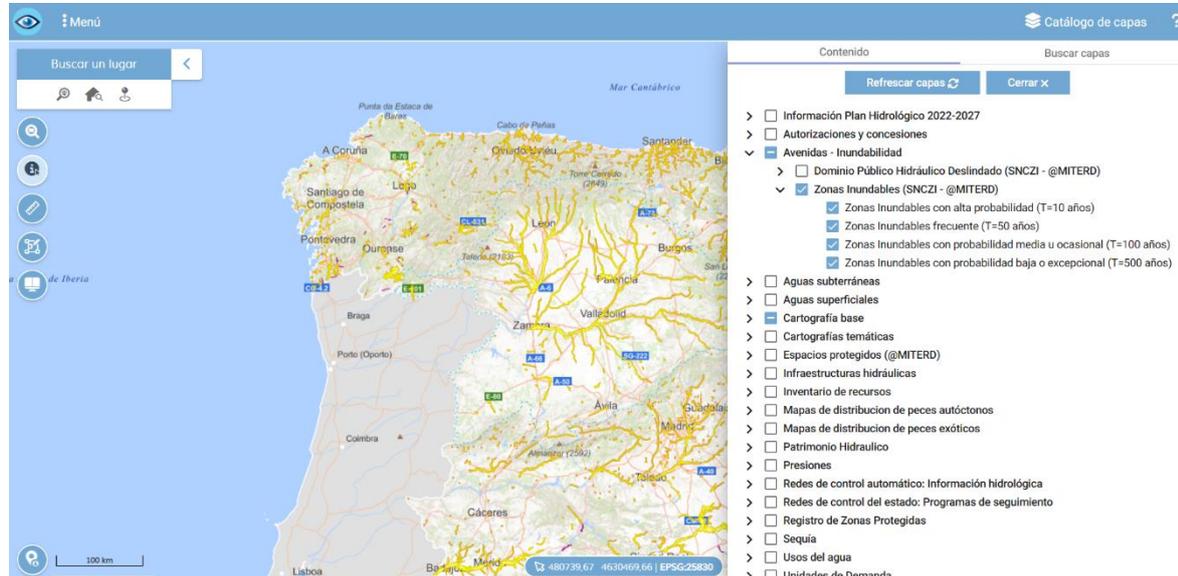


Figura 40. Detalle del visor MIRAME (<https://mirame.chduero.es/chduero/viewer>)

La información cartográfica resultante de la revisión y actualización de los MAPRI del 3^{er} ciclo será publicada en el visor del SNCZI y actualizada en el visor MIRAME.

9 Consulta pública

El presente apartado se elabora en cumplimiento del mandato establecido en la Directiva 2000/60/CE - Directiva Marco del Agua (DMA), que establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, y la Directiva 2007/60/CE de Evaluación y Gestión del Riesgo de Inundación, que introduce nuevos criterios a tener en cuenta para la protección del dominio público hidráulico y para la gestión del riesgo de inundaciones para la protección de personas y bienes.

Esta Directiva 2007/60/CE obliga a los estados miembros a la realización de las siguientes tareas en los horizontes temporales señalados:

1. Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) y la Identificación de las Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI). Diciembre de 2011, actualizándose a más tardar en diciembre de 2018 y a continuación cada 6 años;
2. Elaboración de Mapas de Peligrosidad (alta, media y baja probabilidad de inundación) y de Mapas de Riesgo (vulnerabilidad por nº de habitantes afectados, actividad económica, instalaciones industriales, patrimonio cultural etc). Diciembre de 2013, actualizándose a más tardar en diciembre de 2019 y a continuación cada 6 años;
3. Planes de Riesgo (de todas las ARPSI seleccionadas en la EPRI), que incluyen los programas de medidas que cada una de las administraciones debe aplicar en el ámbito de sus competencias para alcanzar el objetivo previsto de reducir las consecuencias negativas producidas por las inundaciones. Diciembre de 2015, actualizándose a más tardar en diciembre de 2021 y a continuación cada 6 años.

Para materializar todo ello, se elabora un **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables** (SNCZI), que establezca la zonificación de zonas inundables de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, y **el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio**, de “**evaluación y gestión de riesgos de inundación**” por el que se regulan los procedimientos para realizar la evaluación preliminar del riesgo de inundación, los mapas de peligrosidad y riesgo y los planes de gestión de los riesgos de inundación en todo el territorio español.

Transcurridos seis años desde la última revisión y actualización de los MAPRI y en aplicación de los artículos 10.2 y 21.2 del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, la Confederación Hidrográfica del Duero ha realizado la revisión y actualización de los MAPRI de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero correspondiente al tercer ciclo de la Directiva de Inundaciones.

Los mapas sobre los que se desarrolla este proceso de consulta pública se corresponden con los nuevos tramos de las ARPSI identificados en la revisión de la EPRI, así como, con tramos ya identificados en ciclos anteriores en las que el Organismo de cuenca ha detectado la necesidad de proceder a su revisión y/o actualización, todo ello en cumplimiento del artículo 21 del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

Asimismo, y siguiendo el procedimiento administrativo derivado del artículo 7 del citado Real Decreto 903/2010, se somete a Consulta Pública por un plazo de 3 meses tras su **publicación en el BOE**.

Dentro de ese plazo, se podrán realizar aportaciones y formular las observaciones y sugerencias que se estimen convenientes dirigidas por escrito, utilizando cualesquiera de los procedimientos previstos en el artículo 16.4 de la Ley 39/2015, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.

A tales efectos, se expone en la web de la Confederación Hidrográfica del Duero, <https://www.chduero.es/> la documentación de la Revisión y actualización de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero correspondiente al tercer ciclo de la Directiva de Inundaciones:

- Memoria;
- Anexo 1 “Listado de Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación del tercer ciclo”;
- Anexo 2 “Mapas de Peligrosidad y Riesgo y Zonas Legales”;
- Anexo 3 “Fichas resumen de los modelos del tercer ciclo”;

10 Documentación y bibliografía

Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), 2021, Climatología, hidrología y drenaje.

Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R., (1998). Large area hydrologic modeling and assessment Part I: Model development 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 34(1): 73-89.

Ballesteros Cánovas, J. A., Eguibar, M., Bodoque, J. M., Díez-Herrero, A., Stoffel, M., & Gutiérrez-Pérez, I. (2011). Estimating flash flood discharge in an ungauged mountain catchment with 2D hydraulic models and dendrogeomorphic palaeostage indicators. Hydrological Processes, 25(6), 970-979.

Ballesteros Cánovas, J. B., Stoffel, M., Corona, C., Schraml, K., Gobiet, A., Tani, S., ... & Kaitna, R. (2016). Debris-flow risk analysis in a managed torrent based on a stochastic life-cycle performance. Science of the total environment, 557, 142-153.

Bathurst, J. C., Birkinshaw, S. J., Cisneros Espinosa, F., & Iroumé, A. (2017). Forest impact on flood peak discharge and sediment yield in streamflow. River System Analysis and Management, 15-29.

Beneyto, C.; Aranda, J.Á.; Francés, F. (2024). On the Use of Weather Generators for the Estimation of Low-Frequency Floods under a Changing Climate. Water 2024, 16, 1059. <https://doi.org/10.3390/w16071059>.

Benito G, Ballesteros-Cánovas, J.A. and Díez-Herrero, A. (2023). Palaeoflood Hydrology: Reconstructing rare events and extreme flood discharges. In: Paron, P. and Di Baldassarre, G. (eds.). Hydro-Meteorological hazards, risks, and disasters. Hazards and Disasters Series, Elsevier, Amsterdam. 65-103.

Benito, G, Lang, M, Barriendos, M, Llasat, M.C, Francés, F, Ouarda, T, Thorndycraft, V, Enzel, Y, Bardossy, A, Coeur, D, Bobée, B. (2004). Use of systematic, palaeoflood and historical data for the improvement of flood risk estimation. Review of scientific methods. Natural Hazards 31, 623–643.

Bermúdez, M., Farfán, J. F., Willems, P., & Cea, L. (2021). Assessing the effects of climate change on compound flooding in coastal river areas. Water Resources Research, 57(10), e2020WR029321.

Blöschl, G., Hall, J., Viglione, A., Perdigão, R. A., Parajka, J., Merz, B., ... & Živković, N. (2019). Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature, 573(7772), 108-111.

Bonsoms, J., López-Moreno, J. I., & Alonso-González, E. (2023). Snow sensitivity to temperature and precipitation change during compound cold-hot and wet-dry seasons in the Pyrenees. The Cryosphere, 17(3), 1307-1326.

CCS-MAPAMA (2017) [Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones](#).

Cutillas-Lozano, L. G., López, M. S. C., Velasco, A. P., Andrés-Doménech, I., & Olcina-Cantos, J. (2023). Local-scale regionalisation of climate change effects on rainfall pattern: application to Alicante City (Spain). *Theoretical and Applied Climatology*, 154(1-2), 377-402.

EXCIMAP, 2007, Handbook on good practices for flood mapping in Europe.

EXCIMAP. (2007). Handbook on good practices for flood mapping in Europe. Excimap (European exchange circle on flood mapping).

FEMA, USA 2001, GUÍA 2: Understanding your risks: identifying hazards and estimating losses.

García-Ruiz J.M, Lana-Renault N., (2011). Hydrological and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean region. A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140: 317-338. DOI: 10.1016/j.agee.2011.01.003.

Garijo, C., & Mediero, L. (2018). Influence of climate change on flood magnitude and seasonality in the Arga River catchment in Spain. *Acta Geophysica*, 66, 769-790.

Gosling S.N., Zaherpour J., Ibarreta D., (2018). PESETA III: Climate change impacts on labour productivity, EUR 29423 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-96912-6, doi:10.2760/07911, JRC113740.

Harden, T.M., Ryberg, K.R., O'Connor, J.E., Friedman, J.M., and Kiang, J.E. (2021): *Historical and paleoflood analyses for probabilistic flood-hazard assessments—Approaches and review guidelines*. U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 4, chap. B6, 91 p., <https://doi.org/10.3133/tm4B6>.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, Documento Técnico VI del IPCC.

IPCC 2022. Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Tignor, M., Alegría, A., ... & Okem, A. (2022). IPCC, 2022: Summary for policymakers.

Jiménez Álvarez, A. (Coord.; 2021): *Paleocrecidas y avenidas históricas y su aplicación a la seguridad hidrológica de las presas*. Monografías CEDEX, M-143, Madrid, 224 pp.

López de la Cruz, J. (2013). Análisis estadístico y modelación del régimen de las crecidas en ríos de la España Península en un contexto no estacionario. Tesis de Doctorado. Director: F. Francés. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Lorenzo, M. N. y Alvarez, I. (2020). Climate change patterns in precipitation over Spain using CORDEX projections for 2021-2050. *Science of The Total Environment*, 723, 138014.

Martín-Vide, J. P., Bateman, A., Berenguer, M. Ferrer-Boix, C., Amengual, A., Campillo, M., Corral, C., Llasat, M. C., Llasat-Botija, M., Gómez, S., Marín-Esteve, B., Prats-Puntí, A., Ruiz-Carulla, R., Sosa-Pérez, R., (2023). A flash flood with large Woody debris clogged bridges. The 2019 event of Francolí River (NE Iberian Peninsula), *J. Hydrol.: Regional Studies*, 47, 101348.

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2011). [Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.](#)

Ministerio para la Transición Ecológica (2018) [Inundaciones y Cambio Climático. Estudio y experiencias a nivel Europeo en el primer ciclo de la Directiva de Inundaciones.](#)

Ministerio para la Transición Ecológica (2019) [Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos. CÓDIGO: M-R-HMF-2019.](#)

Ministerio para la Transición Ecológica (2019) [Protocolo para el cálculo de métricas de los indicadores hidromorfológicos de las masas de agua categoría río. CÓDIGO: MET-R-HMF-2019.](#)

Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (2025) Propuesta de Mínimos para la realización de los Mapas de Riesgo de Inundación. Actualización de la metodología para la elaboración de la cartografía de peligrosidad y riesgo de inundación. Directiva de Inundaciones - 3^{er} ciclo.

Montiel-Molina, C., Vilar, L., Romão-Sequeira, C., Karlsson, O., Galiana-Martín, L., Madrazo-García de Lomana, G., & Palacios-Estremera, M. T. (2019). Have historical land use/land cover changes triggered a fire regime shift in central Spain? *Fire*, 2(3), 44.

Morin, S., Samacoïts, R., François, H., Carmagnola, C. M., Abegg, B., Demiroglu, O. C., ... & Cauchy, A. (2021). Pan-European meteorological and snow indicators of climate change impact on ski tourism. *Climate Services*, 22, 100215.

Riahi, K. et al., (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153-168.

Rodriguez-Lloveras, X., Buytaert, W., Benito, G., (2016). Land use can offset climate change induced increases in erosion in Mediterranean watersheds. *CATENA*, 143: 244-255.

Ruiz-Villanueva, V., Díez-Herrero, A., Bodoque del Pozo, J.M., Bladé, E., (2015). Avances en el análisis del material leñoso en ríos: incorporación, transporte e influencia en el riesgo por inundaciones. *Cuaternario y Geomorfología*, 29, 7-33.

Sanmiguel-Valladolid, A., López-Moreno, J. I., Morán-Tejeda, E., Alonso-González, E., Navarro-Serrano, F. M., Rico, I., & Camarero, J. J. (2020). Variable effects of forest canopies on snow processes in a valley of the central Spanish Pyrenees. *Hydrological Processes*, 34(10), 2247-2262.

Secretaría del Estado de Interior (1995) Directriz Básica de planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones.

Tuset, J., Barriandos, M. & Barriandos, J. (2022). "Historical Floods on the Spanish Mediterranean Basin: A Methodological Proposal for the Classification of Information at High Spatio-Temporal Resolution—AMICME Database (CE 1035–2022)" *Land* 11, no. 12: 2311. <https://doi.org/10.3390/land11122311>.

Van Leeuwen, C. C., Cammeraat, E. L., de Vente, J., & Boix-Fayos, C. (2019). The evolution of soil conservation policies targeting land abandonment and soil erosion in Spain: A review. *Land use policy*, 83, 174-186.

Vázquez-Tarrío, D., Ruiz-Villanueva, V., Garrote, J., Benito, G., Calle, M., Lucía, A., & Díez-Herrero, A. (2024). Effects of sediment transport on flood hazards: Lessons learned and remaining challenges. *Geomorphology*, 446. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108976>

Vente, D.R and Mays, L.W. (1994), *Hidrología Aplicada*.

Zittis, G., Bruggeman, A., & Lelieveld, J. (2021). Revisiting future extreme precipitation trends in the Mediterranean. *Weather and Climate Extremes.*, 34, 100380. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100380>.

ANEXOS