

Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares

SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES

**REVISIÓN DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO.
2º CICLO**

NOVIEMBRE 2021



G CONSELLERIA
O MEDI AMBIENT
I I TERRITORI
B DIRECCIÓ GENERAL
/ RECURSOS HÍDRICS

MEMORIA

Índice

MEMORIA

1	Antecedentes	1
2	Normativa de aplicación	5
3	Cartografía.....	7
3.1	Modelo Digital del Terreno.....	7
3.2	Levantamiento de obras de fábrica	10
4	Estudio Hidrológico.....	12
4.1	Información empleada.....	12
4.2	Caracterización de cuencas	14
4.3	Definición de la pluviometría.....	15
4.4	Modelización hidrológica.....	17
4.5	Calibración y resultados	20
5	Estudio Hidráulico	21
5.1	Datos básicos de entrada a los modelos	21
5.2	Modelización bidimensional con InfoWorks ICM	24
6	Mapas de Peligrosidad y Zonas Legales.....	28
7	Mapas de Riesgo	31
7.1	Afección a la población.....	32
7.2	Afección a las actividades económicas	35
7.3	Afección a puntos de especial importancia y áreas de importancia ambiental.....	39
8	Resultados	44
9	Resultados del proceso de consulta pública.....	46
9.1	Resumen de las alegaciones recibidas y respuestas efectuadas	46
9.1.1	Dirección General de Emergencias e Interior	46
9.1.2	Consejo Insular de Menorca. Patrimonio	47
9.1.3	Ayuntamiento de Palma. Gerencia de Urbanismo.....	48
10	Documentación y bibliografía	62

ANEXOS

ANEXO 1: LISTADO DE ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN DEL SEGUNDO CICLO

ANEXO 2: MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO Y ZONAS LEGALES

Índice de tablas

Tabla 1. ARPSIs fluviales identificadas en la DHIB una vez finalizada la revisión y actualización de la EPRI del 1º Ciclo.....	2
--	---

Índice de figuras

Figura 1. ARPSIs fluviales de segundo ciclo en la D.H. de las Islas Baleares. Mallorca.	2
Figura 2. ARPSIs fluviales de segundo ciclo en la D.H. de las Islas Baleares. Eivissa.	3
Figura 3. Guías de referencia empleadas	4
Figura 4. Esquema de implementación de la Directiva Europea de Inundaciones	6
Figura 5. MDT empleado en el modelo del ARPSI ES110_ARPSI_01181 Peguera.	8
Figura 6. Acondicionamiento y refuerzo del Torrent de Ses Planes.	9
Figura 7. Esquema de actualización del MDT del ARPSI ES110_ARPSI_01581 Ses Planes.	9
Figura 8. Zonas mallado vacío para representación de edificaciones en ARPSI ES110_ARPSI_01401 Campos.	10
Figura 9. Ejemplo de datos tomados de obras de drenaje en Torrent de Ses Planes.	11
Figura 10. MDT combinado cuenca del Torrent de Ca n' Amer (izda), zona de empleo de LiDAR 19 (dcha).	13
Figura 11. Cobertura geológica de la DGRH. Detalle Menorca.	13
Figura 12. Rellenado de depresiones.	14
Figura 13. Mapa de direcciones de flujo y ubicación de la cuenca del Torrent de Ca n' Amer.	14
Figura 14. Mapa de torrentes (izda) y subcuencas (dcha) en la cuenca del Torrent de Ca n' Amer.	15
Figura 15. Ráster generado a partir de las isoyetas T100 de la DGRH. Mallorca.	16
Figura 16. Mapa del índice de torrencialidad (I_1/I_d).	17
Figura 17. Geo-proceso celda a celda para obtención del NC. Detalle Eivissa.	18
Figura 18. Entorno gráfico modelo HEC-HMS ARPSI ES110_ARPSI_01291 Na Bàrbara. ..	20
Figura 19. 1) Ortofoto, 2) MDT 2014 sin edificios. ARPSI ES110_ARPSI_01091 Major de Sóller.	21
Figura 20. Ejemplos de líneas de rotura (en rojo) incluidas en las modelizaciones.	22
Figura 21. Capa n de Manning sobre SIOSE 2014. ARPSI ES110_ARPSI_03441 Llanvanera.	23

Figura 22. Estructuras existentes incluidas en el modelo ARPSI ES110_ARPSI_03441 Llavanera.....	23
Figura 23. Ejemplos de mallas 3D obtenidas con InfoWorks. Confluencia ARPSIs Coanegra y Gros.....	24
Figura 24. Ejemplos ventana de visualización de usuario de Infoworks ICM.	24
Figura 25. Esquema de trabajo en InfoWorks.....	25
Figura 26. Malla generada por el programa InfoWorks en el ARPSI ES110_ARPSI_01291 Na Bàrbara.....	25
Figura 27. Caracterización de la rugosidad del terreno. Tramo ARPSI ES110_ARPSI_01191 Santa Ponça.....	26
Figura 28. Detalle de calados obtenidos en los ARPSIs Na Bàrbara y Gros.	26
Figura 29. Detalle de velocidades obtenidas en el modelo del ARPSI ES110_ARPSI_01401 Campos.....	26
Figura 30. Llanura geomorfológica T500 frente a llanura hidráulica ARPSI ES110_ARPSI_01191 Santa Ponça.	27
Figura 31. Llanura geomorfológica T010 frente a llanura hidráulica ARPSI ES110_ARPSI_01582 Es Riuet.	27
Figura 32. Detalle Mapa de calados T500 años. ARPSI ES110_ARPSI_01302 Gros.	29
Figura 33. Detalle Mapa de velocidades T500 años. ARPSI ES110_ARPSI_01191 Santa Ponça.	29
Figura 34. Detalle Mapa de Zonas Inundables. ARPSI ES110_ARPSI_01302 Gros.	30
Figura 35. Detalle Mapa DPH, ZS y ZP. ARPSI ES110_ARPSI_01091 Major de Sóller.....	30
Figura 36. Límites Municipales (IGN) y Secciones Censales (INE). Islas Baleares y detalle Palma de Mallorca.....	33
Figura 37. Edificaciones afectadas por inundación T500. Detalle ARPSI ES110_ARPSI_01301-01 Coanegra.....	34
Figura 38. Detalle Mapa de Riesgo a la Población. ARPSI ES110_ARPSI_01302 Gros.....	34
Figura 39. Categorías de uso de suelo adoptadas para los mapas de riesgo.	35
Figura 40. Categorías de uso de suelo sobre ortofotografía. Detalle Eivissa.	35
Figura 41. Elementos del BTN25 con asignación de actividad económica. Detalle Palma de Mallorca.....	36
Figura 42. Visor idelB del SITIBSA.	37

Figura 43. Esquema conceptual de estimación de riesgo anual esperado por actividades económicas.	37
Figura 44. Esquema conceptual de cruce de capas para la obtención del riesgo a las actividades económicas.	38
Figura 45. Detalle Mapa de Riesgo a las Actividades Económicas. ARPSI ES110_ARPSI_03441 Llavanera.	38
Figura 46. Emplazamiento de molinos de viento para extracción de agua al este de Palma de Mallorca.	40
Figura 47. Detalle de emplazamientos de Puntos de Especial Importancia en Palma de Mallorca.	41
Figura 48. Detalle Mapa de Puntos de Especial Importancia ARPSIs Na Bàrbara y Gros.	42
Figura 49. Detalle Mapa de Áreas de Importancia Ambiental. ARPSI ES110_ARPSI_01301-01 Coanegra.	43
Figura 50. Portada de acceso al visualizador idelB del SITIBSA.	44
Figura 51. Panel de selección de capas a añadir del geoportal idelB.	44
Figura 52. Visualización de capas Xarxa Hidrogràfica i Risc Inundació.	45
Figura 53. Apartado de descargas del visor idelB.	45

1 Antecedentes

El Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, que adapta a la legislación española la Directiva 2007/60/CE, 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.

Previamente a esta revisión y actualización de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación se realizó la Revisión y Actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI 2º Ciclo). Como resultado de la revisión de la EPRI, **se consideró necesaria la inclusión de 15 prolongaciones y 1 unión de ARPSIs existentes de 1º Ciclo (7,73 km), todos ellos de origen fluvial**. El conjunto de ARPSIs de tramos fluviales, tanto los identificados en la EPRI del 1º Ciclo como los añadidos una vez realizada la revisión y actualización (2º ciclo), se localizan en las islas de Eivissa y Mallorca y se muestran en la siguiente tabla. Se señalan en negrita todos los subtramos nuevos:

CÓDIGO ARPSI	LONG (km)	CÓDIGO SUBTRAMO	NOMBRE SUBTRAMO	LONG (km)	ORIGEN
ES110_ARPSI_01291	6,69	ES110_ARPSI_01291-01	Na Bàrbara	4,11	Fluvial
		ES110_ARPSI_01291-02	Na Bàrbara	2,58	Fluvial
ES110_ARPSI_01302	8,26	ES110_ARPSI_01302-01	Gros	8,12	Fluvial
		ES110_ARPSI_01302-02	Gros	0,14	Fluvial
ES110_ARPSI_01301	7,93	ES110_ARPSI_01301-01	Coanegra	5,37	Fluvial
		ES110_ARPSI_01301-02	Coanegra	2,56	Fluvial
ES110_ARPSI_01401	2,04	ES110_ARPSI_01401-01	Campos	1,83	Fluvial
		ES110_ARPSI_01401-02	Campos	0,13	Fluvial
		ES110_ARPSI_01401-03	Campos	0,08	Fluvial
ES110_ARPSI_01582	1,97	ES110_ARPSI_01582-01	Es Riuet	1,92	Fluvial
		ES110_ARPSI_01582-02	Es Riuet	0,05	Fluvial
ES110_ARPSI_01581	1,46	ES110_ARPSI_01581-01	Ses Planes	1,10	Fluvial
		ES110_ARPSI_01581-02	Ses Planes	0,13	Fluvial
		ES110_ARPSI_01581-03	Ses Planes	0,23	Fluvial
ES110_ARPSI_01791	1,84	ES110_ARPSI_01791-01	Vall den Marc/Sant Jordi	1,55	Fluvial
		ES110_ARPSI_01791-02	Vall den Marc/Sant Jordi	0,14	Fluvial
		ES110_ARPSI_01791-03	Vall den Marc/Sant Jordi	0,15	Fluvial
ES110_ARPSI_01091	3,64	ES110_ARPSI_01091-01	Major de Sóller	3,59	Fluvial

CÓDIGO ARPSI	LONG (km)	CÓDIGO SUBTRAMO	NOMBRE SUBTRAMO	LONG (km)	ORIGEN
		ES110_ARPSI_01091-02	Major de Sóller	0,05	Fluvial
ES110_ARPSI_01181	0.74	ES110_ARPSI_01181-01	Peguera	0,63	Fluvial
		ES110_ARPSI_01181-02	Peguera	0,04	Fluvial
		ES110_ARPSI_01181-03	Peguera	0,07	Fluvial
ES110_ARPSI_01191	1,02	ES110_ARPSI_01191-01	Santa Ponça	0,75	Fluvial
		ES110_ARPSI_01191-02	Santa Ponça	0,09	Fluvial
		ES110_ARPSI_01191-03	Santa Ponça	0,18	Fluvial
ES110_ARPSI_03441	3,22	ES110_ARPSI_03441-01	Llavanera	2,11	Fluvial
		ES110_ARPSI_03441-02	Llavanera derivación	1,11	Fluvial
TOTAL ARPSIs FLUVIALES Y PLUVIALES				38,81	

Tabla 1. ARPSIs fluviales identificadas en la DHIB una vez finalizada la revisión y actualización de la EPRI del 1º Ciclo.

En esta memoria se presenta un resumen de la metodología y resultados de la elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación correspondientes a todas las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs) incluidas en la Revisión y actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI 2º ciclo). En tanto en cuanto los nuevos tramos son parte integrante de los tramos ARPSI obtenidos en el 1º Ciclo, y no hay nuevos tramos ARPSI completos, la **metodología que se expone será relativa a la revisión de todos los tramos ARPSI existentes (1º Ciclo) y los nuevos tramos propuestos.**

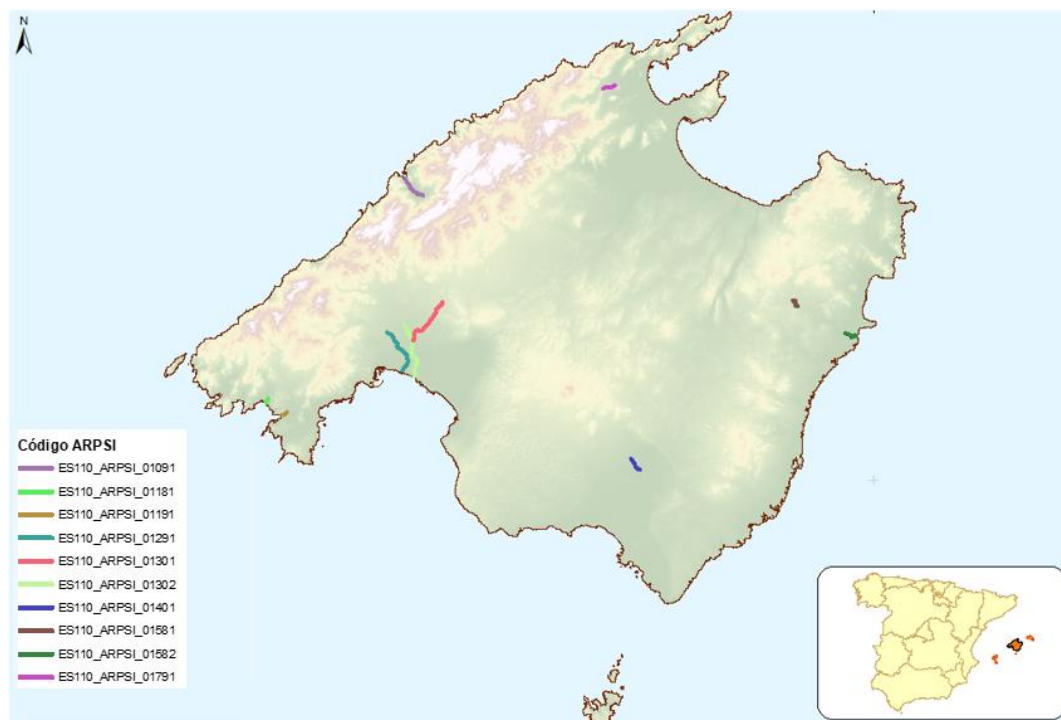


Figura 1. ARPSIs fluviales de segundo ciclo en la D.H. de las Islas Baleares. Mallorca.

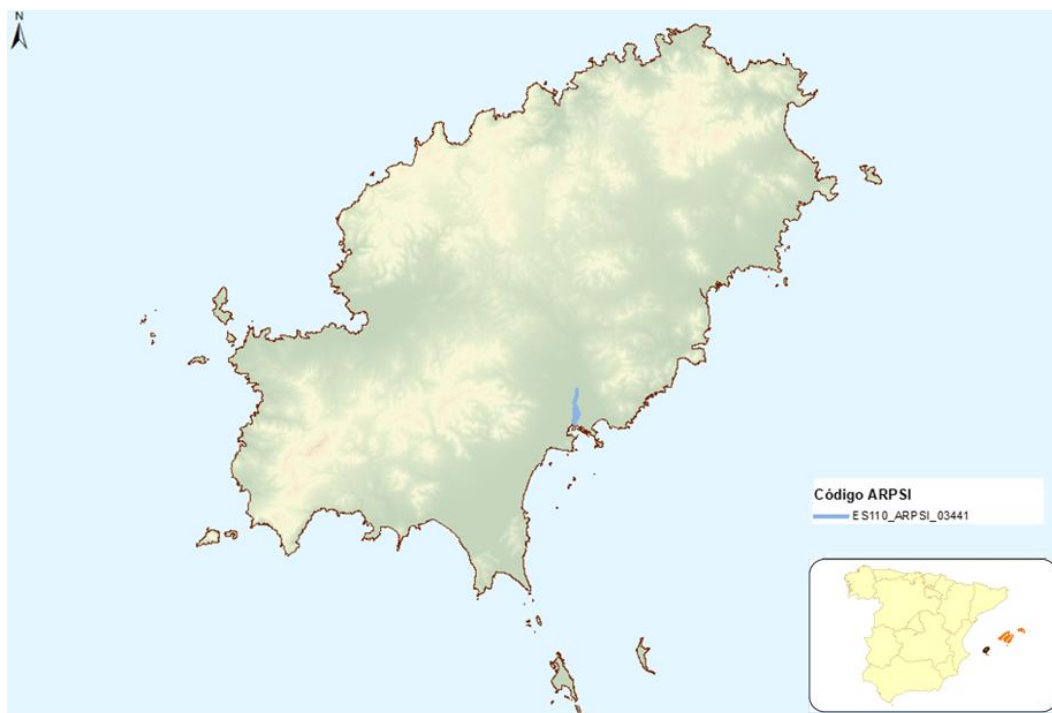


Figura 2. ARPSIs fluviales de segundo ciclo en la D.H. de las Islas Baleares. Eivissa.

Para la elaboración de los mapas se han utilizado técnicas avanzadas en cartografía y modelización hidráulica bidimensional.

Se han seguido las siguientes etapas:

- Revisión de los Modelos Digitales del Terreno 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.

A nivel general se ha seguido la metodología que se indica en la “Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables”, en adelante *Guía SNCZI*, editada por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, en 2011.

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 hecho uso la publicación “Criterios de Revisión. Directiva Inundaciones – 2º Ciclo”, elaborada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en 2019.

Los criterios aplicados en la elaboración de los Mapas de Riesgo han sido los establecidos en la “Propuesta de mínimos para la realización de los mapas de riesgo de inundación”, elaborada igualmente por el MITECO en 2019, y se han contemplado todas sus consideraciones.



Figura 3. Guías de referencia empleadas

Con el presente documento se publica la información relativa al conjunto de **ARPSIs fluviales** de la Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares, incluyendo tanto los nuevos tramos (2º Ciclo) como los correspondientes al 1º Ciclo, tras haber sido revisados. La descripción detallada de los tramos ARPSI se puede encontrar en el Anexo 1 “Listado de Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación”, y el conjunto de mapas generados se incluyen en el Anexo 2 “Mapas de Peligrosidad y Riesgo y Zonas Legales”.

Finalmente, en relación con las **ARPSIs Costeras**, es decir, aquellas zonas identificadas con riesgo potencial significativo de inundación de origen marino, cabe indicar que la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) en zonas costeras no ha variado respecto del primer ciclo. Según esto, se mantienen las 32 ARPSIs costeras del primer ciclo, que tienen una longitud total de 60,69km.

En relación con los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación causados por el mar en las aguas costeras y de transición, de acuerdo con el artículo 10.1 del Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión del riesgo de inundación, es la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica, el órgano competente para la elaboración de esta información. En tanto no se modifiquen las bases de datos que sirvieron de base para la elaboración de dichos mapas durante la implantación del primer ciclo de la Directiva, se mantienen los mapas publicados en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. No obstante, está prevista la actualización de dichas bases de datos con las proyecciones del Quinto Informe del IPCC (AR5) para incluir los datos estadísticos fundamentales de las nuevas proyecciones mejorando la calidad de los datos de partida, lo que permitirá obtener resultados con mejores prestaciones en lo que a regionalización de los resultados y precisión del nivel del mar se refiere.

La información de las nuevas variables proyectadas de nivel del mar y oleaje se utilizará para, haciendo uso de la metodología iOLE, revisar la cota de inundación a lo largo de 33.000 perfiles topo-batimétricos cubriendo toda la costa española. La comparación entre la distribución de la nueva cota de inundación proyectada y la histórica en cada perfil servirá para evaluar las posibles repercusiones del cambio climático en la incidencia de inundaciones en la revisión y actualización de los planes de gestión del riesgo de inundación, de acuerdo con el artículo 21.4 del citado Real Decreto.

2 Normativa de aplicación

Los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de inundación se han elaborado de acuerdo con el Real Decreto 903/2010 de 9 de julio, de Evaluación y Gestión de Riesgos de Inundación (en lo sucesivo R.D. 903/2010) que transpone la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación.

En concreto, los artículos 8 y 9 del R.D. 903/2010 establecen la obligación de desarrollar los Mapas de Peligrosidad y los Mapas de Riesgo de inundación para cada Área de Riesgo Potencial Significativo de Inundación, identificada en la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación, 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.

En la figura de la siguiente página se muestra un esquema de la implementación de la Directiva Europea de Inundaciones y su trasposición al R.D. 903/2010, donde se incluyen las fechas previstas para cada una de las fases, tanto del primer ciclo (color rojo) como del segundo ciclo (color verde).

Dichas fechas vienen determinadas en el R.D. 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.*

➤ 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.*

➤ **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.*

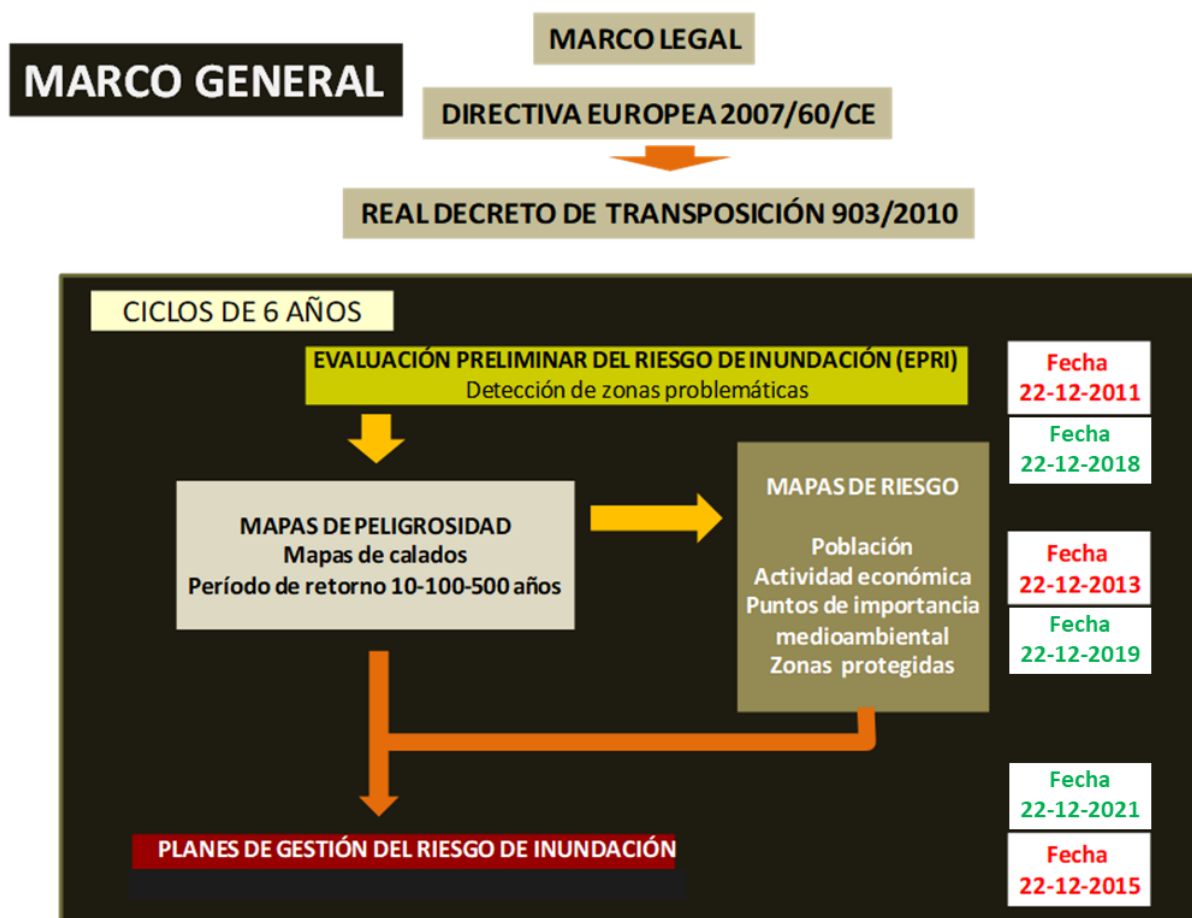


Figura 4. Esquema de implementación de la Directiva Europea de Inundaciones

3 Cartografía

Se han utilizado los siguientes elementos cartográficos:

- Modelos digitales del terreno (MDTs) empleados en el 1^{er} Ciclo e información LiDAR de máxima actualización (2019);
- Ortofotografía más reciente disponible del proyecto PNOA;
- Inventario de estructuras (elementos obstruccioneros del flujo) procedentes de recopilación de estudios específicos, trabajos existentes y visitas a campo.

3.1 Modelo Digital del Terreno

Para la realización del estudio hidráulico es necesario disponer de una cartografía de precisión que represente fielmente la realidad del terreno en el tramo de estudio. Para ello, se han utilizado Modelos Digitales del Terreno (MDTs) generados mediante la tecnología LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging), los cuales han sido tratados para eliminar los valores correspondientes a elementos diferenciados del terreno: vegetación, puentes, etc.

La cartografía base empleada en la realización de este estudio ha sido elaborada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) dentro del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), habiéndose realizado el vuelo en el año 2014.

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

- Archivos LAS, que contienen las nubes de puntos procedentes del vuelo LiDAR, con información altimétrica. Estos archivos se distribuyeron en ficheros de 2 x 2km de extensión;
- Densidad de 0.5 puntos/m². Nubes de puntos clasificadas de manera automática y coloreadas mediante RGB a partir de ortofotos del PNOA, con tamaño de píxel de 25 ó 50cm;
- Precisión altimétrica mejor de 20cm RMSEZ;
- Sistema de referencia ETRS89, proyección UTM en el huso correspondiente. En el caso de las Islas Baleares, y para ir en consonancia con las prescripciones de las Guías de referencia mencionadas en el primer apartado de esta Memoria, se ha trabajado en el huso 30, zona N;
- Alturas ortométricas.

Los datos anteriores fueron tratados para generar los correspondientes MDTs. Estos tratamientos se realizaron en el contexto de los trabajos del Contrato: *“Generación de cartografía para la modelización hidráulica compatible con el SNCZI de las zonas ARPSIs de la Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares obtenida a partir del tratamiento de los datos LiDAR 2014”*.

Los MDTs mencionados proceden de la primera cobertura completa del territorio español, en el marco del proyecto PNOA – LiDAR.

En el año 2015 comienza la toma de datos para la elaboración de la segunda cobertura. En el caso concreto de las Islas Baleares, a fecha de redacción del presente informe, se ha realizado ya la toma de datos y generación de nubes de puntos LAS clasificadas (2019), pero aún no se ha construido el MDT derivado de los datos brutos anteriores ni generado el mapa LiDAR, de acuerdo con la información proporcionada por la web del PNOA – LiDAR:



A partir de los datos brutos proporcionados por el vuelo LiDAR del PNOA se han confeccionado los modelos altimétricos. El **Modelo Digital del Terreno elaborado para la construcción de los modelos hidráulicos originales del 1º Ciclo** ha sido un producto sin puentes y sin edificios, es decir, con el terreno restituído. Se trata, pues, de un MDT en el que, además de eliminarse la vegetación, se han eliminado los puentes existentes y los edificios.

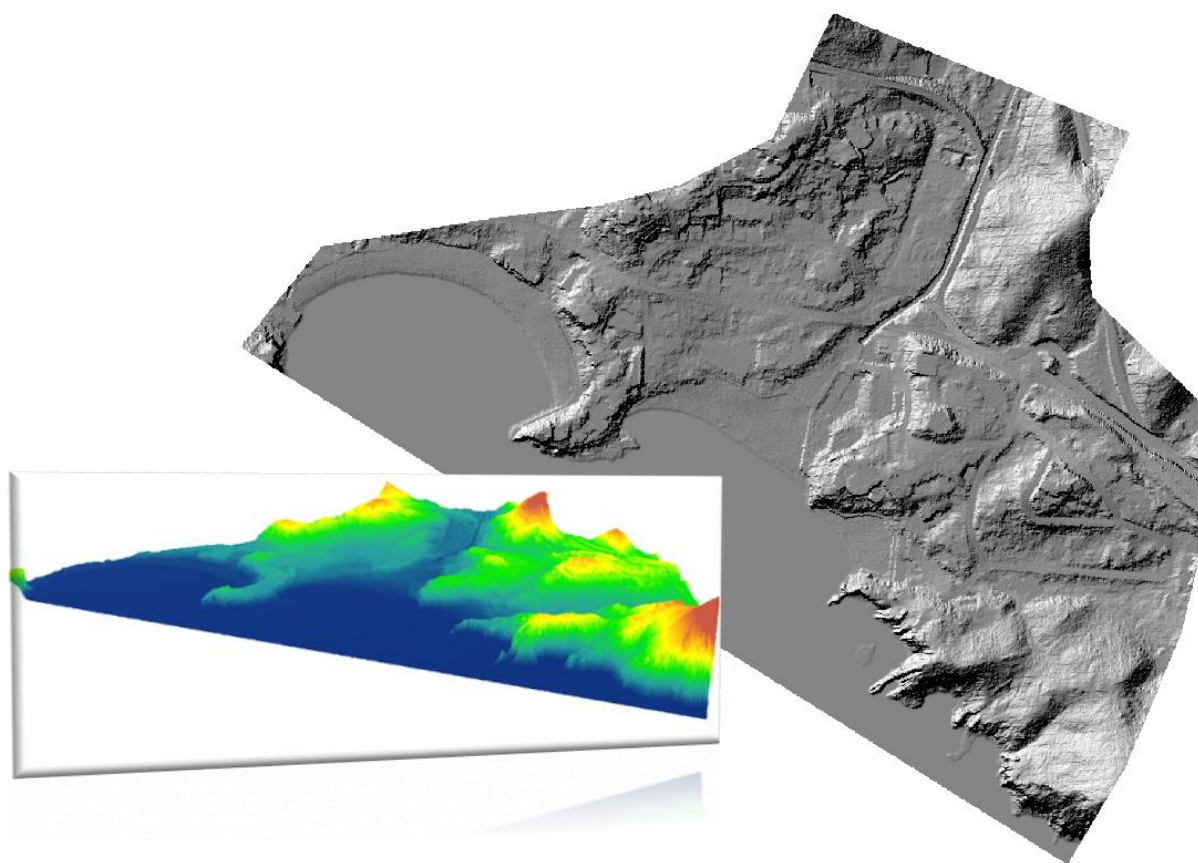


Figura 5. MDT empleado en el modelo del ARPSI ES110_ARPSI_01181 Peguera.

Para determinar si ha habido modificaciones en el terreno que pudieran afectar a los resultados de las modelizaciones, se ha realizado una comparación entre el MDT empleado en los modelos (2014) y los datos LiDAR de 2ª cobertura del PNOA que, en las Islas Baleares, corresponden al año 2019.

A través de este análisis, se han tratado de detectar zonas del terreno que han sufrido modificaciones desde 2014. Son de especial interés, ya que potencialmente pueden repercutir en los resultados de los modelos, todas 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 afectadas por las láminas de inundación.

Según lo anterior, en aquellos casos en los que se han observado zonas que deben ser actualizadas, pues pueden repercutir directamente en los resultados de las modelizaciones, se han realizado las modificaciones pertinentes, bien sobre el MDT correspondiente, bien actuando directamente sobre el mallado del modelo hidráulico.

La imagen siguiente muestra un ejemplo de actualización de MDT. En este caso se han empleado los datos LiDAR 2019 para representar el estado final de las actuaciones de emergencia realizadas en un tramo del Torrent de Ses Planes, a su paso por la localidad de Sant Llorenç des Cardassar.



Figura 6. Acondicionamiento y refuerzo del Torrent de Ses Planes.

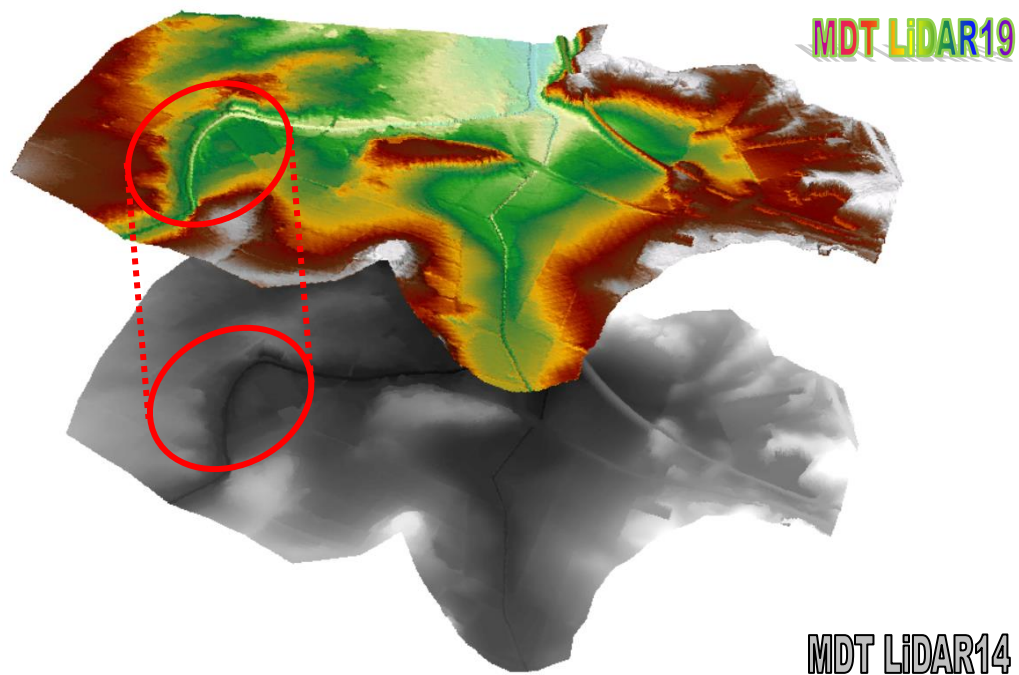


Figura 7. Esquema de actualización del MDT del ARPSI ES110_ARPSI_01581 Ses Planes.

Además del empleo de los datos LiDAR más actualizados, para verificar si es necesario actualizar el MDT se ha hecho uso del comparador de ortofotos del PNOA.



Finalmente, se ha recopilado información sobre actuaciones recientes realizadas sobre los tramos de estudio para valorar la necesidad de actualización del MDT o de la malla.

Anteriormente se explicó que los MDTs de base no presentan edificaciones, pero para la modelización de zonas inundables 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 restituído, enfoque que se considera adecuado ya que mejora la representación del entramado vial y de calles y que 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 8. Zonas mallado vacío para representación de edificaciones en ARPSI ES110_ARPSI_01401 Campos.

3.2 Levantamiento de obras de fábrica

Todas las estructuras de cruce, como puentes y obras de drenaje, así como obras hidráulicas, tanto longitudinales como transversales, que puedan interferir en la hidráulica de la corriente deben ser incluidas en las modelizaciones.

Para la definición y revisión geométrica de las estructuras incluidas en los modelos hidráulicos se han obtenido informaciones procedentes de 3 fuentes:

- Información de campo empleada para la preparación de los modelos hidráulicos originales de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo del 1^{er} Ciclo;
- Información obtenida de visitas de campo realizadas en el contexto de los presentes trabajos (2^{do} Ciclo);
- Datos de obras de fábrica procedentes de otros estudios hidráulicos facilitados por la Direcció General de Recursos Hídrics de la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear (DGRH).

De todos los obstáculos levantados existe información sobre definición geométrica de la estructura, coordenadas de emplazamiento, fotografías tomadas desde distintos ángulos o croquis delineados. Las imágenes siguientes muestran la toma de datos de obras de drenaje en el tramo encauzado del Torrent de Ses Planes, a su paso por la localidad de Sant Llorenç des Cardassar.

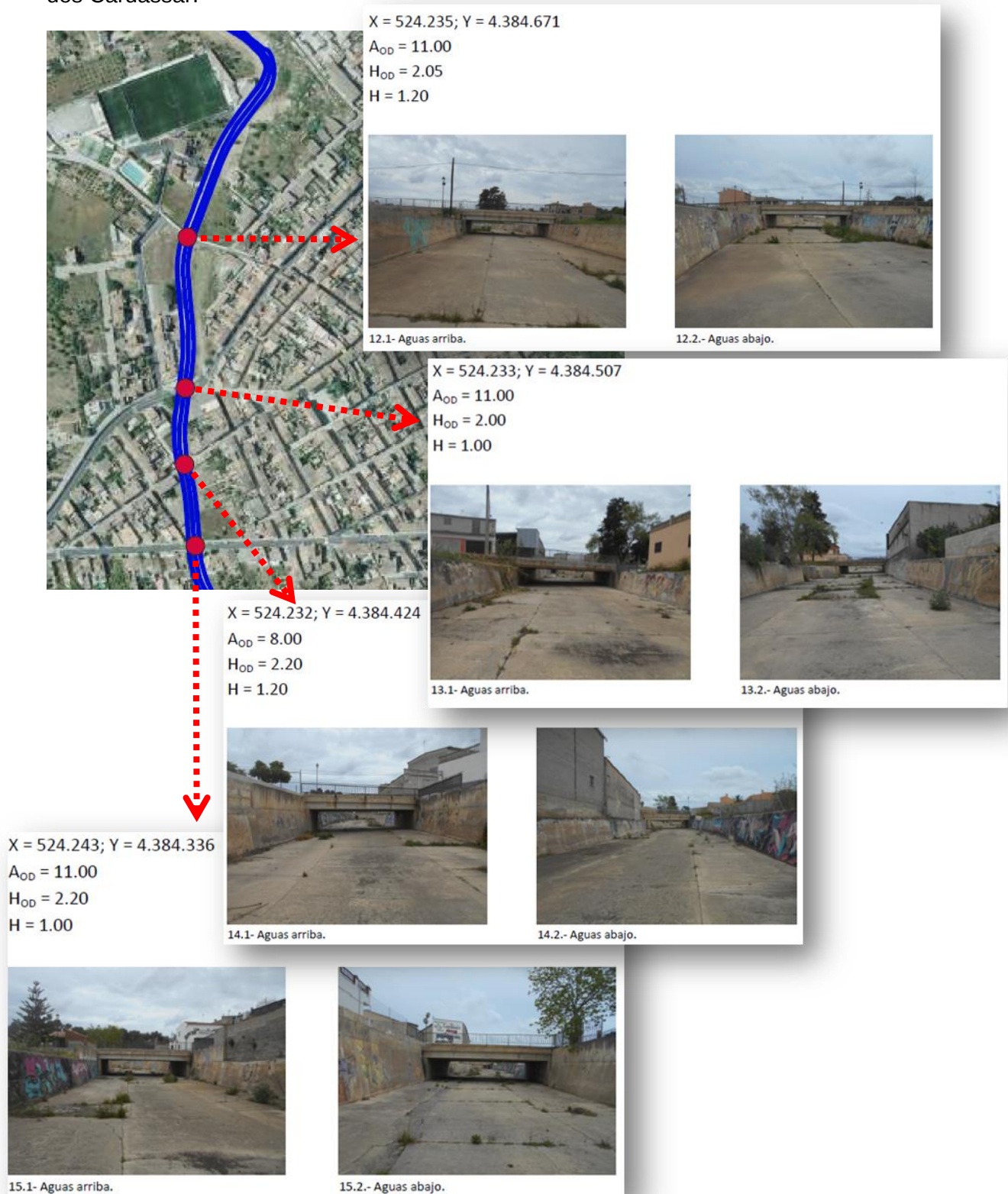


Figura 9. Ejemplo de datos tomados de obras de drenaje en Torrent de Ses Planes.

4 Estudio Hidrológico

Para la realización de los trabajos hidrológicos, se han contemplado los criterios y técnicas recomendados en la *Guía SNCZI*.

Una de las herramientas más utilizadas para la obtención de caudales máximos en territorio peninsular es la aplicación CAUMAX, desarrollada por el CEDEX. Dicha aplicación permite consultar los caudales máximos instantáneos en régimen natural asociados a distintos periodos de retorno para los cauces con una cuenca superior a 50 km² y, adicionalmente, calcular estos caudales mediante el método racional modificado para cauces con cuencas inferiores a 50 km². La limitación que presenta CAUMAX y que imposibilita su uso para estos trabajos es que, a fecha de redacción de la presente Memoria, no existe una cobertura para las Islas Baleares.

Así pues, para el cálculo de los caudales generados en los tramos ARPSI se han empleado, como fuentes de información base, los estudios: “*Càlcul dels cabals d’avinguda de les Illes Balears*” (en adelante *Estudio Base de Caudales*) elaborado en marzo de 2007 por la DGRH, y “*Definición de la Zona Inundable de los Torrentes Gros y Bàrbara y Estudio de Soluciones y Medidas a Adoptar. Término Municipal de Palma (2007)*”, y “*Definición de la Zona Inundable de los Torrentes del Valle de Sóller, Estudio de Soluciones y Medidas a Adoptar. Término Municipal de Sóller (2009)*”, que fueron empleados en el ciclo anterior.

A modo de resumen, se exponen los procesos seguidos para el cálculo de caudales:

- **Recopilación y tratamiento previo de la información:** obtención de las capas, coberturas y listados de datos necesarios para la realización del estudio hidrológico. Tratamiento de la información recopilada para su correcta aplicación;
- **Caracterización hidrológica de las cuencas y los torrentes asociados:** delimitación de las cuencas vertientes, a partir de un MDT tratado, y definición de cauces asociados. Obtención de parámetros morfológicos;
- **Definición de la pluviometría:** caracterización del reparto espacial y temporal de las lluvias para cada uno de los periodos de retorno considerados;
- **Modelización hidrológica:** simulación de los procesos de transporte y laminación de hidrogramas mediante programa informático *HEC-HMS*;
- **Calibración y obtención de resultados:** contraste de los resultados obtenidos, en función de la información disponible, y obtención de hidrogramas y caudales punta.

4.1 Información empleada

A continuación, se detalla el tipo de información contemplada para la construcción de los modelos hidrológicos realizados para el cálculo de caudales:

- **Modelo digital del terreno** obtenido como combinación del MDT procedente del vuelo LiDAR de 2014 a nivel general, junto con el MDT construido a partir de la información LiDAR 2019 para dotar, puntualmente, de una información más

actualizada en las zonas de cauce. Este MDT, con resolución 2x2m, ha sido utilizado para obtener las redes de drenaje, cuencas de aportación y mapas de pendientes;

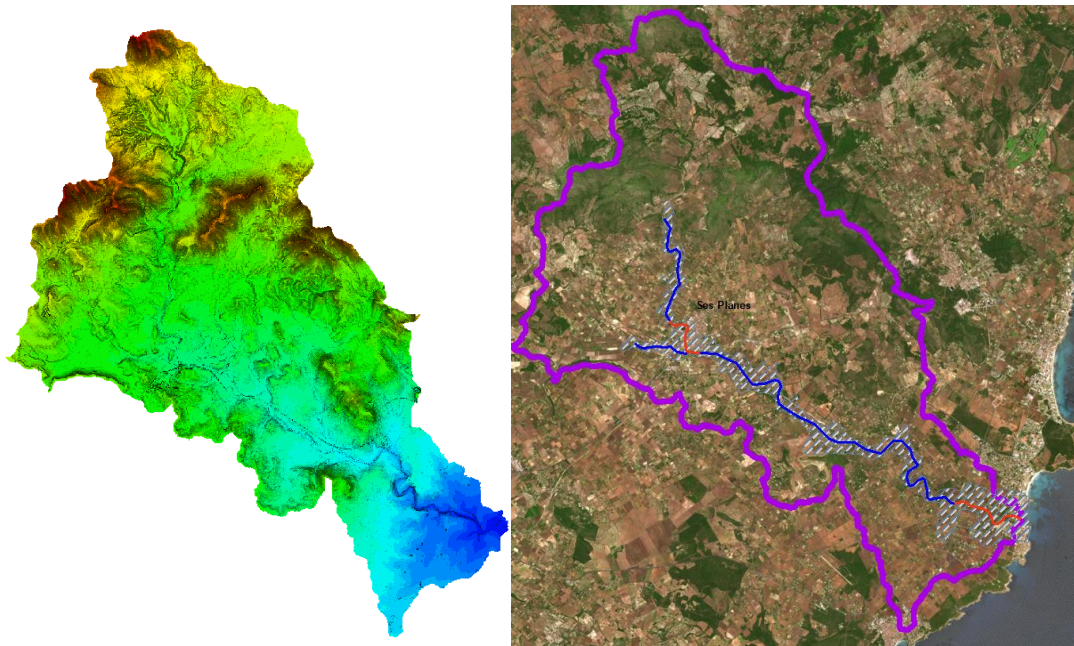


Figura 10. MDT combinado cuenca del Torrent de Ca'n Amer (izda), zona de empleo de LiDAR 19 (dcha).

- Para la determinación del parámetro grupo hidrológico, se ha empleado la **cobertura geológica** facilitada por la DGRH;

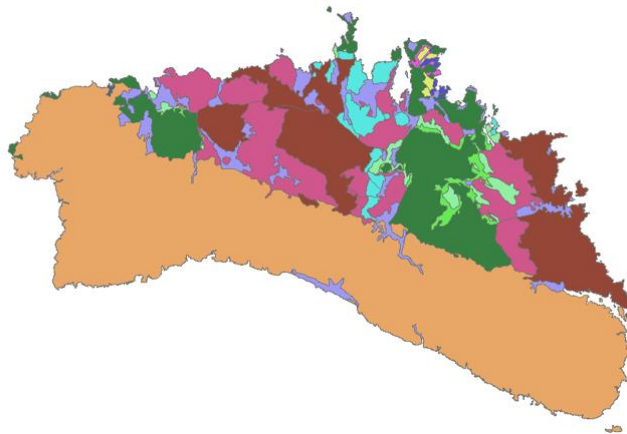


Figura 11. Cobertura geológica de la DGRH. Detalle Menorca.

- Para la caracterización en detalle de los usos de suelo de la zona de estudio, se han empleado las capas de la base de datos europea **CORINE** de máxima actualidad disponible, que en este caso es del año 2018;
- Para el cálculo del tiempo de concentración, es necesario conocer el **porcentaje de suelo impermeable**, que se puede traducir en porcentaje de suelo urbanizado, de cada cuenca y subcuenca. Para esto, se han empleado las coberturas de la Base Topográfica Nacional de España a escala 1:25.000 (BTN25) del año 2020, de las cuales se han extraído los polígonos correspondientes a las zonas edificadas;

- En relación con la información pluviométrica, se han empleado las **isoyetas** de precipitación máxima diaria, que están disponibles para 2.33, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000 y 5000 años de periodo de retorno, y que fueron realizadas por la DGRH para cada una de las islas.

4.2 Caracterización de cuencas

Se han realizado las siguientes tareas para la definición y caracterización morfológica de las cuencas de aportación a cada tramo ARPSI:

- **Delimitación de cuencas y obtención de la red de drenaje:** como se comentó anteriormente, se ha hecho uso de un MDT combinado (2014 y 2019) con resolución 2x2m para el trazado de divisorias y generación de la red de drenaje asociada. Para la definición de la red de drenaje y sus cuencas asociadas se han seguido técnicas semi-automáticas. Por un lado, se ha hecho uso de herramientas de análisis hidrológico SIG para la generación de líneas de drenaje, realizando acciones de rellenado de depresiones en el MDT:

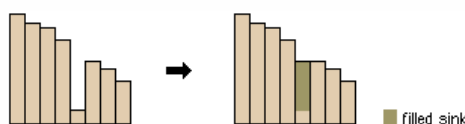


Figura 12. Rellenado de depresiones.

Posteriormente se han generado mapas de dirección y acumulación de flujo:

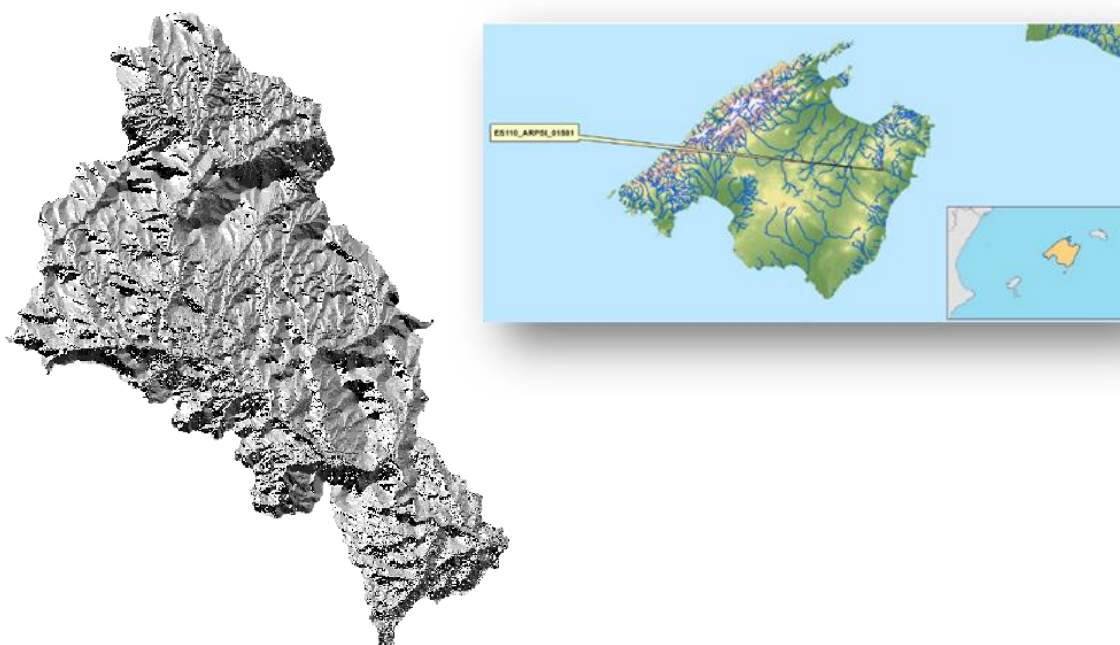


Figura 13. Mapa de direcciones de flujo y ubicación de la cuenca del Torrent de Ca n' Amer.

A partir de los mapas generados, se han extraído los segmentos de torrente que conforman la red drenaje de forma automática, así como las divisorias de las cuencas vertientes a cada tramo de la red.

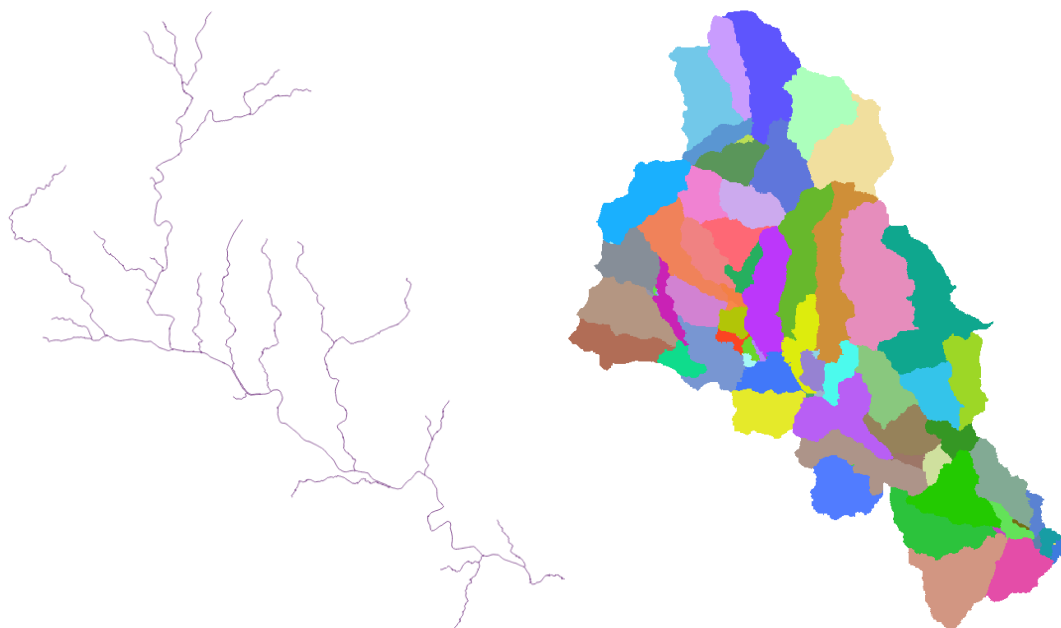


Figura 14. Mapa de torrentes (izda) y subcuencas (dcha) en la cuenca del Torrent de Ca n' Amer.

Obtenidos los productos anteriores, se ha realizado una labor de depuración manual de la red de drenaje y sus divisorias de cuencas.

- Una vez definidas las cuencas, subcuencas y redes de drenaje, se podrán calcular diversos **parámetros morfológicos**, necesarios para la realización de los modelos hidrológicos. Estos parámetros son:
 - Superficie total de la cuenca;
 - Longitud del cauce principal en la cuenca;
 - Porcentaje de suelo impermeable en la cuenca;
 - Pendiente media del cauce principal.

Los parámetros anteriores son de gran importancia ya que permiten la obtención del **tiempo de concentración** de cada cuenca. En este caso se ha empleado la fórmula de **Témez** corregida, planteada, entre otros, por la Agència Catalana de l'Aigua (ACA) en la guía técnica de “*Recomanacions Tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local*” y por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) en su normativa “*Climatología, hidrología y drenaje*”.

En esta expresión el tiempo de concentración se estima de la siguiente manera:

$$T_c = 0.3 * F_{urb(\mu)*} \left(\frac{L}{j^{0.25}} \right)^{0.76}$$

4.3 Definición de la pluviometría

Una parte fundamental en la construcción de un modelo hidrológico es la relativa a la caracterización pluviométrica de la zona de estudio. Mediante la definición espacial y

temporal de las precipitaciones podrá alimentarse el modelo que permitirá reproducir la respuesta hidrológica de la cuenca. Esta definición se ha realizado de la siguiente forma:

- **Distribución espacial de la lluvia:** como se ha comentado anteriormente, para la distribución espacial de las precipitaciones se han utilizado las isoyetas de precipitación máxima en 24h, para distintos períodos de retorno, elaboradas por la DGRH. Aprovechando la naturaleza de la información pluviométrica disponible se han realizado modelizaciones hidrometeorológicas distribuidas.

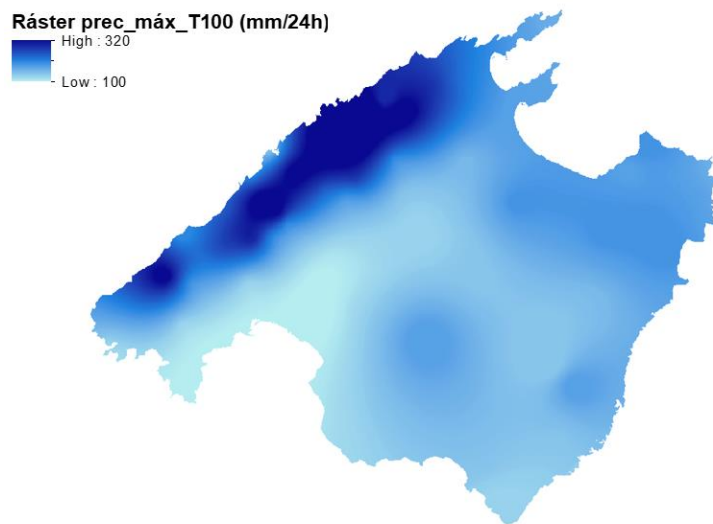


Figura 15. Ráster generado a partir de las isoyetas T100 de la DGRH. Mallorca.

- **Distribución temporal de la lluvia:** en este sentido, se han considerado sucesos de lluvia de duración suficiente que garantizan que toda la extensión de la cuenca produzca escorrentía hasta al punto de desagüe. Así pues, se ha empleado una duración de la lluvia superior al tiempo de concentración.

Del *Estudio Base de Caudales* se deduce que el tiempo de concentración máximo de las cuencas de las Islas Baleares es inferior a 12 horas. Debido a esto, se ha optado por considerar una lluvia sintética de 24 horas para la realización del estudio. Además, estas duraciones van en línea con las informaciones disponibles de precipitación (isoyetas), que representan lluvias máximas diarias.

El siguiente paso ha consistido en el reparto de la lluvia diaria, para cada periodo de retorno y para cada una de las subcuencas. El criterio adoptado ha sido el del método de los Bloques Alternos (p.ex. Chow et al., 1994), construido sobre la base de una Curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (curva IDF). En concreto, se ha empleado la curva IDF de la Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial (2016) (en adelante *Instrucción de Drenaje*), que viene dada por la siguiente expresión:

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

I_t	Intensidad media correspondiente a la duración t
I_d	Intensidad media diaria [$P_d/24$]
I_1/I_d	Factor de torrencialidad

La expresión anterior es función del cuantil de intensidad media diaria y del parámetro I_1/I_d , cociente entre la intensidad horaria y diaria, que caracteriza la torrencialidad de la zona y que ha sido regionalizado a nivel nacional.

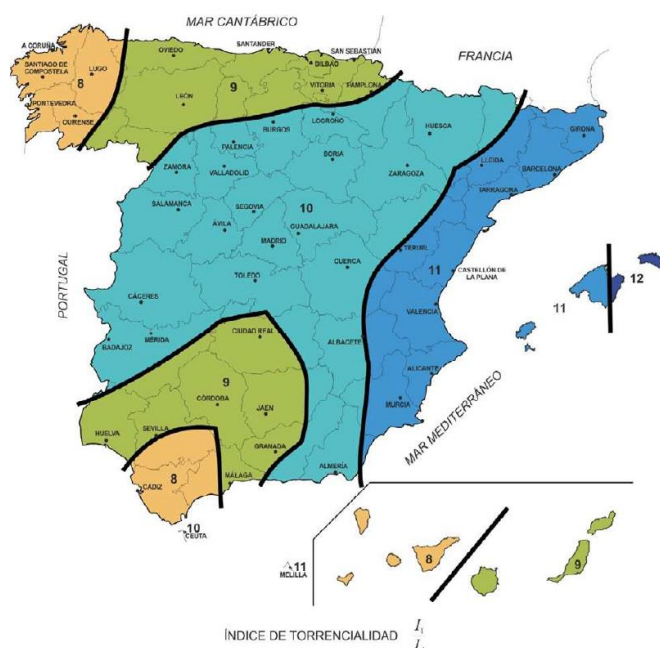


Figura 16. Mapa del índice de torrencialidad (I_1/I_d).

De acuerdo con el mapa anterior, y para el ámbito de estudio, se ha empleado un factor de torrencialidad de 11 para las islas de Eivissa y Formentera, 11.5 para Mallorca y 12 para Menorca.

El hietograma patrón unitario obtenido por este método será idéntico para todas las cuencas y subcuencas con mismo factor de torrencialidad. Éste luego será particularizado para cada subcuenca en función de la información pluviométrica distribuida.

4.4 Modelización hidrológica

El siguiente aspecto considerado ha sido la caracterización hidrológica de las cuencas. Esto engloba los estudios destinados a obtener las pérdidas de precipitación, la transformación de la lluvia neta en escorrentía y la propagación de esta escorrentía dentro de la cuenca. Definida esta metodología y calculados todos los parámetros correspondientes, se ha empleado el modelo *HEC-HMS* para la obtención de los caudales objetivo. Seguidamente se exponen los métodos seguidos:

- **Modelo de pérdidas de precipitación:** o función de producción. Para la determinación del hietograma neto y el volumen de escorrentía generado, se plantea el uso del método del Número de Curva, desarrollado por el *National Resources Conservation Service* (NRCS), organismo gubernamental de Estados Unidos.

En el método propuesto, que es el recomendado por la *Guía SNCZI*, se recomienda la utilización de la cobertura de umbral de escorrentía P_0 , desarrollada por el CEDEX

para toda España peninsular, pero ésta no abarca la zona de estudio, con lo que se ha calculado expresamente.

Según lo anterior, en este estudio se ha desarrollado una cobertura de número de curva y umbral escorrentía para la totalidad de las Islas Baleares. Estas dos variables están relacionadas mediante la siguiente expresión obtenida de la *Guía SNCZI*:

$$CN = \frac{5000}{P_0 + 50}$$

Siendo P_0 el umbral de escorrentía y CN el número de curva (NC).

En el proceso de cálculo de los valores del número de curva se han obtenido, en primer lugar, los correspondientes a P_0 , por medio de geo-procesos SIG, y a partir de la expresión anterior una conversión para obtener el NC.

Como producto final se ha obtenido una capa ráster de números de curva que se ha empleado, en el modelo hidrometeorológico, para el **cálculo distribuido de las pérdidas de precipitación**.

Para la obtención del umbral de escorrentía se ha empleado la siguiente información:

- Mapa ráster de pendientes;
- Mapa ráster de usos del suelo;
- Mapa ráster de grupos hidrológicos de suelo;
- Práctica de cultivo.

La relación entre el P_0 y estas variables no es matemática, sino tabular. Estas tablas están recogidas en la *Instrucción de Drenaje*.

De la combinación, celda a celda, de los mapas anteriores, se obtienen los mapas de umbral de escorrentía.

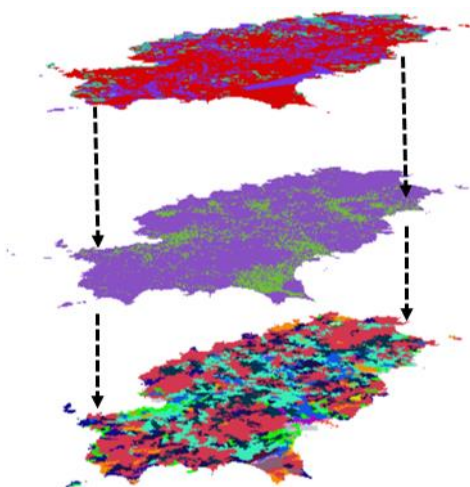


Figura 17. Geo-proceso celda a celda para obtención del NC. Detalle Eivissa.

- **Modelo de transformación de lluvia neta en escorrentía:** o función de distribución. De las diferentes técnicas existentes, y continuando con el **enfoque distribuido** que se ha dado a las modelizaciones, se ha empleado la aplicación distribuida del hidrograma unitario sintético de Clark, que, junto con el método SCS (Número de Curva) descrito en el apartado anterior, se presenta como el **método ModClark**. Este método, que es uno de los recomendados por la *Guía SNCZI*, permite tener en cuenta la configuración real de las cuencas y sus redes de drenaje, así como la distribución espacial de las precipitaciones, por lo que se considera muy adecuado para aprovechar la naturaleza de la información disponible y para obtener resultados coherentes.

El método del hidrograma unitario de Clark (Clark,1944) presenta dos parámetros: el tiempo de viaje (T_v) y el coeficiente de almacenamiento (K). Ambos parámetros están expresados en horas y vienen relacionados por las siguientes expresiones (Ferrer, 1993):

$$T_v = 0.64 \cdot T_c \qquad \frac{K}{T_v + K} = \alpha$$

Siendo T_c el tiempo de concentración, y α un valor que inicialmente será de 0.25, tal y como plantea la *Guía SNCZI*. Dicho valor será ajustado, entre 0.1 y 0.7, en el proceso de calibración de caudales punta.

- **Propagación de caudales:** los parámetros descritos anteriormente permiten determinar el hidrograma generado por un episodio de lluvia sobre una subcuenca cualquiera. Para el estudio de la respuesta hidrológica de una cuenca compuesta de varias subcuencas, se deben combinar las aportaciones individuales de cada una de sus subcuencas, para esto es necesario determinar cómo se transmiten sus distintos hidrogramas.

Al igual que para el cálculo de la escorrentía, para la estimación de la propagación de los caudales hay diversos métodos de cálculo. Atendiendo a las recomendaciones de la *Guía SNCZI* se plantea utilizar el método de **Muskingum-Cunge**.

El método de Muskingum-Cunge emplea las características geométricas de una sección representativa de cada subtramo de propagación, por lo que para su aplicación se requiere, ante todo, de una topografía a partir de la cual se puedan definir dichas secciones. Para la caracterización de secciones de subtramos de propagación se ha hecho uso del MDT contemplado para los presentes estudios hidrológicos.

- **Cálculo de caudales por medio del modelo hidrometeorológico HEC-HMS:** el objetivo de la simulación hidrológica es el cálculo de los hidrogramas y caudales punta generados en el punto de desagüe de cada cuenca. Para la realización de los modelos hidrológicos se ha utilizado la versión 4.7.1. del software *HEC-HMS*, modelo desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (*Hydrologic Engineering Center*) del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE. UU.

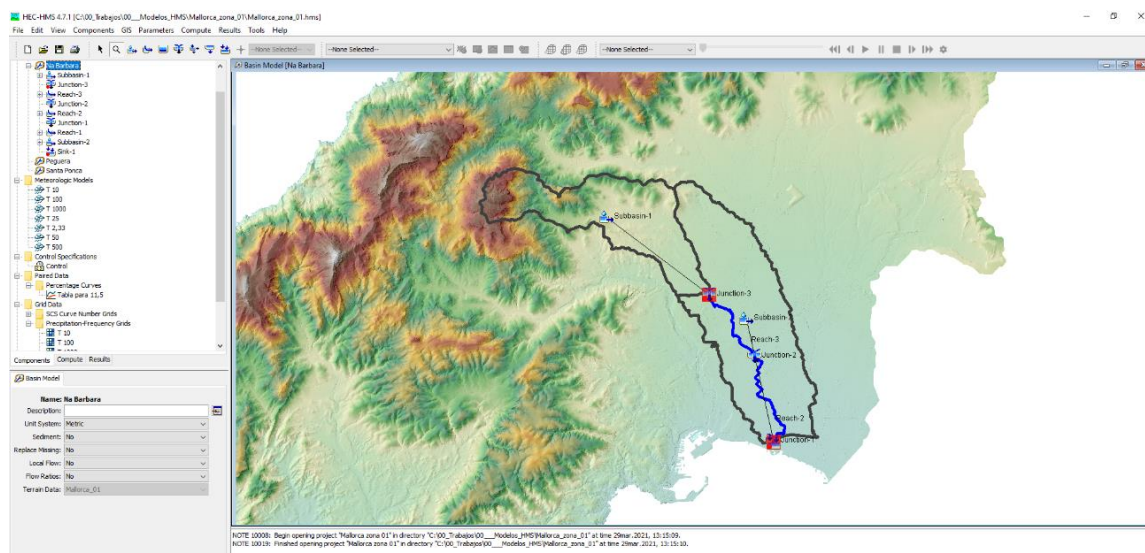


Figura 18. Entorno gráfico modelo HEC-HMS ARPSI ES110_ARPSI_01291 Na Bàrbara.

Por medio de *HEC-HMS* se ha realizado la estimación de hidrogramas, para todas las subcuencas modelizadas, tras la aplicación de un enfoque de modelización distribuida.

4.5 Calibración y resultados

Para la calibración de los modelos construidos se ha realizado un ajuste de los volúmenes de escorrentía y de los caudales punta, siguiendo las directrices de la *Guía SNCZI*.

El ajuste de volúmenes se ha realizado mediante la **calibración de la función de producción**, concretamente a través de un coeficiente corrector (β) del valor del umbral de escorrentía P_0 , y, por ende, del Número de Curva.

$$P_0^{cal} = P_0 \cdot \beta$$

Para la calibración de los caudales punta, se ha efectuado un **ajuste de la función de distribución**. En este caso se ha ajustado el factor de laminación K del método *ModClark* para obtener valores de α comprendidos en el rango indicado anteriormente.

$$\frac{K}{T_v + K} = \alpha$$

Debido a la propia naturaleza efímera y discontinua de los torrentes de las islas, junto con el mal estado de conservación de las estaciones de aforo existentes, la información foronómica disponible no presenta datos suficientemente robustos para asegurar cierta validez a la hora de ajustar leyes de frecuencia. Según esto, se ha llevado a cabo un análisis comparativo crítico entre los caudales obtenidos en el presente estudio con los calculados en el *Estudio Base de Caudales* y resto de fuentes indicadas. Como resultado de este trabajo, se han obtenido los hidrogramas, y sus caudales punta, asociados a las cuencas con tramos ARPSI, para cada uno de los periodos de retorno considerados.

5 Estudio Hidráulico

Como ya se explicó al comienzo de la presente Memoria, el resultado de la EPRI 2º Ciclo no implica nuevos tramos ARPSI completos, sino que los nuevos tramos son parte integrante de los tramos ARPSI obtenidos en el 1º Ciclo. Dichos tramos ARPSI, que han sido revisados y actualizados en la EPRI 2º Ciclo, coinciden en extensión respecto a las láminas de inundación generadas en los modelos existentes.

Todas las modelizaciones originales se realizaron con el software 2D *InfoWorks ICM* v.5.0.4, y los modelos revisados y actualizados se han construido con la versión v11.0 del mismo software.

Todos los modelos se han ubicado espacialmente en el sistema de referencia ETRS89, proyección UTM huso 30, zona N.

En los siguientes apartados se analizan los aspectos más importantes de los modelos hidráulicos elaborados.

5.1 Datos básicos de entrada a los modelos

Existen una serie de datos de entrada, en general comunes a todos los modelos hidráulicos bidimensionales, que son necesarios introducir para ejecutar las modelizaciones:

- **Caudales de entrada:** calculados según la metodología descrita en los apartados anteriores. Todos los caudales incorporados en los modelos hidráulicos siguen la hipótesis de régimen natural, ya que ninguna de las cuencas de aportación se considera alterada al no estar afectadas por la presencia de embalses ni cumplir los criterios de laminación establecidos en la *Guía SNCZI*.
- **Geometría del modelo:** son los MDTs empleados, los cuales, como se comentó en el apartado correspondiente, han sido revisados y actualizados debidamente en caso necesario. Los MDTs contemplados, además de estar depurados de vegetación, tienen los puentes existentes y edificios eliminados (estos últimos representados en el mallado del modelo) pero preservan encauzamientos y elementos longitudinales como motas.

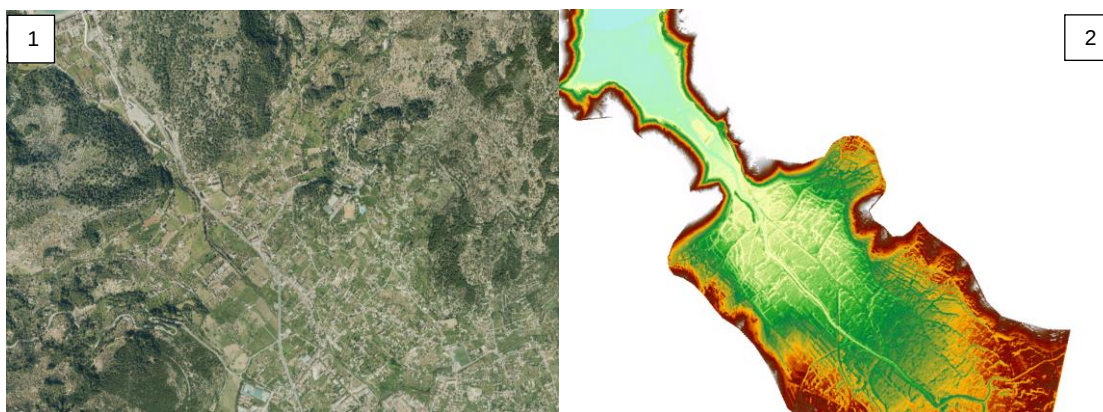


Figura 19. 1) Ortofoto, 2) MDT 2014 sin edificios. ARPSI ES110_ARPSI_01091 Major de Sóller.

- **Mallado:** se han construido mallas triangulares, de tipo no estructuradas, con elementos de tamaño mínimo 1m^2 y máximo 4m^2 y una tolerancia altimétrica de 0.1m . 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 MDTs.



Figura 20. Ejemplos de líneas de rotura (en rojo) incluidas en las modelizaciones.

- **Condiciones iniciales:** a nivel general, se han contemplado dos tipos de condiciones iniciales:
 - Calado nulo, en aquellos modelos que no confluyen en el mar;
 - Efecto mareal y de oleaje en el caso de modelos que confluyen en el mar. En concreto se han incluido los niveles presentados en los resultados de la Cartografía de Zonas Inundables (ZI) de origen marino.
- **Condiciones de contorno:** como condición de contorno de entrada se han introducido los caudales correspondientes, mientras que las condiciones de salida han sido del tipo calado normal.
- **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 SIOSE más actualizadas, que a fecha de redacción del presente documento corresponden al año 2014. Finalmente se ha realizado un chequeo con la información mostrada en las ortofotografías del PNOA.

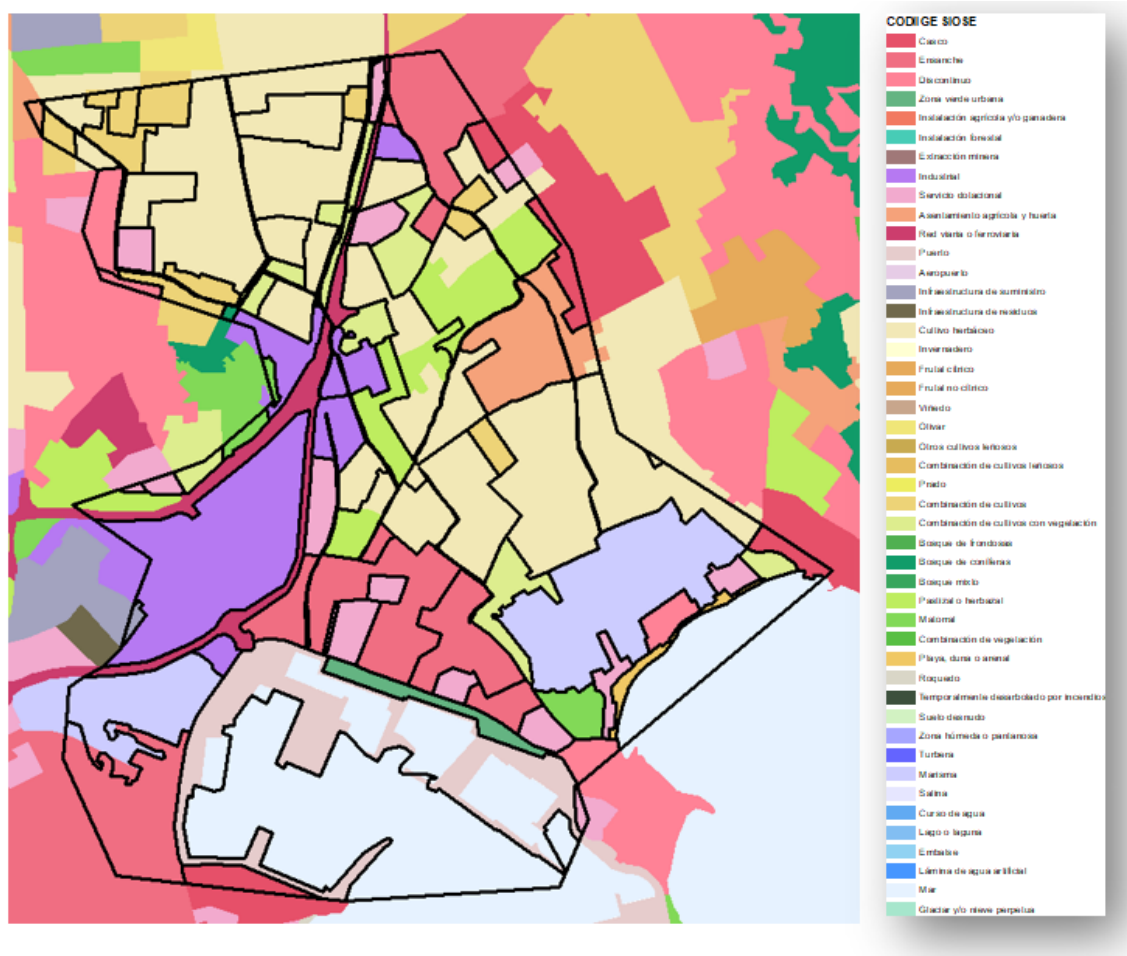


Figura 21. Capa n de Manning sobre SIOSE 2014. ARPSI ES110_ARPSI_03441 Llanera.

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

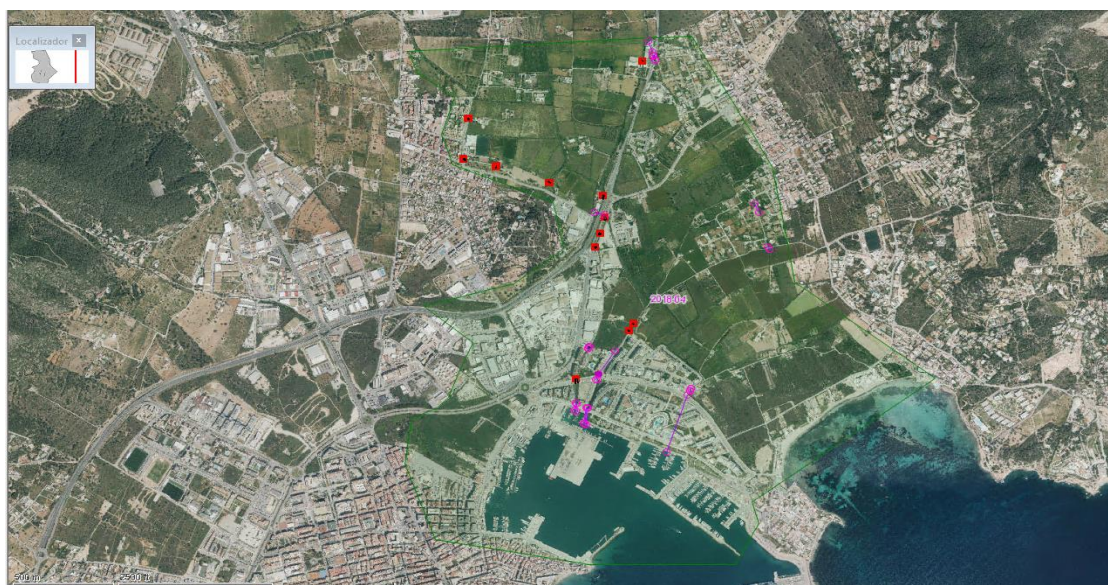


Figura 22. Estructuras existentes incluidas en el modelo ARPSI ES110_ARPSI_03441 Llanera.

5.2 Modelización bidimensional con InfoWorks ICM

El software *Infoworks ICM* (Modelo Integrado de Cuenca) es un modelo matemático con aplicación bidimensional que resuelve las ecuaciones de cálculo hidráulico Saint-Venant por el método de los volúmenes finitos. Esta aplicación fue desarrollada por el Wallingford Software, ahora Innovyze.

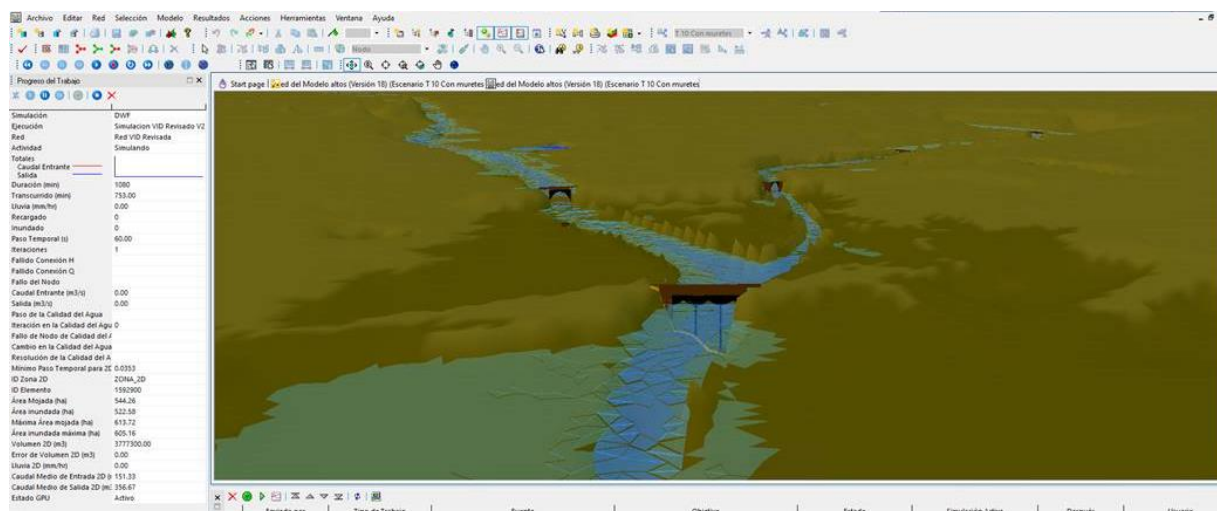


Figura 23. Ejemplos de mallas 3D obtenidas con InfoWorks. Confluencia ARPSIs Coanegra y Gros.

Infoworks ICM integra el modelo de cuenca y permite el cálculo combinado hidrológico (1D y 2D), de hidráulica fluvial (1D y 2D), modelización de estructuras y simulación de redes de saneamiento. También presenta un módulo de calidad de aguas y permite la monitorización en tiempo real de estructuras hidráulicas.

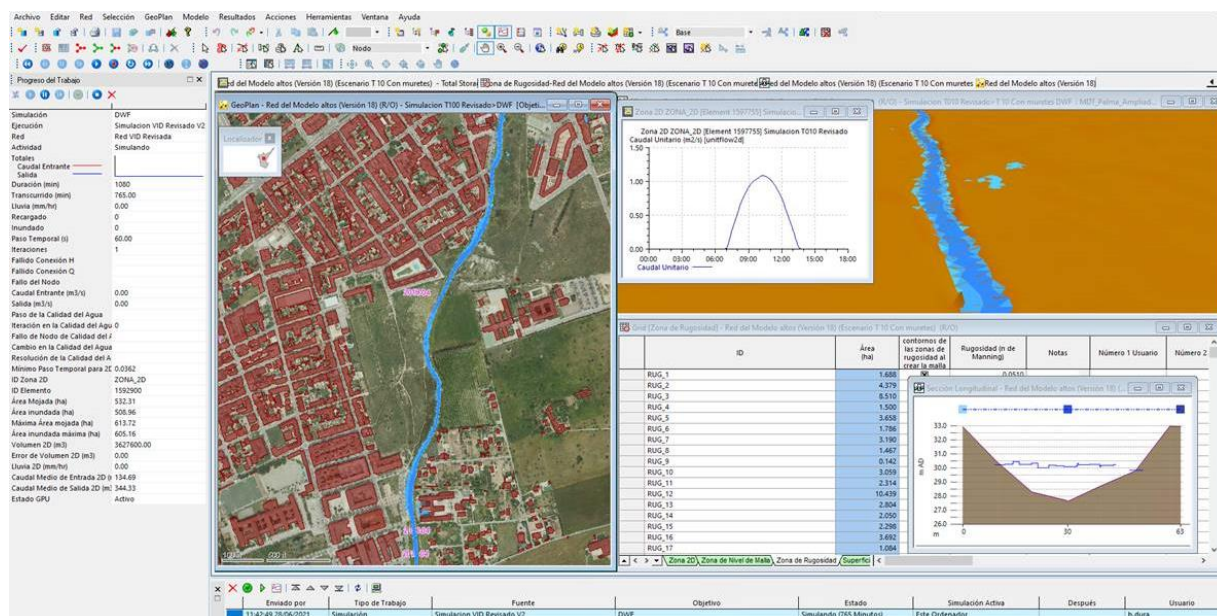


Figura 24. Ejemplos ventana de visualización de usuario de Infoworks ICM.

El modelo permite la simulación en régimen variable, así como la incorporación de lluvia sobre celda, trabajando sobre mallas no estructuradas.

En la siguiente figura se muestra la secuencia de montaje de cada modelo hidráulico:

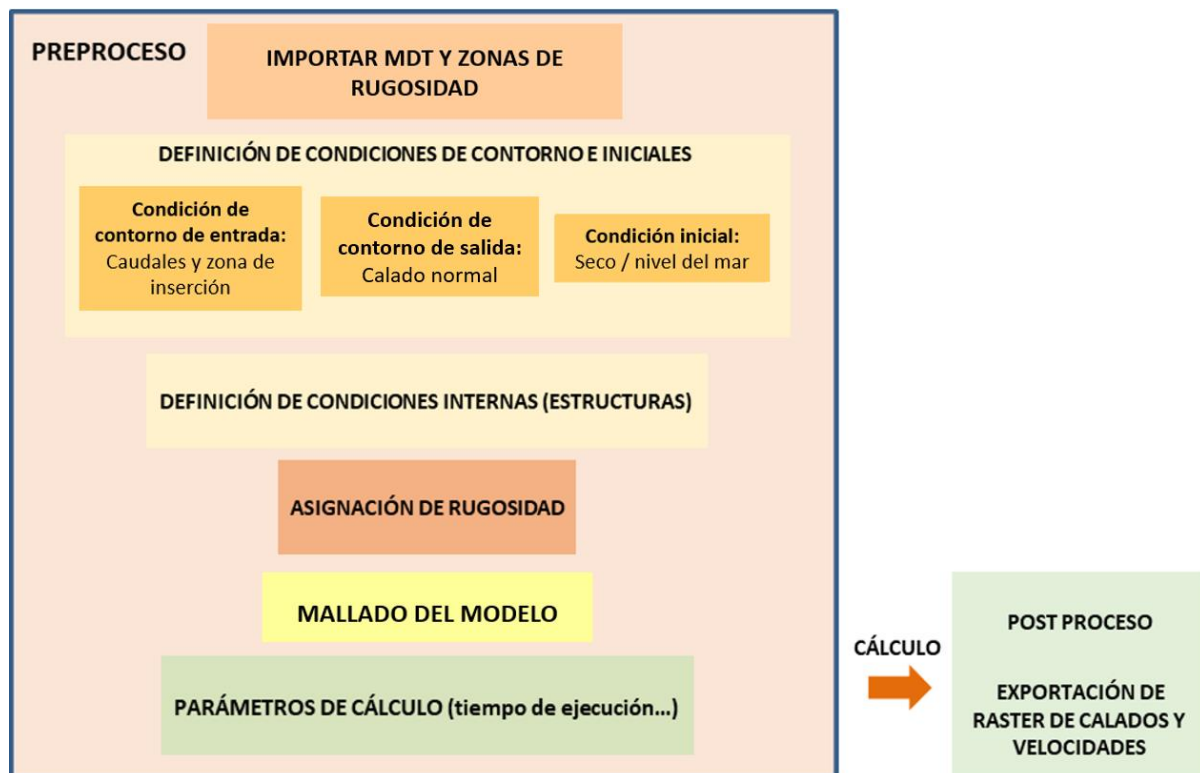


Figura 25. Esquema de trabajo en InfoWorks.

La imagen siguiente muestra una malla creada en el modelo *Infoworks ICM*. 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 26. Malla generada por el programa InfoWorks en el ARPSI ES110_ARPSI_01291 Na Bàrbara.

A continuación, se muestra la caracterización de los usos de suelo introducida en el modelo *Infoworks ICM*.



Figura 27. Caracterización de la rugosidad del terreno. Tramo ARPSI ES110_ARPSI_01191 Santa Ponça.

Como resultado de la modelización hidráulica se obtienen ráster de calados y velocidades, a partir de los cuales se definen las áreas de inundación para las diferentes hipótesis de crecida.

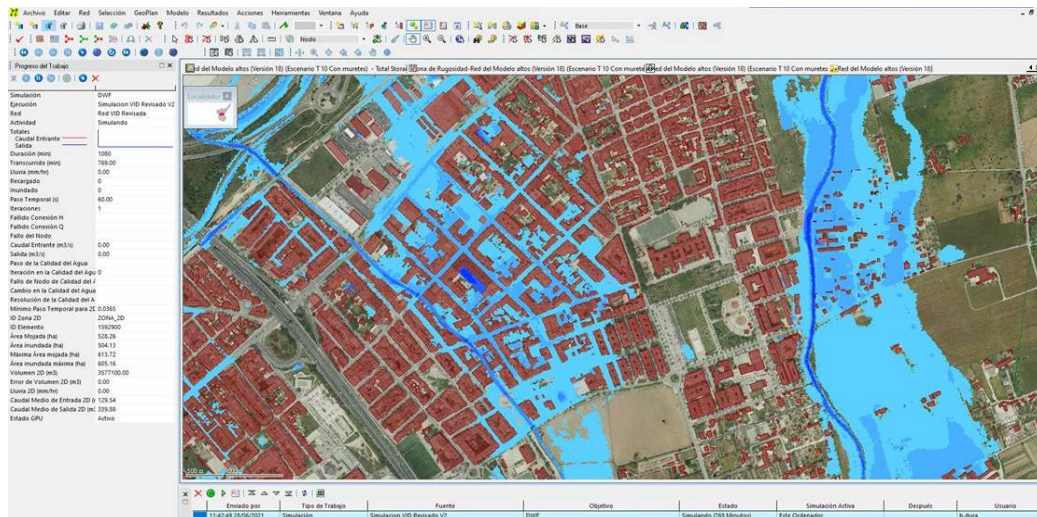


Figura 28. Detalle de calados obtenidos en los ARPSIs Na Bàrbara y Gros.

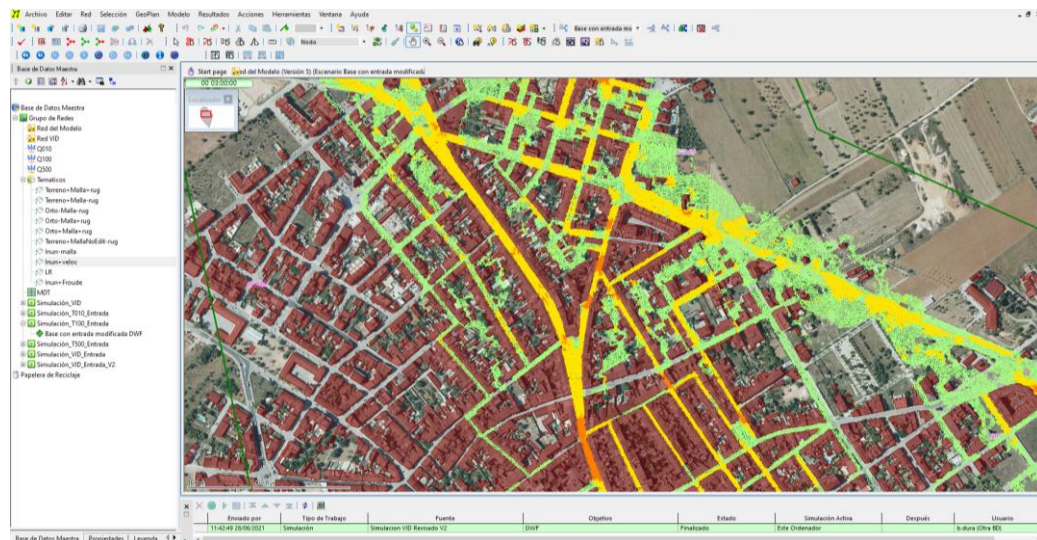


Figura 29. Detalle de velocidades obtenidas en el modelo del ARPSI ES110_ARPSI_01401 Campos.

Las llanuras de inundación obtenidas tras los procesos de modelización hidráulica explicados anteriormente han sido contrastadas con las llanuras de inundación de origen geomorfológico contenidas en el “Atlas de delimitació geomorfológica de les xarxes de drenatge i plans d’inundació de les Illes Balears” (2002) de la DGRH. Tal y como viene explicado en la Memoria de la EPRI de 2º ciclo, estas llanuras se pueden concebir como zonas susceptibles de inundabilidad media – baja (inferior a 500 años). De este análisis se observa que las zonas inundables T500 obtenidas por métodos hidráulicos, en líneas generales, se ajustan o contienen a las determinadas por métodos geomorfológicos.



Figura 30. Llanura geomorfológica T500 frente a llanura hidráulica ARPSI ES110_ARPSI_01191 Santa Ponça.

En este estudio de contraste, además de las delimitaciones geomorfológicas del Atlas, se han empleado las llanuras de origen geomorfológico que representan aquellas zonas que pueden contemplarse como de inundabilidad muy alta, con recurrencia inferior a 10 años, y que fueron elaboradas en el contexto de los trabajos de redacción de la EPRI 2º ciclo. Igualmente, se aprecia que las llanuras geomorfológicas quedan contenidas en las manchas de inundación obtenidas por modelización hidráulica.

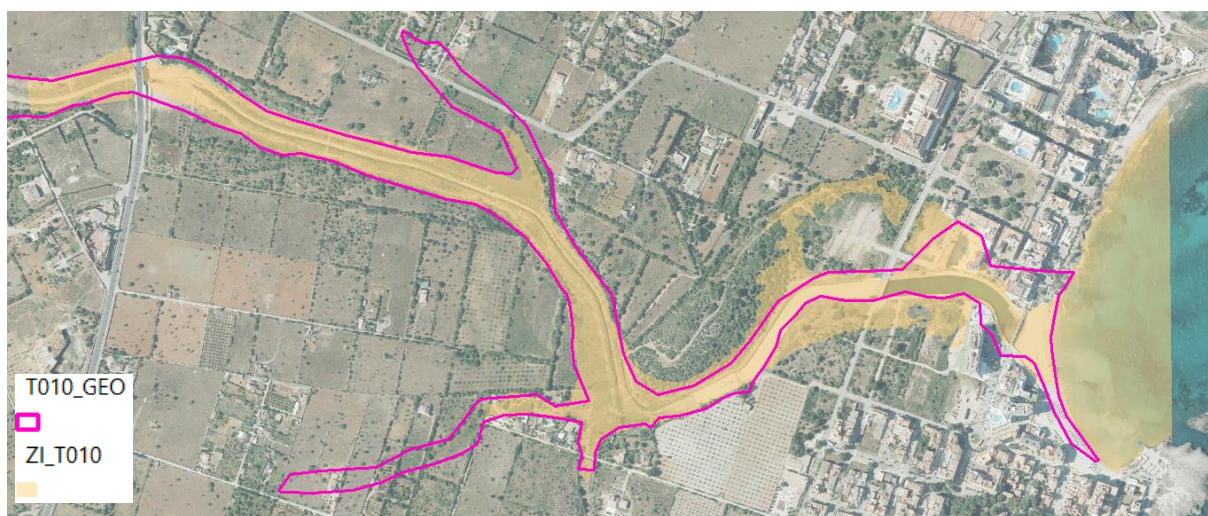


Figura 31. Llanura geomorfológica T010 frente a llanura hidráulica ARPSI ES110_ARPSI_01582 Es Riu.

6 Mapas de Peligrosidad y Zonas Legales

Como resultado de las modelizaciones hidráulicas anteriores de los tramos ARPSI se obtienen las coberturas ráster de calados de los distintos periodos de retorno estudiados. Adicionalmente, se han generado los ráster de velocidades de corriente, para los mismos periodos de retorno. Estos resultados hidráulicos permiten estimar la extensión de las Zonas Inundables (envolventes) generadas en los tramos de estudio. Además, son base para la delimitación de la Zona de Flujo Preferente (ZFP). Por último, la definición de Zonas Legales queda completada con la delimitación del Dominio Público Hidráulico (DPH) cartográfico o probable y sus Zonas de Servidumbre y Policía.

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 representación de velocidades;
- 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, Zona de Servidumbre y Zona de Policía;
- Mapas de ZFP.

Para la preparación de los mapas indicados, y de acuerdo con las directrices del MITECO, 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 periodos de retorno. Toda la información producida se ha agregado a nivel subtramo ARPSI.

En relación con la delimitación de DPH cartográfico, se ha hecho una revisión de los límites trazados en el 1º Ciclo, no habiéndose detectado ninguna zona que haya requerido modificación.

Por último, las Zonas de Flujo Preferente han sido redefinidas, de acuerdo con los resultados de las modelizaciones hidráulicas realizadas.

El Anexo 2 recopila la colección completa de Mapas de Peligrosidad y Zonas Legales.

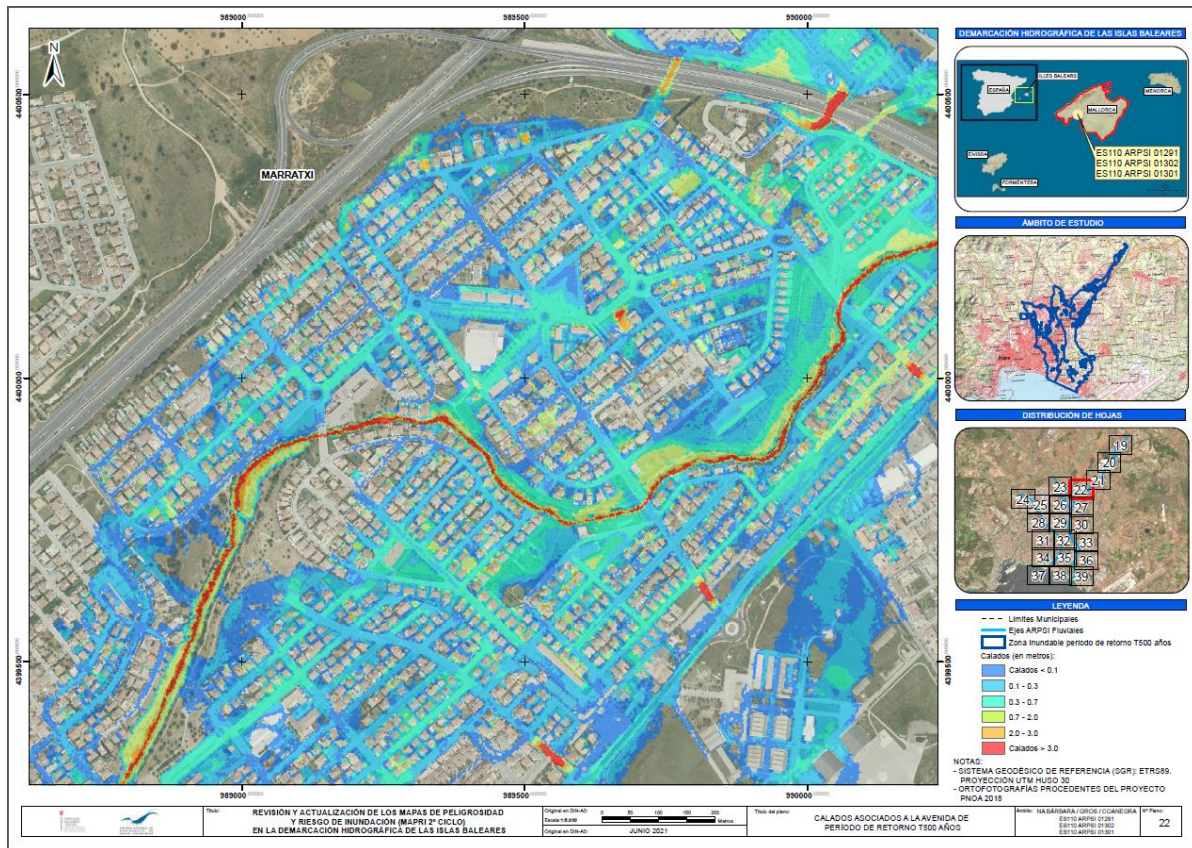


Figura 32. Detalle Mapa de calados T500 años. ARPSI ES110_ARPSI_01302 Gros.

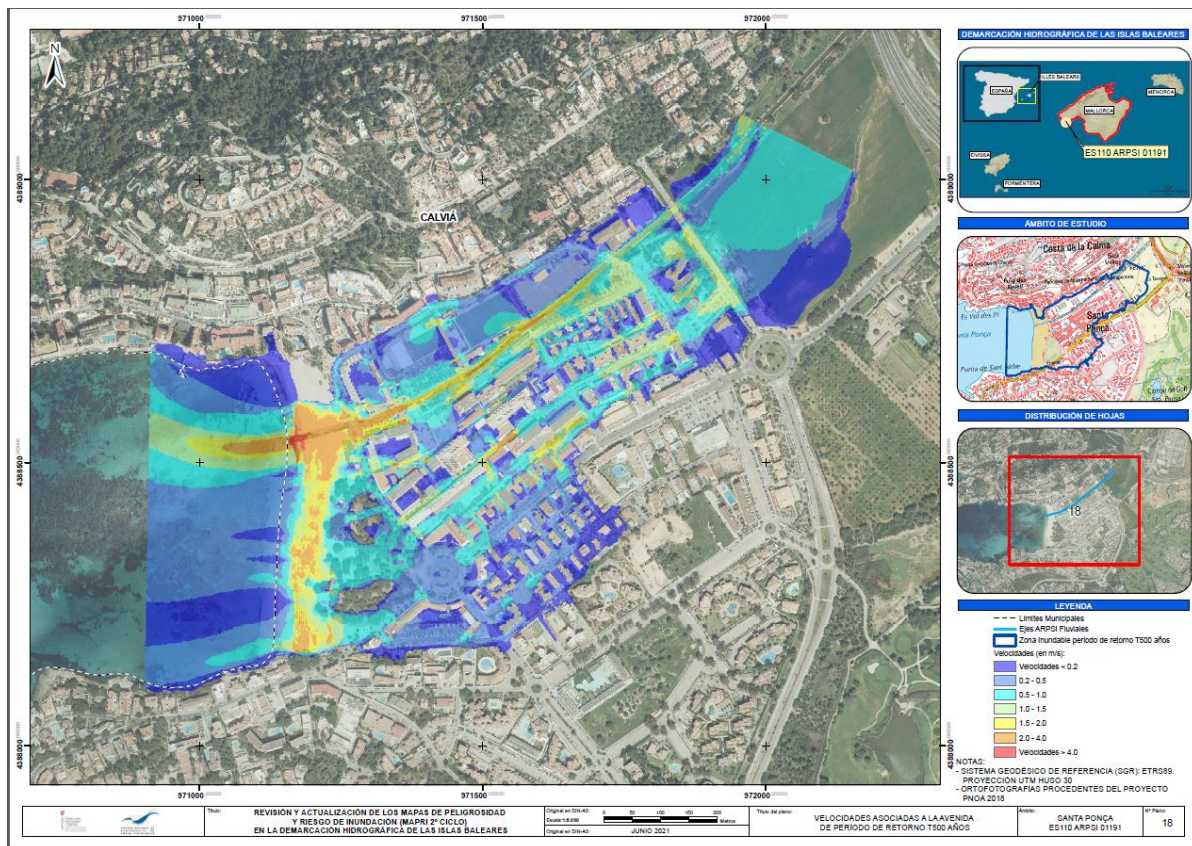


Figura 33. Detalle Mapa de velocidades T500 años. ARPSI ES110_ARPSI_01191 Santa Ponça.

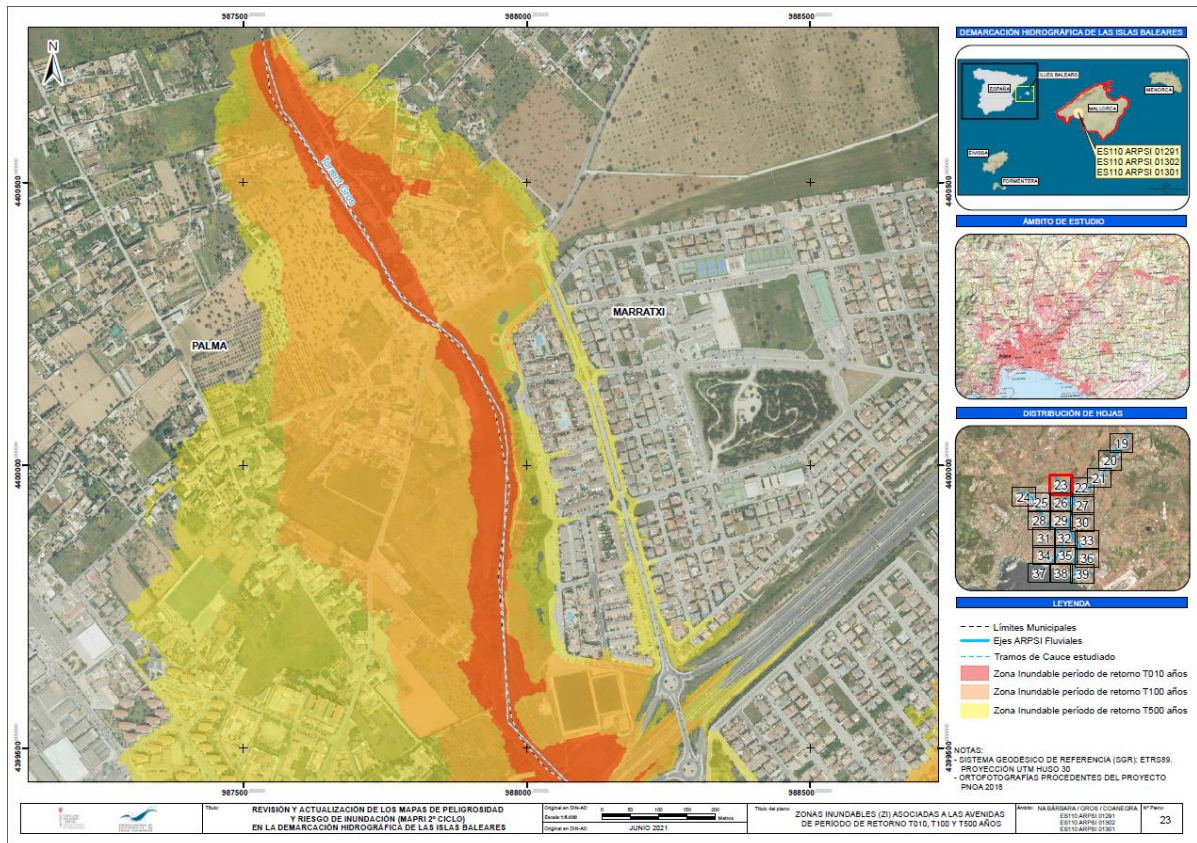


Figura 34. Detalle Mapa de Zonas Inundables. ARPSI ES110_ARPSI_01302 Gros.

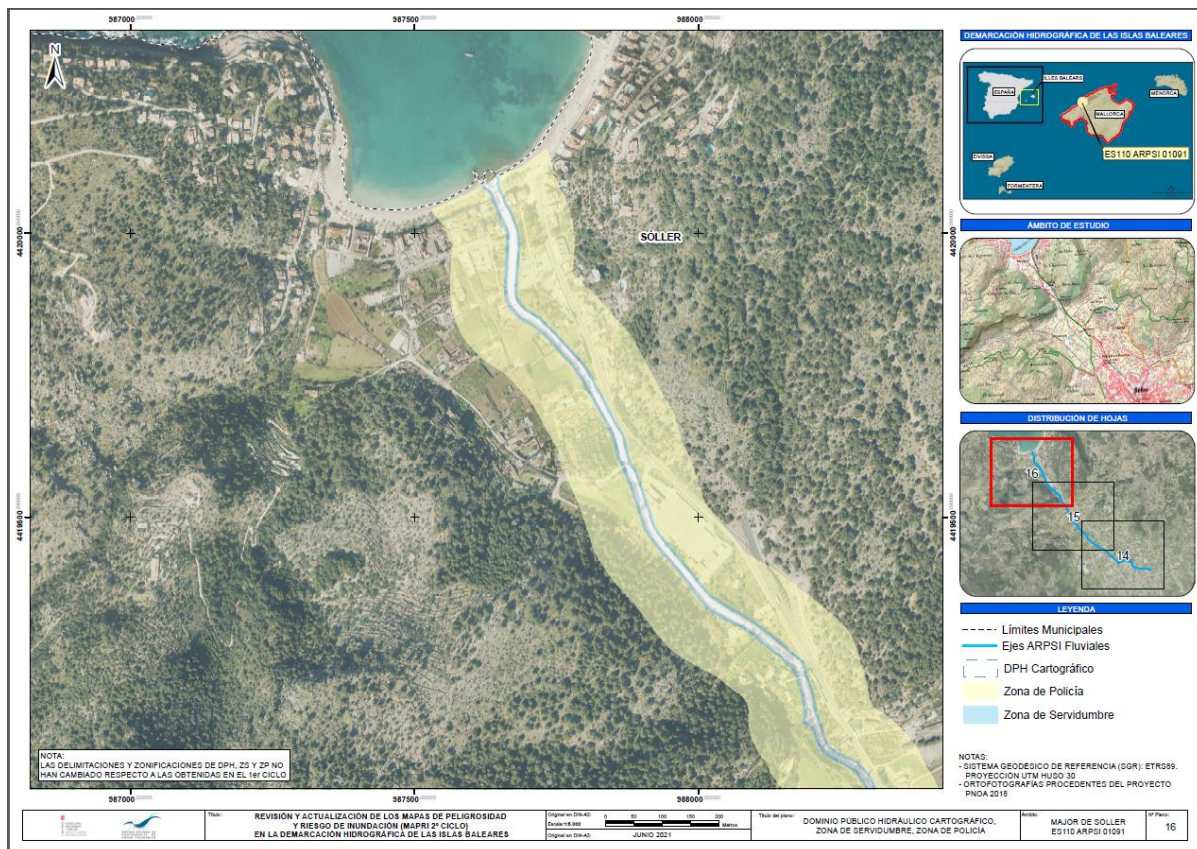


Figura 35. Detalle Mapa DPH, ZS y ZP. ARPSI ES110_ARPSI_01091 Major de Sóller.

7 Mapas de Riesgo

El principal objetivo de los Mapas de Riesgo es aportar información fundamental de partida para la elaboración de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación.

Según la Directiva de Inundaciones (2007/60/CE), 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 ARPSIs 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. También son 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 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 $\geq$ 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 e 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 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;
- 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), EDARs, 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 Afección a la población

En el artículo 6 de la Directiva 2007/60/CE, en su punto 5, se indica que deberá incluirse un “*número indicativo de habitantes que pueden verse afectados*”.

En este sentido, una de las principales diferencias respecto al 1º Ciclo consiste en que la unidad básica para la estimación del número de habitantes afectados ya no es el término municipal sino los distritos o secciones censales. Así pues, el Mapa de Riesgo a la Población viene definido 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) a 1 de noviembre de 2011.

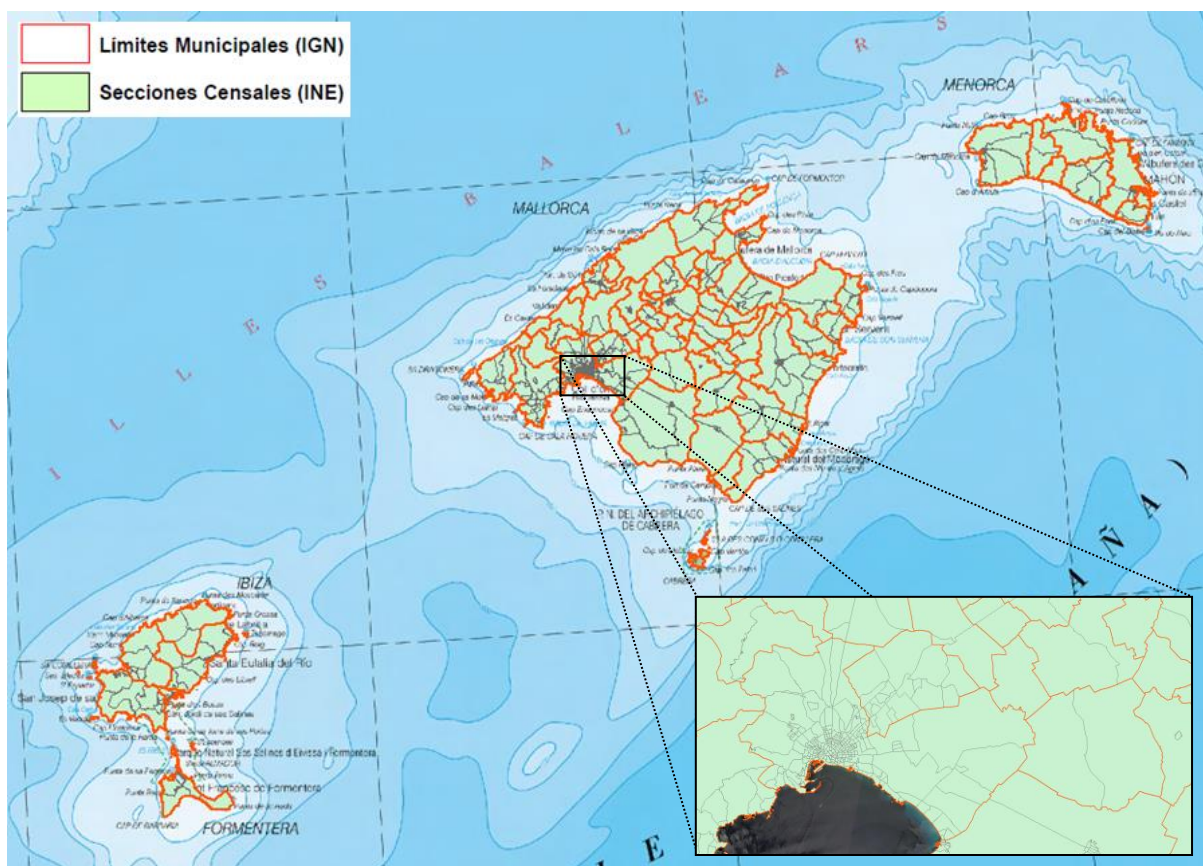


Figura 36. Límites Municipales (IGN) y Secciones Censales (INE). Islas Baleares y detalle Palma de Mallorca.

Por tanto, en este segundo ciclo, para cada subtramo ARPSI, existirán tantos registros como secciones censales se encuentren afectadas. Esto es diferente a los mapas de población del primer ciclo, donde al ser la unidad de análisis el término municipal, existían tantos registros como municipios afectaba cada subtramo ARPSI.

Para la estimación del número de habitantes potencialmente afectados por las inundaciones se identifican las zonas realmente ocupadas por edificaciones dentro de cada sección censal, y se establece una relación entre el área total de edificaciones en la sección censal, a la que se asocia el total de habitantes de la sección censal, con la superficie de edificaciones realmente afectada por las inundaciones, a la que se le asociaría, proporcionalmente, el número de habitantes afectados. Así pues, para cada sección censal, se establece la siguiente relación:

$$\text{Superficie edificada afectada} / \text{Superficie edificada total} = \text{Población afectada} / \text{Población total}$$

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

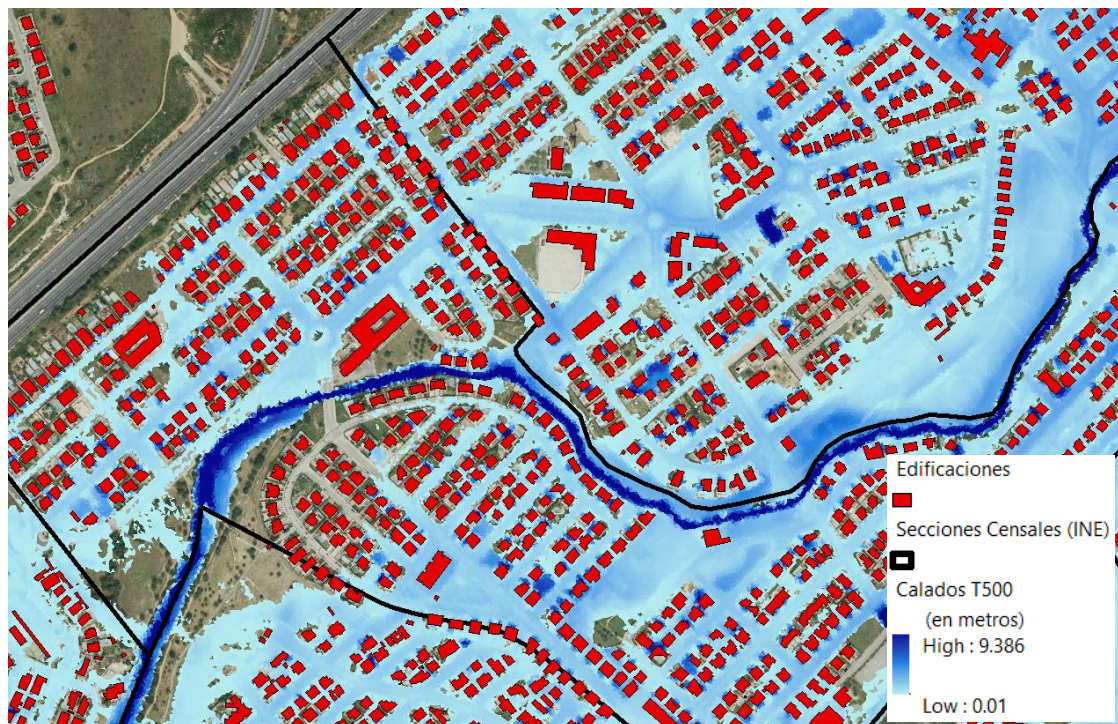


Figura 37. Edificaciones afectadas por inundación T500. Detalle ARPSI ES110_ARPSI_01301-01 Coanegra.

Como producto final se obtienen 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.

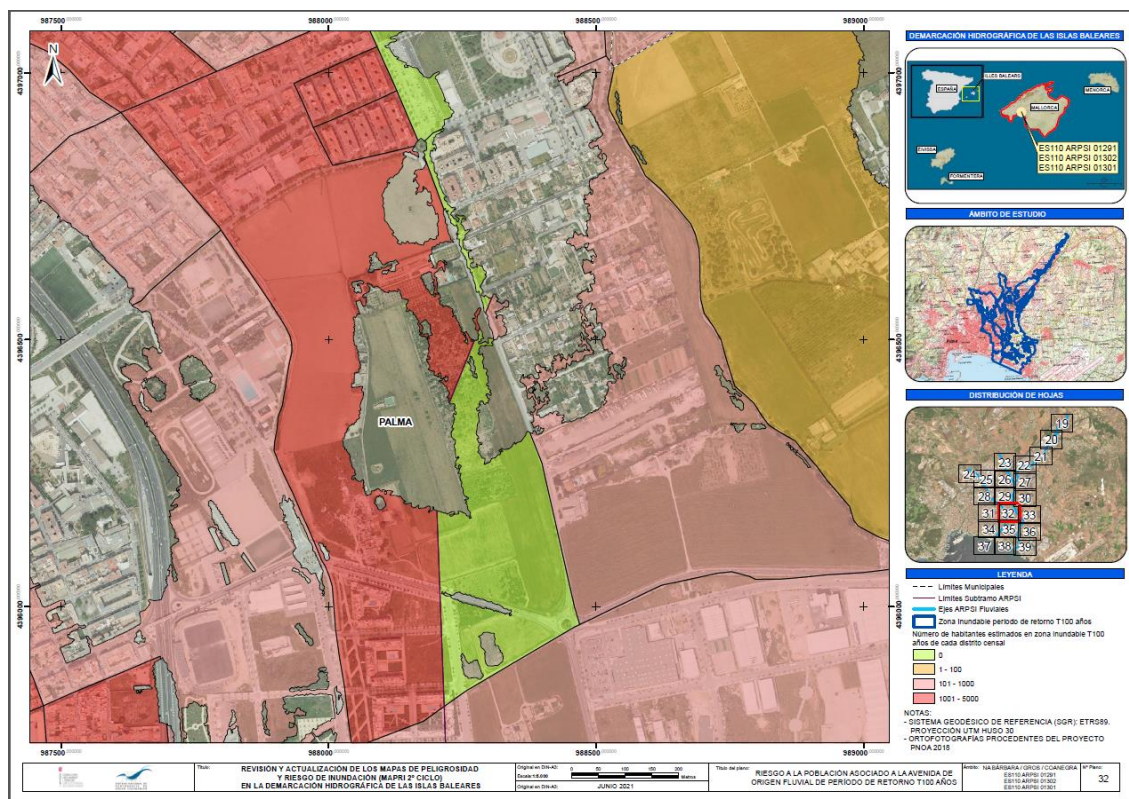


Figura 38. Detalle Mapa de Riesgo a la Población. ARPSI ES110_ARPSI_01302 Gros.

7.2 Afección a las actividades económicas

En el artículo 6 de la Directiva 2007/60/CE, en su punto 5, también se indica que uno de los parámetros a mostrar será el “*tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada*”.

Por tanto, en relación con la **actividad económica**, ésta quedará asignada en categorías en función de los usos del suelo, otorgándose un valor del **riesgo** (en €/m²) a cada una de ellas.

Para la obtención de las actividades económicas se ha partido de la información existente sobre usos del suelo presentes en las zonas inundables. Se han utilizado los datos del Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE), 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 39. Categorías de uso de suelo adoptadas para los mapas de riesgo.



Figura 40. Categorías de uso de suelo sobre ortofotografía. Detalle Eivissa.

La información procedente del SIOSE (revisión 2014) se completa con aquellas capas de la Base Topográfica Nacional de España a escala 1:25.000 (BTN25) que aportan información adicional de los usos del suelo y actividades económicas. En total se han consultado – empleado 38 capas del BTN25, con el objeto de conseguir una base de cálculo lo más fidedigna posible.

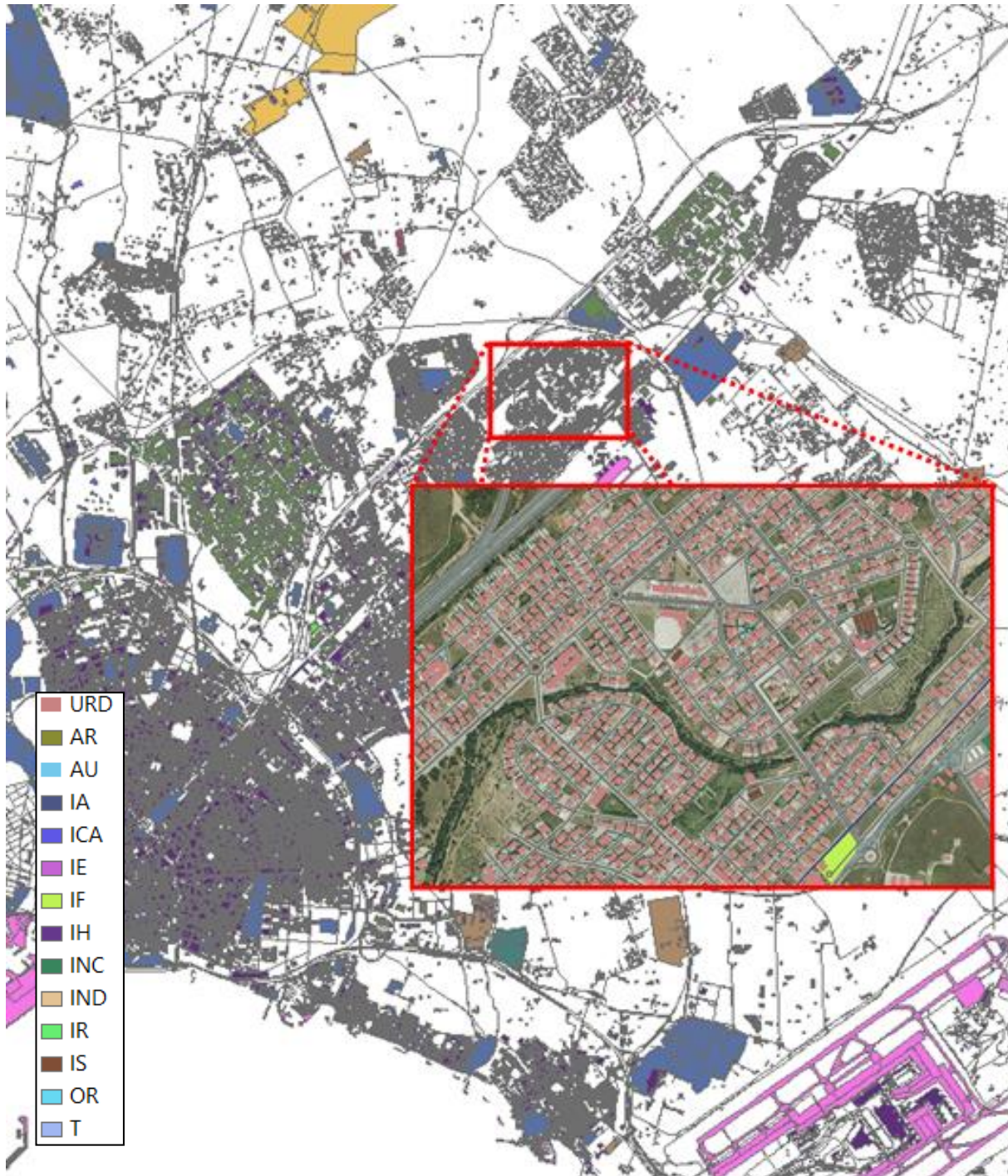


Figura 41. Elementos del BTN25 con asignación de actividad económica. Detalle Palma de Mallorca.

Con respecto al primer ciclo, se han modificado los nombres de las siguientes actividades: “Infraestructuras: puertos y aeropuertos” e “Infraestructuras: hidráulico sanitarias”. 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 Instituto Geográfico Nacional sobre la BTN25.

Por último, el resultado obtenido se coteja con las ortofotografías 2018 del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) del IGN, y con la información procedente del visor ideIB (Infraestructuras de Datos Espaciales de las Islas Baleares) del SITIBSA (Servicio de Información Territorial de las Islas Baleares).

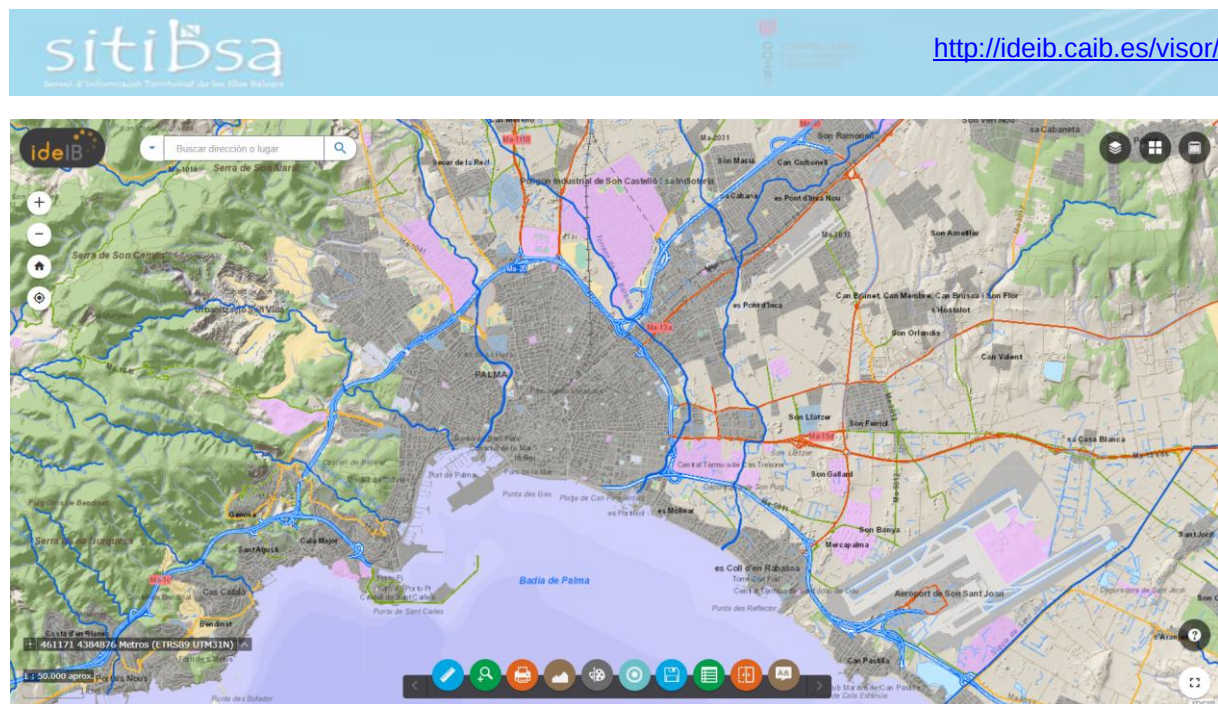


Figura 42. Visor ideIB del SITIBSA.

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 II de la publicación del MITECO “Propuesta de mínimos para la realización de los mapas de riesgo de inundación”. 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.

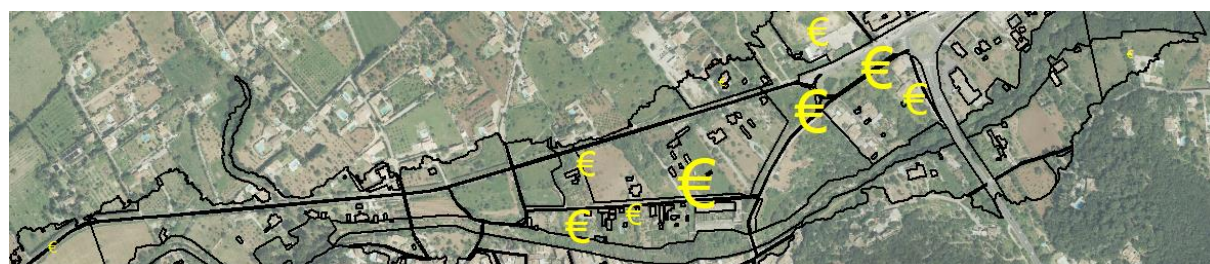


Figura 43. Esquema conceptual de estimación de riesgo anual esperado por actividades económicas.

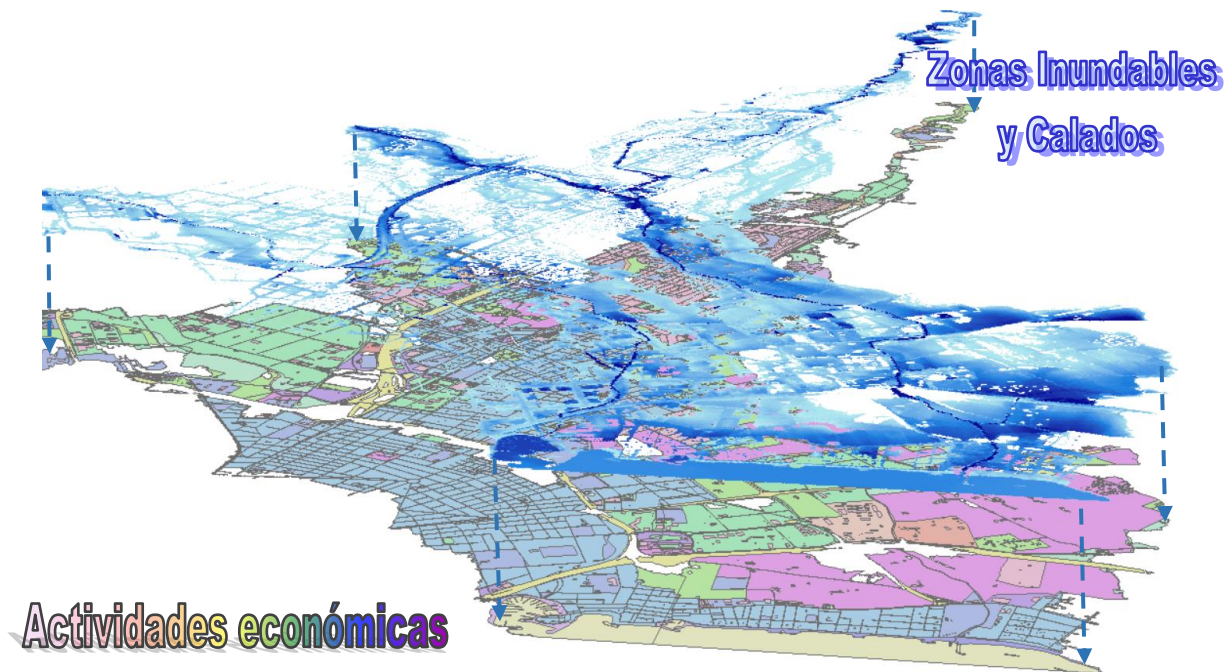


Figura 44. Esquema conceptual de cruce de capas para la obtención del riesgo a las actividades económicas.

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

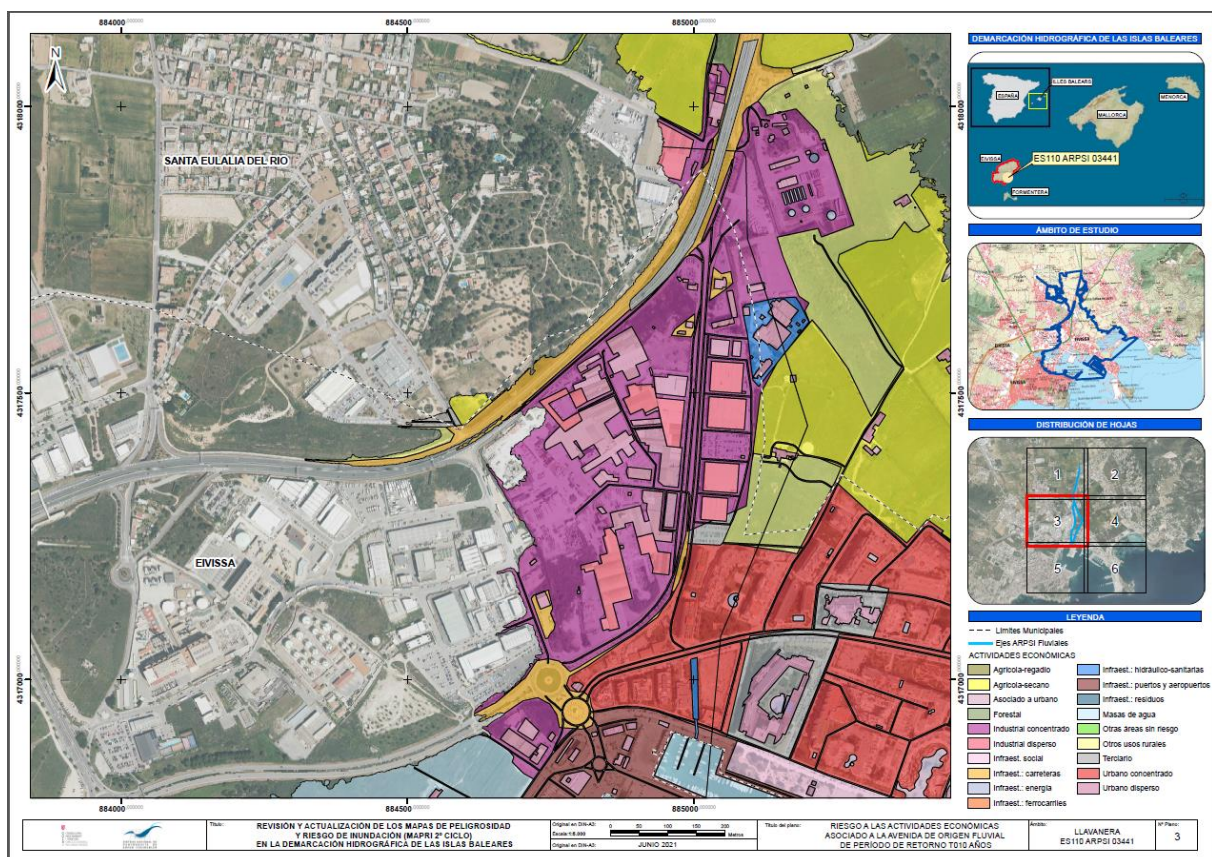


Figura 45. Detalle Mapa de Riesgo a las Actividades Económicas. ARPSI ES110_ARPSI_03441 Llanenera.

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

Para el cumplimiento del R.D. 903/2010, de 9 de Julio, de Evaluación y Gestión de Riesgos de Inundación, los mapas de riesgo deben incluir, además de los puntos anteriormente descritos, una serie de elementos recogidos en el art. 9:

“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, las instalaciones que se incluyen en los mapas son las que responden a las características del anejo I del RDL 1/2016.

Por otra parte, también se hace referencia a las consecuencias sobre el patrimonio cultural y el medio ambiente en el art. 1 tanto de la Directiva 2007/60/CE como de su transposición al derecho español mediante el R.D. 903/2010.

Por esta razón, se ha recopilado la información siguiente:

- Instalaciones industriales, agrupadas bajo la denominación común “Emisiones industriales” a que se refiere el anejo I del Real Decreto Legislativo 1/2016, ya mencionado;
- Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR);
- Patrimonio cultural;
- Elementos significativos para Protección Civil;
- Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano;
- Masas de agua de uso recreativo;
- Zonas para la protección de hábitats o especies (LIC, ZEPA y, en su caso, otros hábitats de interés);
- Masas de agua de la Directiva Marco del Agua.

Esta información se refleja en dos mapas de riesgos de puntos y zonas:

a) Riesgo en Puntos de Especial Importancia:

La capa final generada es producto de la superposición de las zonas inundables de los tramos ARPSI, para cada período de retorno estudiado, con la información puntual de base que se expone a continuación. De esta forma se obtienen unos mapas de riesgo que

muestran los puntos, catalogados como de “especial importancia”, que pueden ser potencialmente afectados por las inundaciones. Estos puntos son:

- **Emisiones industriales:** la información de base utilizada ha sido el reporting oficial de E-PRTR de la Comisión Europea (Base de datos y capa kmz) y la información de PRTR (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes) España.



- **EDAR:** obtenida a partir de las capas oficiales del MITECO (capa remitida a la Comisión Europea en el Informe de seguimiento “Cuestionario 2015”, en la que se localizan las estaciones depuradoras activas). Estos datos han sido confirmados a partir de ortofotografía aérea.



Con respecto a la metodología del primer ciclo, se incorporan dos campos más para la caracterización: el nombre de la instalación y la descripción de su funcionamiento, tal cual se recoge en la capa de seguimiento de la Directiva 91/271/CE.

- **Patrimonio Cultural:** obtenida a partir de la BTN25 e información de Patrimonio Histórico del Consell de Mallorca y del Consell d'Eivissa, además del SIOSE.



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, incluyendo el importante número de molinos para extracción de agua.



Figura 46. Emplazamiento de molinos de viento para extracción de agua al este de Palma de Mallorca.

- **Elementos significativos para Protección Civil:** 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:



- Seguridad: Bomberos, Policía y Guardia Civil. Ayuntamientos;



- Sanidad: Hospitales y Centros de Salud;



- Educación: Educación Infantil, Escuelas, Educación Especial y Campus;



- Residencial Especial: Residencias de ancianos, Centros asistenciales, Centros Penitenciarios;



- Campings;



- Concurrencia Pública Destacada: Centros Comerciales, Instalaciones Deportivas, Centros de Ocio, Clubes Náuticos;



- Centros Religiosos;



- Servicios Básicos: Energía y Agua;



- Transporte: Estaciones de Autobuses y Ferrocarriles, Puertos y Aeropuertos, emboquilles de túneles;



- Industria: Nuclear, Radiactiva y Química SEVESO.

Esta clasificación ha supuesto un cambio fundamental respecto al primer ciclo, ya que en éste la definición de puntos quedaba en manos de los técnicos, al no disponerse de un listado definitorio de los puntos reales de interés para Protección Civil.

La base de los datos empleada para la ubicación de los grupos de elementos citados ha sido suministrada por la Dirección General de Emergencias e Interior del Govern Illes Balears y se ha completado con información de las capas del BTN25, del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y Google Maps.

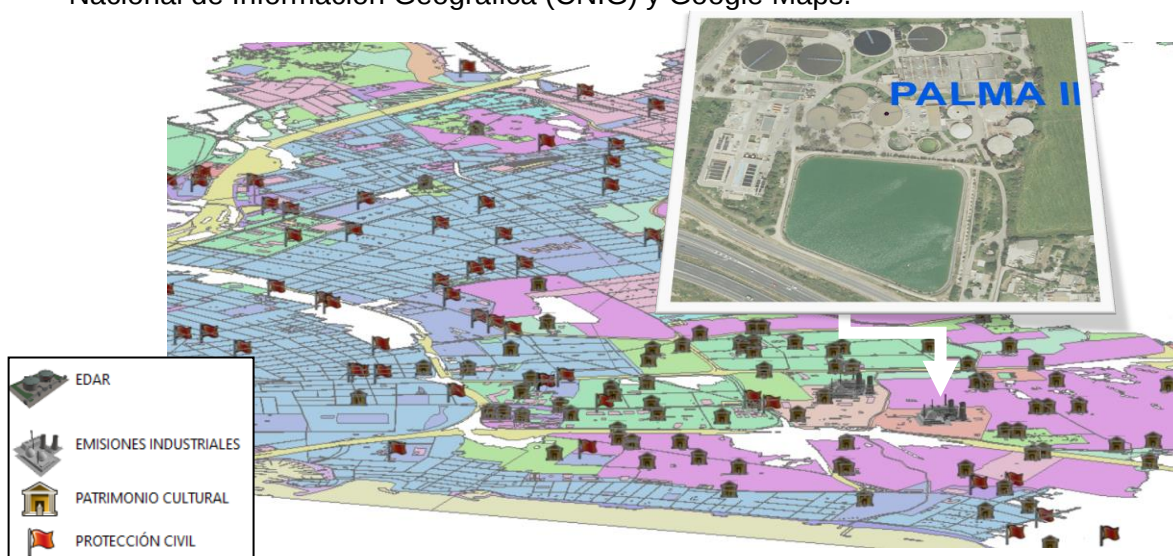
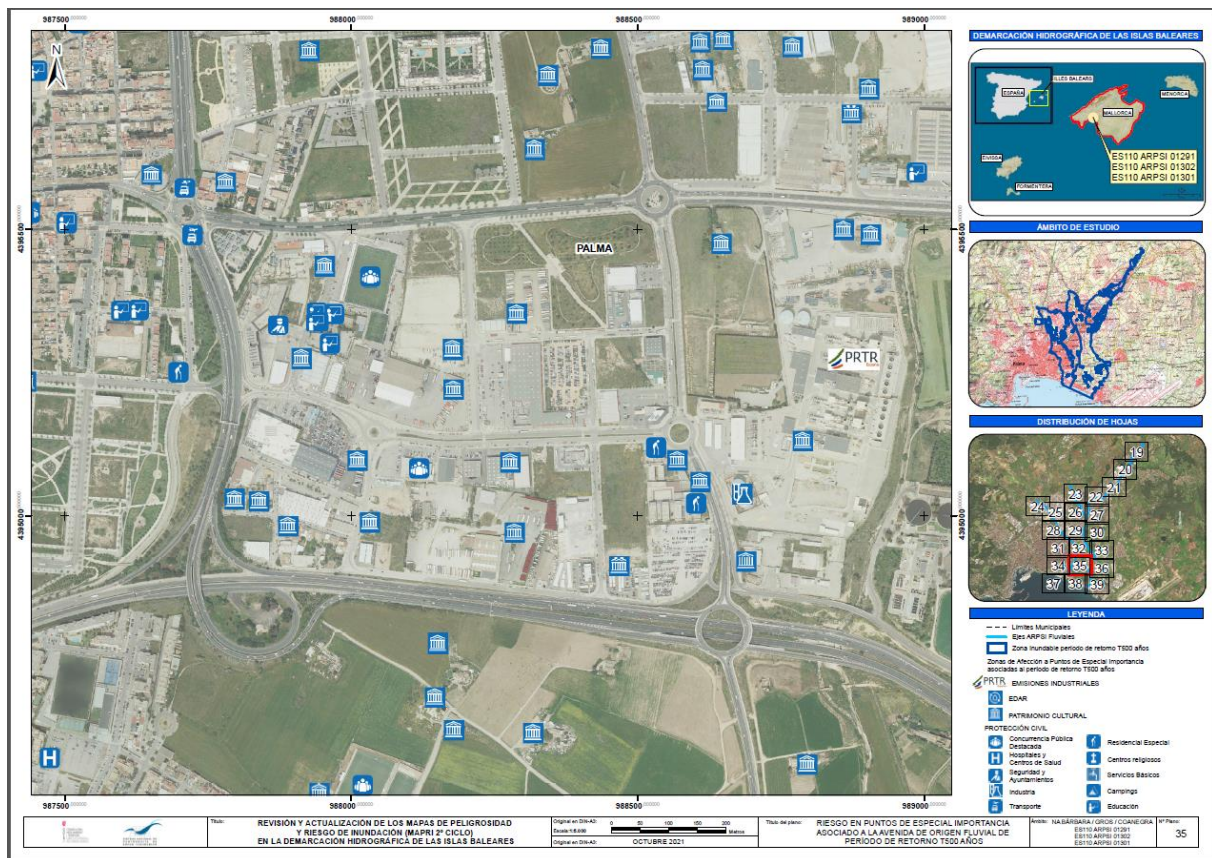


Figura 47. Detalle de emplazamientos de Puntos de Especial Importancia en Palma de Mallorca.

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.



b) Riesgo en Áreas de Importancia Ambiental:

Como en el caso anterior, la capa de riesgo se ha obtenido superponiendo cada envolvente de zona inundable con la información puntual de base de las zonas de importancia ambiental incluidas en las siguientes coberturas:

- **Masas de agua de la Directiva Marco del Agua:** masas de agua superficiales reflejadas en el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares, tercer ciclo (2022-2027).

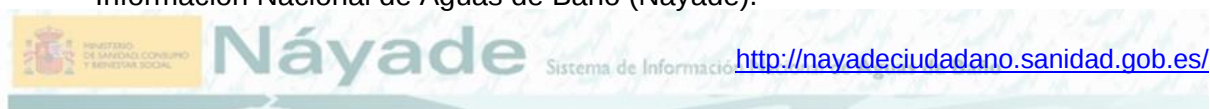
https://www.caib.es/sites/agua/es/terce_ciclo_pla_hid/



- **Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano:** obtenidas del área de descargas del MITECO, capa de zonas protegidas de aguas potables recogidas en los Planes hidrológicos de Cuenca.

<https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/zonas-protégidas-potables.aspx>

- **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 (ZEPAs), y las Zonas de Especial Conservación (ZEC), designadas por la Comisión Europea a partir de Lugares de Interés Comunitario (LICs). Obtenidas del área de descargas del MITECO que las recopila en la capa de Red Natura 2000.

<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protectidos/red-natura-2000/>



Además, se han contemplado los Espacios Naturales Protegidos (ENP) recogidos en ideIB (SITIBSA).

Los Mapas de Riesgo así obtenidos representan las zonas inundables, de los períodos de retorno estudiados, 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. A continuación, se muestra un detalle del mapa de riesgo a las áreas de importancia ambiental.

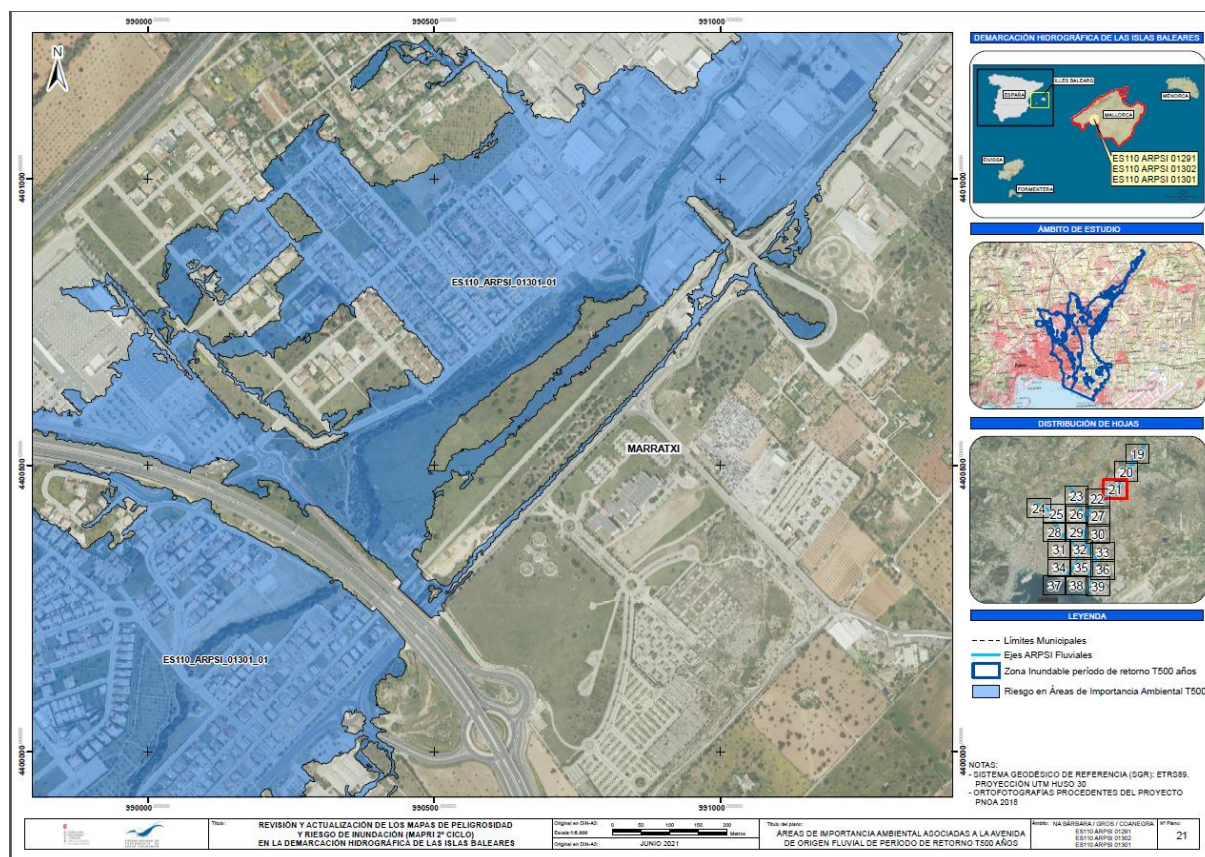


Figura 49. Detalle Mapa de Áreas de Importancia Ambiental. ARPSI ES110_ARPSI_01301-01 Coanegra.

8 Resultados

Los resultados gráficos se podrán consultar en el visor ideIB del SITIBSA. Como se ha comentado, el visor ideIB es el punto de acceso a la información geoespacial del Gobierno de Baleares. El visor proporciona un catálogo de información, visualizadores cartográficos, descarga de información, herramientas de búsqueda, y manuales de ayuda, entre otros servicios. Los distintos visualizadores permiten consultar la información geoespacial a través de mapas interactivos.

Para acceder al visualizador de ideIB es necesario acceder a través del siguiente *link*:

<https://ideib.caib.es/visor/>



Figura 50. Portada de acceso al visualizador ideIB del SITIBSA.

Una vez se accede, el visor permite añadir capas pulsando sobre el icono:  y, a continuación, sobre el menú: **Añadir datos**

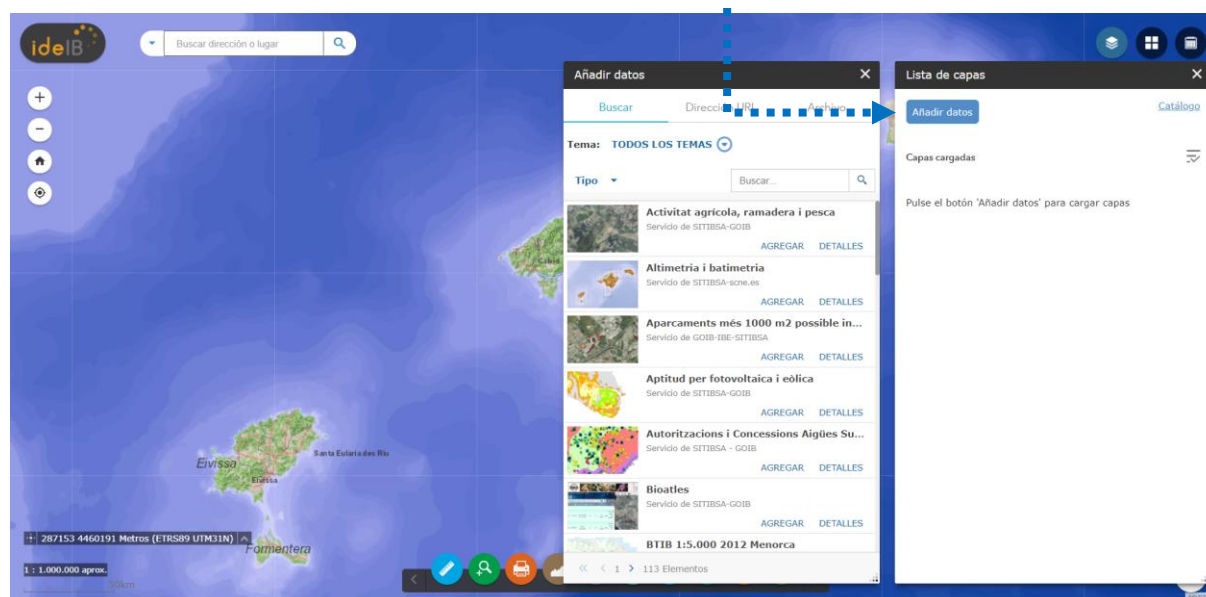
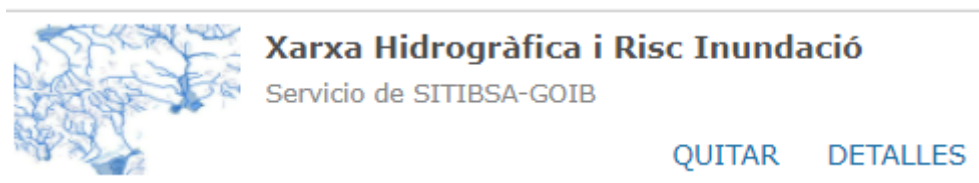


Figura 51. Panel de selección de capas a añadir del geoportal ideIB.

Accediendo al grupo de capas contenidas bajo el título:



Actualmente, es posible cargar distintas coberturas relacionadas con la hidrología de las Islas Baleares, consultar actuaciones de conservación y mantenimiento de cauces y visualizar las capas vinculadas con peligrosidad y riesgos por inundación del 1º Ciclo.

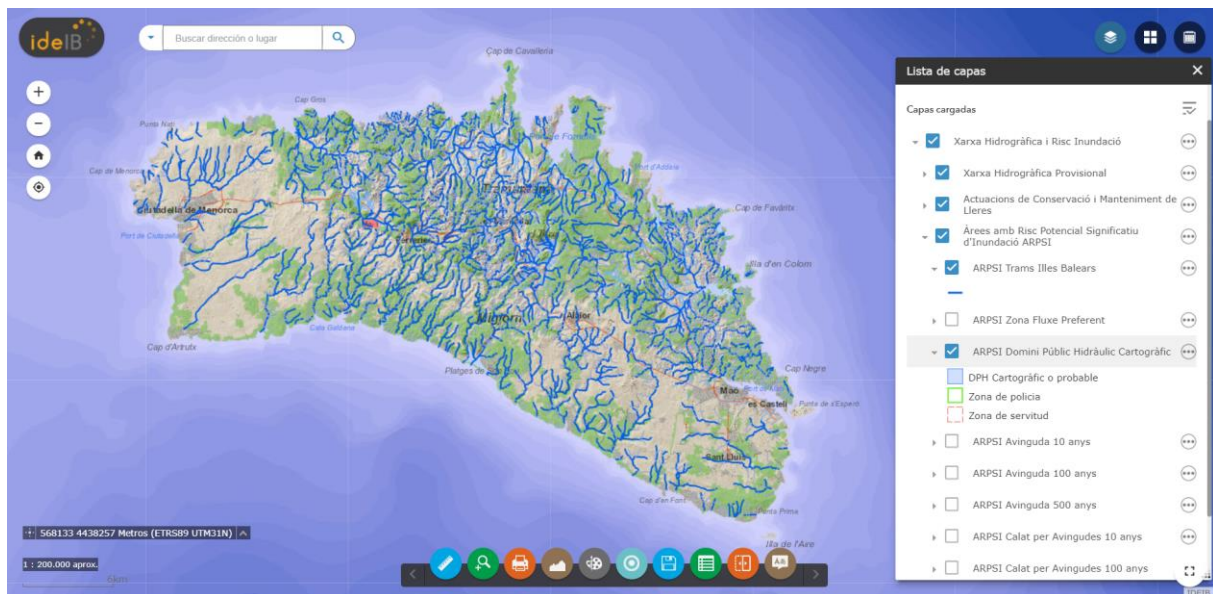


Figura 52. Visualización de capas Xarxa Hidrogràfica i Risc Inundació.

La descarga de capas disponibles puede realizarse entrando en el siguiente [link](http://ideib.caib.es/cataleg/srv/cat/catalog.search#/home) y seleccionando entre los recursos disponibles en el catálogo:

<http://ideib.caib.es/cataleg/srv/cat/catalog.search#/home>

En la siguiente imagen se muestra la ventana de descargas de las zonas inundables del 1º Ciclo para distintos períodos de retorno.



Figura 53. Apartado de descargas del visor ideIB.

9 Resultados del proceso de consulta pública

La Dirección General de Recursos Hídricos de la Consejería de Medio Ambiente y Territorio, como Administración Hidráulica responsable, sometió a consulta pública por un plazo de 3 meses (15 de julio de 2021 al 15 de octubre de 2021) el contenido de la presente documentación de la “Revisión de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo (MAPRI 2º Ciclo) en la Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares”, tal y como establece el artículo 10 del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación. Tanto el Anuncio de información pública como el contenido de la documentación fueron publicadas en la web de la Dirección General de Recursos Hídricos <http://dma.caib.es/>.

Se realizó un análisis de las alegaciones recibidas, las cuales se recogen al final del presente apartado, se respondieron y se realizaron las siguientes acciones sobre la Memoria y los Anexos del MAPRI 2º Ciclo:

- Inclusión de nuevos puntos de especial importancia para Protección Civil en los Mapas de Riesgo;
- Revisión y corrección de discordancias entre los puntos de especial importancia contemplados;
- Revisión y corrección de discordancias en mapas de peligrosidad y riesgo en tramo ARPSI ES110_ARPSI_01302-01 – Gros.

A continuación, se recoge un resumen con las distintas alegaciones recibidas, junto con las respuestas efectuadas por parte de la Administración Hidráulica responsable.

9.1 Resumen de las alegaciones recibidas y respuestas efectuadas

Durante el proceso de consulta pública se reciben alegaciones procedentes de:

- Dirección General de Emergencias e Interior;
- Consejo Insular de Menorca. Patrimonio;
- Ayuntamiento de Palma. Gerencia de Urbanismo.

9.1.1 Dirección General de Emergencias e Interior

Se recibe un documento, fechado el 26 de agosto de 2021, con las alegaciones formuladas por la Direcció General Emergències i Interior, de la Conselleria Presidència, Funció Pública i Igualtat del Govern Illes Balears recogidas en el informe titulado “Consulta pública sobre la revisió i actualització dels mapes de risc i perillositat d’inundació (2n cicle)”.

Posteriormente se recibe un documento, fechado el 29 de septiembre de 2021, con las distintas capas de cartografía de elementos de especial importancia para Protección Civil, emitida por el Servei de Planificació d’Emergències de la Direcció General Emergències i Interior, de la Conselleria Presidència, Funció Pública i Igualtat del Govern Illes Balears.

Las **alegaciones** incluidas son las siguientes:

1. Solicitud de la inclusión de elementos de especial importancia para Protección Civil recogidos en el visor cartográfico ideIB del SITIBSA.

Analizadas las alegaciones se efectuaron las siguientes **respuestas**:

1. La contribución relativa a la inclusión de elementos de especial importancia para Protección Civil recogidos en el visor cartográfico ideIB se debe estimar y, por tanto, se debe incluir en el MAPRI.

9.1.2 Consejo Insular de Menorca. Patrimonio

Se recibe documento, con fecha 31 de agosto de 2021, con una serie de consideraciones formuladas por el Departament de Cultura, Educació, Joventut i Esports del Consell Insular de Menorca recogidas en el informe titulado “INFORME SOBRE EL DOCUMENT DEL PLA DE GESTIÓ DEL RISC D’INUNDACIONS. REVISIÓ I ACTUALITZACIÓ DE L’AVALUACIÓ PRELIMINAR DEL RISC D’INUNDACIÓ (EPRI 2º CICLE)”. Como indica el título del informe, las consideraciones emitidas se refieren al contenido del Documento Inicial Estratégico del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación, en el contexto de los trámites de Evaluación Ambiental Estratégica, no obstante, dado que este documento se apoya en los documentos de las fases I (EPRI) y II (MAPRI) del RD 903/2010, las **aportaciones que afectan al documento MAPRI** han sido objeto de análisis y respuesta.

Las **alegaciones** incluidas son las siguientes:

1. Solicitud de la inclusión en el PGRI de información cartográfica de los principales bienes que integran el patrimonio histórico de Menorca, especialmente de aquellos que se vean sometidos a riesgo según las previsiones del PGRI;
2. Solicitud de inclusión en el PGRI de un protocolo de actuación para las zonas que contengan patrimonio histórico, BIC, bienes catalogados o bienes que integran el catálogo de patrimonio histórico. Se solicita contemplar un protocolo de intervenciones sobre el patrimonio que cuenten con supervisión desde el punto de vista de patrimonio histórico de acuerdo con su categoría de protección.

Analizadas las alegaciones se efectuaron las siguientes **respuestas**:

1. La contribución relativa a la inclusión de información cartográfica de los elementos de patrimonio histórico de Menorca, aunque se es solicitada para su incorporación en el PGRI, se entiende que técnicamente correspondería a la Fase II (MAPRI), concretamente a la sección correspondiente a los Mapas de Riesgo en Puntos de Especial Importancia, es por esto que se trata en el presente documento. No obstante, analizada la alegación, ésta se debe desestimar ya que no existen tramos ARPSI fluviales catalogados en la isla de Menorca. Por otro lado, en relación con los Mapas de Riesgo ligados a ARPSIs de origen costero, de acuerdo con el artículo 10.1 del Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión del riesgo de inundación, es la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica, el órgano competente para la elaboración de esta información. En tanto no se modifiquen las bases de datos que sirvieron para la elaboración de dichos mapas durante la implantación del 1º ciclo de la Directiva, se mantienen los mapas ya publicados en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables,

correspondientes al 1º ciclo. A pesar de lo anterior, se entiende que esta cuestión queda resuelta a efectos prácticos en el momento en el que se vuelquen las capas del MAPRI en el visor ideIB, el cual cuenta con capas de patrimonio histórico, las cuales pueden actualizarse directamente desde el departamento de Cultura, Educación, Juventud y Deportes del Consejo de Menorca. Teniendo en cuenta que, como se ha expuesto, no hay cambios en las ARPSIs de Menorca respecto del primer ciclo; la superposición de las capas de ARPSIs y de patrimonio histórico ya es posible para la isla de Menorca para este segundo ciclo. Por otro lado, el visor IDE Menorca podría plantearse como otro medio para mostrar el conjunto de capas contemplado.

2. En relación con la contribución relativa a la inclusión de un protocolo de actuación para zonas que contengan patrimonio histórico, ésta, al tratarse de una aportación ligada al documento PGRI, queda desestimada a nivel MAPRI y será analizada en Fase III.

9.1.3 Ayuntamiento de Palma. Gerencia de Urbanismo

Se recibe un documento, fechado el 24 de septiembre de 2021, con las alegaciones formuladas por la Gerencia d'urbanisme del Ajuntament de Palma de Mallorca recogidas en el informe titulado "Solicitud de informe para el documento de alcance del Plan de gestión de riesgos de inundación, 2º ciclo". Como en el caso anterior, las alegaciones emitidas se refieren al contenido del Documento Inicial Estratégico del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación, en el contexto de los trámites de Evaluación Ambiental Estratégica, no obstante, dado que este documento se apoya en los documentos de las fases I (EPRI) y II (MAPRI) del RD 903/2010, al igual que en el caso anterior, las **aportaciones que afectan al documento MAPRI**, han sido objeto de análisis y respuesta.

A continuación, se reproducen extractos del informe original recibido, con el objeto de mostrar las **alegaciones** formuladas relacionadas con MAPRI 2º ciclo:

1. *En la guía metodológica de zonas inundables, en su capítulo 4 se trata la manera de abordar ese análisis histórico, que no se ha encontrado en la información aportada y en su capítulo 8, específicamente hace referencia a que se contrasten los resultados obtenidos en el modelo con la inundabilidad deducida del análisis histórico y que si, en el contraste de los datos se detectan discrepancias importantes, se procederá a la revisión tanto del estudio hidrológico-hidráulico como el histórico-geomorfológico.*

Esta entidad local no ha tenido ocasión de informar en el procedimiento Fase I. Evaluación preliminar del riesgo de inundación.

Como ejemplo al respecto de cómo graficar y utilizar esas inundaciones históricas, en el caso de Catalunya, se ha incorporado ya la cartografía derivada del temporal Gloria (ocurrido en enero de 2020). http://aca.gencat.cat/web/.content/1Q_ACM_Publicacions/07-estudis-informes/32-cartografia-inundacions-gloria.

Leída la documentación de la Fase I, se observa la falta de una cartografía para la evaluación inicial y la falta de representación gráfica de las inundaciones históricas,

para determinar las Zonas de Flujo Preferente y de inundaciones de T10, 100 y 500 años.

- 2. En la fase II únicamente se encuentra una referencia a las inundaciones históricas del texto de la memoria de la evaluación preliminar del riesgo, donde se listan las inundaciones acaecidas desde 2007, sin encontrar referencias a inundaciones más antiguas.*
- 3. La información de estas inundaciones históricas se lista, pero no se trasvasa a planos de situación ni manchas de inundación.*
- 4. Por otro lado, de dichas inundaciones únicamente se describe a qué municipios afectó y someramente, a que barrios. Revisando las inundaciones que afectaron a Palma, vemos que todas ellas afectaron a barrios no incluidos en las manchas de inundación que se presentan en este PGRI y corresponden, en su mayor parte, a problemas municipales en la red de drenaje en el paseo marítimo y en camí dels reis que afecta a la entrada de sa Vileta y Son Rapinya.*
- 5. Es decir, no se aportan datos históricos de inundaciones ocurridas en las áreas de inundación que se plantea en el PGRI del 2º ciclo correspondientes al desborde de los torrentes de Na Barbara y Gros, ni se sitúan estas manchas de inundación históricas en el terreno, con el fin de ser utilizadas para calibrar el modelo de las inundaciones.*
- 6. Es imprescindible aportar estos datos históricos de inundaciones que de verdad afecten al área de estudio (artículo 6 del RD 903/2010).*
- 7. No se han estudiado tampoco las inundaciones costeras ni se han integrado las realizadas por las administraciones competentes en costas (Artículo 7 RD 903/2010), ni con la topografía y batimetría.*
- 8. En la memoria exponen que la principal fuente de conocimiento de dichas inundaciones son los servicios de protección civil, por lo que se propone que se realicen unas mesas de trabajo con Bomberos de Palma, EMAYA, y dirección general de emergencias, como encargados de resolver los problemas de inundaciones en Palma, para intentar recabar los datos de inundaciones históricas o recientes en el área de estudio, incluso los heridos, fallecidos y datos materiales producidos por dichas inundaciones.*
- 9. El propio Plan INUNBAL (mayo 2021) incluye un análisis de las inundaciones ocurridas en las Illes Balears citando un estudio de la Universidad (Miguel Grimalt, 1992) y otro de la Junta d'Aigues y JACU. En el TM de Palma concretamente se analizan:*

Sant Magi— grans avingudes i danys a cases

Sa Riera — inundacions a la ciutat

Es Portitxol — desbordament del Torrent

Es Torrentó — inundacions a cases

Sant Jordi - inundacions a cases

10. *Por otro lado, se cuenta en la oficina de revisión del PG, con los datos facilitados por el área de Infraestructuras, donde se marcan en plano las áreas de suelo urbano que sufren episodios de falta de drenaje debido a insuficiencias de la red de pluviales, no detectándose otros problemas en las calles de Palma debido al agua de escorrentía. Dicho plano se encuentra a su disposición.*
11. *Como dato de interés señalar que, desde la UIB, en mesas de trabajo mantenidas en relación a la delimitación de los torrentes e inundaciones de Palma, se ha ofrecido a la DGRH la información histórica disponible sobre las grandes inundaciones de la Isla, correspondiente a trabajos elaborados por el personal docente al respecto, que nos aseguran estudian en profundidad, como mínimo, las inundaciones del torrent Gros y la Riera.*
12. *El cálculo del caudal de avenidas es uno de los parámetros principales en la modelización de la inundación en lamina libre, los resultados del modelo serán muy diferentes según el dato de partida del caudal de dicha avenida y sobre todo pueden influir en lo que respecta a aumentar o disminuir la zona de flujo preferente.*

Se considera adecuado utilizar el cálculo de caudales elaborado por la DGRH, llamado en la memoria "estudio de bases de caudales", para decidir qué tramos de torrentes presentan riesgos de inundación, con lo que se evita el trabajo de calcular de manera detallada el caudal de avenidas de todos los torrentes de las Islas Baleares.

Pero, en el momento en que se han delimitado los tramos con riesgo significativo de inundación se debe realizar el cálculo del caudal de avenidas que llega a cada uno de dichos torrentes, que ya solo suponen 12 cuencas a estudiar.
13. *De otros informes y estudios hidrológicos de inundación realizados en torrentes del término municipal, el estudio técnico de la cuenca del torrente realizado por el Ingeniero encargado del estudio hidráulico ha ofrecido unos datos muy alejados de la tabla de datos manejada por la DGRH (hasta 50% de diferencia en los datos de caudales), sin que se aportara justificación técnica a esa disparidad de resultados.*
14. *Por ello, ya que no se dispone de los caudales máximos en el territorio de las Islas Baleares y de la divergencia de datos con los que contamos, se quiere señalar que se deberán calcular y justificar el cálculo de los caudales máximos de las 12 cuencas en estudio, siguiendo la guía metodológica para cuencas medianas y de pequeño tamaño.*
15. *Se solicita que la metodología que se utilice para el cálculo de las ARPSIs sea la propuesta en la Guía metodológica estatal y los datos empleados sean los últimos elaborados al respecto.*
16. *En la página 8 se expone "Para los estudios hidrológicos-hidráulicos se emplea la información del primer ciclo". Con los avances de cartografía y teledetección acontecidos, se debe generar una nueva información de 2019 para afinar el método utilizado en 2001.*

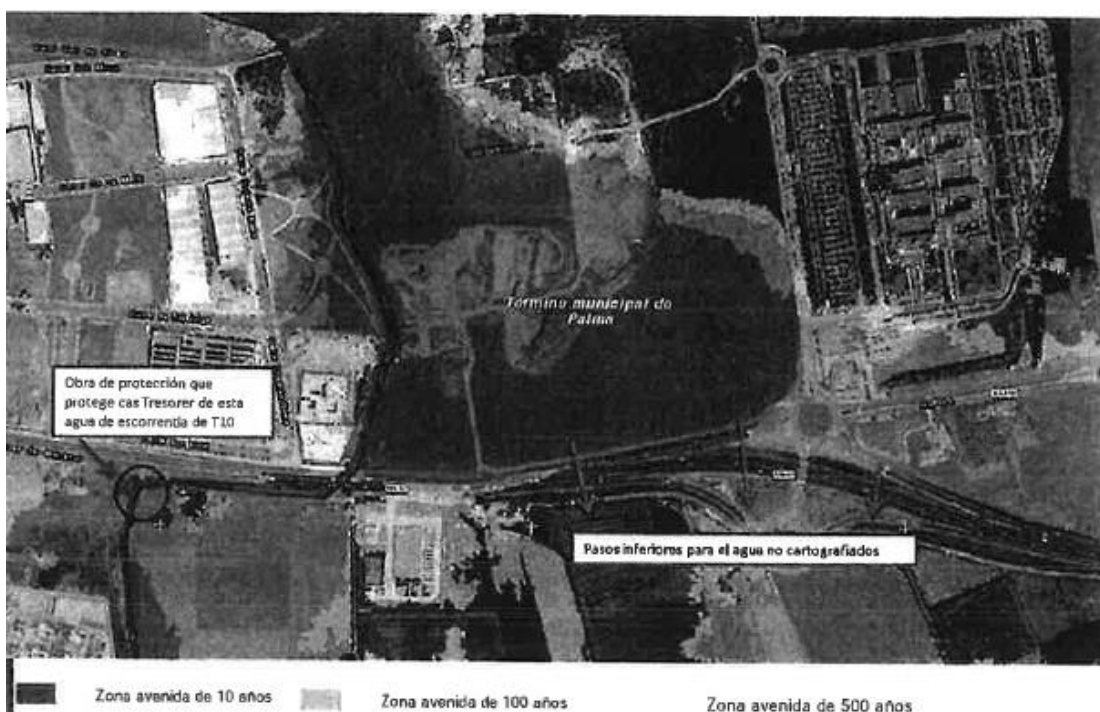
17. *En la página 10 se expone "Además, se tienen en cuenta otros estudios de inundabilidad disponibles facilitados que la Dirección General de Recursos Hídricos de Baleares pudo facilitar" sin precisar cuáles ni el alcance de estos estudios.*
18. *En la página 11 se expone "La base fundamental para establecer esta clasificación ha sido el SIOSE (Sistema de Información sobre la Ocupación de Suelos en España)." Sin determinar el año de actualización de esta cartografía.*
19. *En la página 13, la misma metodología revela la imprecisión al utilizar como base los estudios de 2002. Se deben actualizar estos estudios.*
20. *Además de utilizar fuentes indirectas, como el SIOSE, se propone acudir a la fuente principal: los planes urbanos de los términos municipales. El municipio es competente en urbanismo, y de esta competencia derivan as usos del suelo.*
21. *Se debe incorporar la información urbanística de cada municipio de los planes generales municipales vigentes que son los competentes en aprobar los usos del suelo en cada termino municipal, si no es posible acceder a ella, la del visor MUIB.*
22. *Se debe ser más preciso en la exposición de la metodología de cartografía de peligrosidad y riesgo, ya que de ella derivará toda la determinación y toma de decisiones del Plan.*
23. *Se solicita se dedique la máxima atención al levantamiento cartográfico de la realidad y a todos aquellos elementos existentes en el territorio, elaborados para la protección de las avenidas y la conducción del agua de escorrentía y se tengan en cuenta los distintos valores de infiltración y escorrentía del terreno en el programa informático utilizado, ajustando adecuadamente los coeficientes de rugosidad de Manning.*
24. *Vemos que se han tenido en cuenta las obras que interrumpen el paso del agua, pero no aquellas que sirven de drenaje transversal de las infraestructuras lineales, como la Ma-13, la Ma-15 y la Ma-19.*
25. *Se considera que el uso de las manchas de inundaciones históricas es de gran importancia en el caso que nos ocupa y debe servir para calibrar el modelo y detectar fallos en la cartografía u olvidos de infraestructuras de protección y desagüe. En la Guía metodológica, en su capítulo 8, específicamente hace referencia a que se contrasten los resultados obtenidos en el modelo con la inundabilidad deducida del análisis histórico y que, si en el contraste de los datos se detectan discrepancias importantes, se procederá a la revisión tanto del estudio hidrológico-hidráulico como el histórico-geomorfológico.*
26. *Concretamente en Palma, en las manchas de inundación de las ARPSIs vigentes del actual PGRI, se detectan algunas incongruencias, resultado de no tener en cuenta obras de paso bajo infraestructuras lineales, no adoptar valores de escorrentía diferenciados de acuerdo al tipo de terreno que se estudia y no tener en cuenta obras de protección y encauzamientos, todo lo cual genera manchas de inundación resultado del programa informático, poco ajustadas a la realidad.*

Para ilustrar estos comentarios, se aportan dos ejemplos representativos del Torrent Gros.

Ejemplo 1.

Como se aprecia en la imagen, parece que las aguas frecuentes del periodo de retorno de los 10 años, que deberían marcar el cauce del torrente, inundan de manera habitual todo el suelo rustico entre la carretera de Sineu y la carretera de Manacor entre Son Morro y Son Llatzer y desborda e invade cas Tresorer por el Norte y que para las lluvias intensas de T100, la rotonda de la salida de son Llatzer queda anegada, así como todo el polígono de Son Morro.

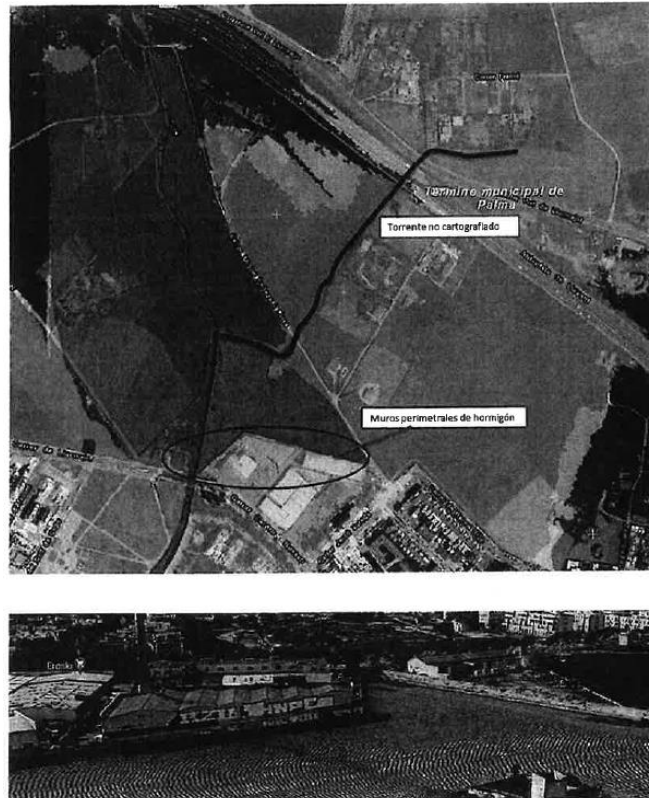
Consultados los servicios de emergencias municipales, podemos desmentir los resultados que surgen del programa informático y asegurar que las lluvias frecuentes no generan manchas de inundación de tales proporciones.



Se considera que el error surge de no tener en cuenta la permeabilidad del suelo rústico, las infraestructuras de evacuación transversal de la Ma-15 y la obra de protección ejecutada por Endesa en cas Tresorer.

27. Ejemplo 2.

Pasada la Ma-19, vemos que no se había tenido en cuenta el afluente del Torrent Gros coma infraestructura que conduce el agua de escorrentía, ni el tipo de suelo por el que desborda la inundación (suelo agrícola en producción), por lo que parecería que dicha agua desborda de manera libre por el terreno sin ninguna dirección preferente, lo que genera un flujo de agua hacia el sur, cruzando sobre la Ma-19 y corriendo sobre el suelo rustico al sur de dicho viario, según el modelo informático y llega a inundar el suelo urbano.



La protección frente al suelo rústico del Molinar, de muros de unos 2m de alto y el cauce del torrente no grafiado, que sirve de acequia de conducción de agua, evita la entrada del agua de escorrentía en el suelo urbano para las lluvias frecuentes, si tenemos en cuenta también, que esa agua viene de un suelo rústico en el que se realizan labores agrícolas, de pendientes muy escasas, por lo que genera una escorrentía prácticamente nula hacia el sur.

En general, baste decir que no nos constan problemas de inundación en el Molinar y el Coll de'n Rebassa, aunque puede que no se tengan registros de la avenida de los 500 años que podrían generar estas inundaciones.

28. De acuerdo al artículo 2 del Real Decreto 903/2010, de 9 de Julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación las disposiciones "serán de aplicación a las inundaciones ocasionadas por desbordamiento de ríos, torrentes de montaña y demás corrientes de agua continuas o intermitentes, así como las inundaciones causadas por el mar en las zonas costeras" y de acuerdo al artículo 6 "incluyendo el impacto del cambio climático".

También queda reflejada la obligatoriedad en el Artículo 8.2 y 8.3 c) donde se especifica la zona costera, artículo 10.

El Servicio de Información Territorial de las Illes Balears (SITIBSA) ya dispone de cartografía sobre el riesgo de inundación costera causada por el cambio climático, que se deberá incorporar, en lo que respecta al termino municipal de Palma. esta no se ha visto reflejada en los planos.

[https://ideib.caib.es/impactes costa canvi climatic/](https://ideib.caib.es/impactes%20costa%20canvi%20climatic/)

De acuerdo al DIE del EAE (Pag 17 de 65) no han variado las inundaciones debidas al mar. En el periodo de tiempo entre el primer y segundo ciclo ha aumentado mucho el conocimiento asociado a impacto del cambio climático y con el as estrategias de adaptación.

Se debe actualizar este aspecto e incluir también el fenómeno de riesgo de aumento del nivel del mar por el cambio climático, y no solamente el riesgo de las inundaciones de origen fluvial en la zona costera. Se deben graficar debidamente el Dominio Público Marítimo Terrestre y zona de policía.

29. *En el amparo de la Ley 27/2006, de 18 de Julio, (Artículo 16 y siguientes) las administraciones públicas deben promover una participación real y efectiva del público y para ello deben informar y proporcionar información inteligible. El formato en el que se expone la cartografía de "Mapas e Peligrosidad y Riesgo y Zonas Legales" dificulta su consulta (57 archivos comprimidos pdf) cuando el Real Decreto 903/2010, de 9 de Julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación ya prevé un visor basado en la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE).*

Se propone que la exposición pública de la información cartografía que va a acompañar el Plan, se exponga al público con un visor para facilitar su consulta. Esta propuesta va en línea con el informe aportado por la Corn's& Europea sobre la evaluación del primer ciclo de planificación del riesgo (Assessment of Flood Hazard and Flood Risk Maps. Member State Report: ES — Spain. 26 November 2014).

Analizadas las alegaciones se efectuaron las siguientes **respuestas**:

1. Tal y como explica la Memoria de la EPRI 2º ciclo, por un lado, se ha realizado una revisión de la información histórica recopilada en el 1º ciclo y, por otro, se ha actualizado este tipo de información completándola con los eventos ocurridos desde la publicación de este primer ciclo. Para ello se han consultado los datos contenidos en el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH) e información de hemeroteca. También se han consultado y empleado datos procedentes del Consorcio de Compensación de Seguros (CCS). Por su parte, en los trabajos de 1º ciclo se contemplaron una serie de estudios históricos, alrededor de 15, los cuales se listan en el apartado 3.1.1.1 de la EPRI 2º ciclo.

Los datos históricos disponibles para el término municipal de Palma y, en particular para los torrentes de Na Bàrbara y Gros, no son adecuados para la calibración del modelo hidráulico utilizado para la realización de los MAPRIs ya que no se cuenta con una definición de la zona inundada ni datos de pluviometría de cuenca asociados a cada evento.

En relación con los estudios del temporal Gloria realizados por la ACA, no se arrojan datos que permitan resaltar la afección a Palma.

En resumen, en el proceso de identificación de tramos con riesgo de inundaciones, y finalmente, en la declaración de tramos ARPSI, se ha tenido en consideración la información histórica disponible procedente de las fuentes indicadas. A pesar de las

limitaciones inherentes a la naturaleza de los datos históricos disponibles, éstos han sido considerados tal y como justifican las EPRI de ambos ciclos.

2. Es en la EPRI (Fase I) en la que se realiza el estudio de inundaciones históricas. El alcance de los trabajos asociados a la EPRI 2º ciclo, en relación con los eventos históricos, contempla la actualización de la información histórica recopilada desde la publicación de los trabajos del 1er ciclo, es decir, el período 2011 - 2018. Para ello, se ha revisado la información contenida en la última versión del CNIH (Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas), que incluye eventos ocurridos hasta el año 2010, los cuales han sido incorporados en la EPRI 2º ciclo. Por otro lado, se ha incorporado información histórica de hemeroteca para completar la información aportada, abarcando el período 2010 – 2019. Es en el documento EPRI 1º ciclo en el que quedan recogidos los eventos históricos anteriores, incluidos los anteriores a 2007.

El apartado 3.1. de la Memoria de la EPRI 2º ciclo explica la procedencia y naturaleza de la información histórica contemplada. Por su parte, el Anexo 2 de la EPRI 2º ciclo completa dicha información.

3. La delimitación de zonas inundables asociadas a eventos históricos excede el cometido de los trabajos ligados a la redacción de los documentos EPRI y MAPRI 2º ciclo. Por otro lado, no se ha recibido información relacionada con manchas de inundación asociadas a eventos históricos.
4. Como se explica en puntos anteriores, el documento EPRI 2º ciclo actualiza la recopilación de datos relacionados con eventos históricos disponibles en las fuentes indicadas.
5. Al hilo de la respuesta anterior, se han empleado las informaciones disponibles, procedentes de las fuentes indicadas, relacionadas con eventos históricos. No se han recibido llanuras de inundación asociadas a eventos históricos. Los resultados de los modelos hidráulicos de inundaciones (zonas inundables para distintos periodos de retorno) han sido contrastados con las envolventes de llanuras de inundación disponibles obtenidas por métodos de análisis geomorfológicos.
6. Ver respuestas anteriores.
7. El estudio de las inundaciones de origen marino es competencia de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica. En el 2º ciclo de la Directiva no se ha realizado ninguna actualización, por tanto, tanto EPRI como MAPRI Baleares 2º ciclo siguen manteniendo los resultados del ciclo anterior, los cuales fueron obtenidos y proporcionados por Costas y vienen recopilados en el visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) bajo la denominación “Cartografía de Zonas Inundables (ZI) de origen marino”. No obstante, los modelos hidráulicos de inundaciones de origen fluvial, revisados y elaborados en el contexto del 2º ciclo, sí han considerado, como condición de contorno de salida, la cota de inundación de origen marino obtenida en los trabajos de 1º ciclo anteriormente indicados.

Todos los aspectos anteriormente mencionados vienen explicados en los apartados 3.3. Inundaciones debidas al mar, de la Memoria de la EPRI 2º ciclo, y el capítulo 1. Antecedentes, de la Memoria del MAPRI 2º ciclo.

8. Durante el proceso de redacción de los documentos de Fase I y II del 2º ciclo se han mantenido contactos fluidos con la Dirección General de Emergencias e Interior del Gobierno Balear. Resulta interesante la propuesta de realización de mesas de trabajo con otros grupos implicados y la Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH) está siempre abierta a su participación, mediante los mecanismos de consulta pública o mediante este tipo de reuniones.
9. Los tramos indicados no han sido identificados como ARPSI. Se sugiere la lectura de los documentos Memoria de las EPRI de 1º y 2º ciclo. En ambos queda plasmado el proceso seguido en la identificación y cribado de tramos con riesgo, la justificación de la no categorización ARPSI de ciertos tramos, las fuentes de información empleadas en todos estos procesos, y los tramos finalmente declarados como ARPSI.
10. Las inundaciones locales, asociadas a redes de drenaje deficientes, o a la ausencia de las mismas, no son objeto de análisis en el contexto del estudio de ARPSIs, ya que no se contemplan en el ámbito de aplicación del RD 903/2010 (Artículo 2). No obstante, resultará interesante poder disponer de dicha información para filtrar los datos históricos de episodios de inundación.

Aprovechando este punto, se ve oportuno aclarar que la EPRI 2º ciclo realiza un amplio estudio para la identificación de posibles zonas de riesgo por inundaciones de origen pluvial, entendidas como tal, aquellas que se producen derivadas de altas intensidades de precipitación, que pueden provocar daños “in situ” cuando la escorrentía se concentra en corrientes de pequeña magnitud y producen desbordamiento, sin incluir las derivadas de problemas exclusivamente ligados a falta de capacidad de las redes de alcantarillado urbano ni aquellas que no se deriven de una corriente continua o discontinua. El estudio se apoya en un análisis de la información histórica disponible (CCS, CNIH, Planes de Protección Civil, Resúmenes ejecutivos, informes de seguimiento, etc...), y en el análisis topográfico de áreas endorreicas. Como conclusión se establece que no se considerad la incorporación de nuevos tramos ARPSI de naturaleza puramente pluvial.

Este estudio, que ha sido remitido por la Dirección General del Agua (DGA), queda reflejado en el apartado 3.2. de la Memoria de la EPRI 2º ciclo.

11. Desde la DGRH no se ha recibido dicha información. No obstante, resultará interesante poder disponer de ella.
12. Se han revisado en detalle los caudales empleados en las modelizaciones hidráulicas para la elaboración del MAPRI de 1º ciclo y se han considerado perfectamente adecuados, por lo que en 2º ciclo se han mantenido. Estos caudales ya son resultado de un análisis crítico de los distintos estudios de que dispone la Dirección General de Recursos Hídricos, y cumplen con todos los requisitos de control impuestos.

Todos los caudales empleados ya han sido calculados, en detalle, a nivel subcuenca. No son una interpretación o derivación de un cálculo general a nivel islas, sino que contemplan las particularidades de cada torrente.

La Memoria del MAPRI 2º ciclo, en su capítulo 4, explica el proceso de revisión de caudales, indicando cuáles han sido las fuentes de información base y cuáles han sido las técnicas empleadas, que en todo momento de ciñen a los criterios planteados en la Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (Guía SNCZI). Sugerimos la lectura del capítulo indicado, de la que se puede extraer que se han empleado datos de alta precisión en la construcción de los modelos hidrológicos revisados: cálculo distribuido (celdas a celda) de caudales por medio del modelo HEC-HMS, con empleo del MDT 2x2m procedente de los vuelos LiDAR 2014 y 2019, cobertura geológica de la DGRH, usos del suelo de la base CORINE 2018, estimación del porcentaje de suelo impermeable con BTN25, isoyetas de precipitación máxima diaria de la DGRH. Debido a la propia naturaleza efímera y discontinua de los torrentes de las islas junto con el mal estado de conservación de las estaciones de aforo existentes, la información foronómica disponible en las islas no presenta datos suficientemente robustos para asegurar cierta validez a la hora de ajustar leyes de frecuencia. Según esto, en fase de calibración, se ha llevado a cabo un análisis comparativo crítico entre los caudales obtenidos en la revisión realizada con los calculados en el Estudio Base de Caudales y resto de estudios contemplados. Como resultado fundamental de este trabajo, se han obtenido los hidrogramas, y sus caudales punta, asociados a las cuencas con tramos ARPSI, para cada uno de los periodos de retorno considerados.

13. En el MAPRI 1º ciclo, para las modelizaciones hidráulicas en los casos particulares de las ARPSIs de Palma (Na Bàrbara, Gros y Coanegra) y Sóller (Major de Sóller), no se emplearon los caudales del “Estudio Base de Caudales” sino los procedentes de los estudios: “Definición de la Zona Inundable de los Torrentes Gros y Bàrbara y Estudio de Soluciones y Medidas a Adoptar (2007). Término Municipal de Palma”, para el caso de Palma y “Definición de la Zona Inundable de los Torrentes del Valle de Sóller, Estudio de Soluciones y Medidas a Adoptar (2009). Término Municipal de Sóller”, para el caso de Sóller. Dichos caudales, ya en 1º ciclo, se consideraron adecuados. En el contexto de los trabajos de 2º ciclo estos caudales han sido debidamente revisados, se han considerado adecuados, y es con ellos con los que se han revisado las modelizaciones hidráulicas correspondientes.

El valor de disparidad entre distintos estudios del 50% al que se alude no es raro en estudios hidrológicos y no se ha considerado necesario justificar técnicamente las diferencias si no adoptar el valor que consideramos técnicamente más correcto.

14. Al hilo de las respuestas anteriores, los caudales empleados en el 1º ciclo fueron revisados siguiendo la metodología explicada en la Memoria del MAPRI 2º ciclo, y sus valores resultaron coherentes, por lo que fueron mantenidos en la elaboración del MAPRI 2º ciclo. Como ya se indica en puntos anteriores, todos los caudales empleados ya han sido calculados, en detalle, a nivel subcuenca. No son una interpretación o derivación de un cálculo general a nivel islas, sino que contemplan las particularidades de cada torrente.

15. Tal y como viene explicado en la Memoria del MAPRI 2º ciclo, capítulo 1, se han empleado las Guías estatales correspondientes, incluyendo la Guía SNCZI, la publicación "Criterios de Revisión. Directiva Inundaciones – 2º Ciclo" (MITECO 2019) y los criterios establecidos en la "Propuesta de mínimos para la realización de los mapas de riesgo de inundación" (MITECO 2019).
16. Tal y como establece el capítulo 3 de la Memoria del MAPRI 2º ciclo, en relación con la información cartográfica empleada, se explica que se han empleado los MDTs de 1a cobertura (2014) como información base y los datos LiDAR de 2a cobertura (2019) para actualizar zonas que hayan sufrido modificaciones y que pudieran afectar a los resultados de las modelizaciones.
17. Tal y como explica la Memoria de la EPRI 2º ciclo en su apartado 3.1.1.2. la DGRH aportó una serie de estudios de inundabilidad de ámbito local que finalmente no fueron incorporados en las capas de peligrosidad, principalmente por tratarse de zonas ya mapeadas.
18. Tal y como indica la Memoria de la EPRI 2º ciclo, en su apartado 3.1.1.3., se emplea la versión más actualizada de SIOSE.
19. El "Atlas de delimitación geomorfológica de las redes de drenaje y llanuras de inundación de las Islas Baleares" (2002) es la información disponible con la que se ha contado y es la que ha sido empleada, junto con las ZI disponibles, para la estimación de la peligrosidad. En sucesivos ciclos, y a medida se incremente el número de km de cauces con láminas de inundación cartografiadas, podrán incluirse éstas en las estimaciones de peligrosidad correspondientes. No corresponde al marco de los presentes trabajos realizar una actualización de los datos contenidos en el Atlas geomorfológico.

Por otra parte, cabe reseñar que la propia naturaleza de la delimitación geomorfológica de llanuras de inundación hace que las actuaciones que modifican el cauce o el terreno no impliquen la conveniencia de elaborar nuevos estudios geomorfológicos sino que simplemente determina una menor validez de las llanuras de inundación obtenidas por esta técnica.
20. El estudio de vulnerabilidad de la EPRI es un análisis a gran escala que cubre todo el territorio de las Islas Baleares y el empleo de SIOSE, incluyendo tanto sus coberturas simples como las compuestas, aporta un grado de detalle más que suficiente para el objetivo que se busca: que es la detección de tramos de riesgo significativo de inundación. En entornos urbanos, las categorías que marca SIOSE son suficientemente adecuadas y precisas para "alertar" sobre la vulnerabilidad de esos entornos. Cabe recordar que SIOSE, además, es una fuente de información homogénea para todo el territorio Nacional, e integra la información procedente de PNOA, BCN25, SPOT-5, LANDSAT, Catastro y CLC. La homogeneización de esta información es imprescindible para desarrollar una metodología común y hacer posible la supervisión efectiva de los PGRI por la Comisión Europea y la mejora de la propia metodología en base a la experiencia de todos los organismos de cuenca de la Unión.

21. Al hilo de la respuesta anterior, se debe tener presente que el objeto del estudio de vulnerabilidad es la identificación de tramos ARPSI. El grado de detalle que ofrece la cobertura SIOSE es suficiente y adecuada para el objeto de estos trabajos.
22. La Memoria de la EPRI 2º expone de manera coherente, y con el suficiente grado de detalle, los procesos seguidos para las estimaciones de vulnerabilidad y peligrosidad y la consiguiente obtención del riesgo estimado. Por su parte, la Memoria del MAPRI 2º ciclo recopila, de manera completa y ordenada, las etapas seguidas para la generación de la cartografía de peligrosidad y riesgo, las cuales se apoyan en las Guías estatales anteriormente indicadas.
23. Se ha hecho una revisión de los modelos hidráulicos elaborados en el 1º ciclo para la generación de los mapas de peligrosidad y riesgo, analizándose la bondad de aspectos como: MDT empleado, mallado, rugosidad n de Manning, caudales, condiciones de contorno e iniciales, estructuras incorporadas y resultados obtenidos. Estos modelos han sido debidamente actualizados y modificados, cuando así ha sido requerido, y son los que se han empleado para la elaboración de los mapas de peligrosidad del 2º ciclo. Por su parte, la Memoria del MAPRI 2º ciclo explica la metodología seguida para la obtención de los mapas de peligrosidad y riesgo, explicando la naturaleza de la información cartográfica empleada, los estudios hidrológicos llevados a cabo y las características de los modelos hidráulicos contruidos.
24. El modelo hidráulico de Palma elaborado en el 1º ciclo carecía de estructuras y en el contexto de los trabajos de 2º ciclo se han incorporado todas las estructuras existentes consideradas críticas y cuya ausencia alteraría significativamente los resultados de la hidráulica de los torrentes modelizados. Se ha comprobado que las obras de drenaje transversal de las carreteras indicadas están contempladas en las modelizaciones.
25. Se han contemplado las llanuras de inundación geomorfológica, disponibles desde la DGRH, y se ha comprobado que estas llanuras se ajustan, o al menos están contenidas, dentro de las obtenidas por modelización hidráulica. No obstante, se incorporará en la Memoria del MAPRI 2º ciclo una mención al proceso realizado.
26. A priori las “aguas frecuentes del período de retorno de los 10 años” no tienen por qué quedar contenidas ni ceñirse a los límites de los cauces. La máxima crecida ordinaria (MCO) puede ser una primera aproximación a lo que supondría un caudal próximo al desbordamiento, en orden de magnitud, a nivel muy general y sin considerar particularidades. Por otro lado, el artículo 4 del Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA), en su definición de cauce, indica que el “cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias”. De acuerdo con la Guía SNCZI, los períodos de retorno (T) entre los que pueden encontrarse los caudales de MCO podrían estar comprendidos entre 1.5 y 7 años. Ya en los trabajos del 1º ciclo, se ha asociado la MCO a un período de retorno de 2.33 años, valor muy coherente dadas las características hidrológicas del entorno. Además, los desbordamientos que muestran las modelizaciones para T 10 años, hacen pensar que en el caso estudiado el período de retorno ligado a la MCO sea significativamente inferior a 10 años. En líneas

generales cabe recordar que, aun habiéndose obtenido el T asociado a la MCO de un cauce concreto, existirán múltiples factores que pueden provocar desbordamientos puntuales y/o generalizados, incluso para caudales inferiores a los ligados a la MCO. Según esto, las consideradas en la alegación como “lluvias frecuentes” probablemente estén ligadas a un período de retorno inferior a 10 años. En resumen, asumiendo la MCO como un estado próximo al desbordamiento, y que ésta se podría asociar a un $T = 2.33$ años; los caudales ligados a un $T = 10$ años necesariamente generarán desbordamientos.

Hecha esta reflexión, y entendiendo la complejidad de la hidráulica de cauces en entorno urbano y en un ámbito caracterizado por una hidrología irregular, como es el caso que se comenta, de acuerdo con el modelo actualizado del 2º ciclo, se aprecia que el problema mencionado no es local ni se ciñe al punto indicado, sino que los desbordamientos ocurren ya aguas arriba. Como puede observarse en las llanuras de inundación generadas en el 2º ciclo, las aguas desbordadas cruzan la Ma-15 por distintos puntos.

En relación con los números de Manning empleados en el modelo, éstos han sido revisados y responden a la metodología de asignación de valores de rugosidad n de Manning planteados en la Guía SNCZI. Por otro lado, cabe recordar que en los modelos hidráulicos para la estimación de avenidas no se contemplan habitualmente fenómenos de infiltración, los cuales, por otro lado, tienen un efecto mínimo en este tipo de situaciones. No obstante, los procesos de infiltración sí se han contemplado, a nivel de cuenca, en el cálculo de caudales (estudios hidrológicos).

En relación con la obra de drenaje que permite el paso del Torrent Gros bajo la Ma-15, ésta ha sido debidamente reflejada en el MDT del modelo. El tramo encauzado ha quedado debidamente representado por medio de líneas de rotura. Como se indicaba anteriormente, los desbordamientos ocurren en distintos puntos de la Ma-15 y proceden de aguas ya desbordadas desde puntos situados más al norte. Finalmente, también cabe recordar que, entendiendo la particular dinámica fluvial de los torrentes modelizados, que muchas veces están poco encajados, presentan amplias llanuras de inundación y están ligados a una hidrología muy irregular, las líneas de DPH no han variado respecto a las obtenidas en el 1º ciclo, en el que el que se dio más peso a criterios geomorfológicos y a los límites marcados por los encauzamientos existentes.

Por último, se considera oportuno comentar que, las aplicaciones de modelización hidráulica son herramientas de ayuda que tratan de representar procesos hidráulicos reales de alta complejidad por medio de simplificaciones, los resultados que se obtienen de ellos deben contemplarse como estimaciones, pero se deben entender como válidos si los datos de entrada son los adecuados.

27. De acuerdo con los mapas del 2º ciclo, el cauce del torrente indicado sí está incluido y, aunque se ve desbordado, contribuye en el transporte de escorrentía. Por otro lado, a pesar de la existencia de los muros indicados, el contorno no es completamente estanco dada la existencia de accesos perimetrales abiertos que permiten el paso de las aguas desbordadas. No obstante, se revisará la zona indicada por si fuera necesario realizar algún tipo de modificación.

28. En relación con los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación debidas al mar, como se indicó anteriormente, de acuerdo con el artículo 10.1 del Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión del riesgo de inundación, es la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio para la Transición Ecológica, el órgano competente para la elaboración de esta información. En tanto no se modifiquen las bases de datos que sirvieron para la elaboración de los dichos mapas durante la implantación del 1^{er} ciclo de la Directiva, se mantienen los mapas ya publicados en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, correspondientes al 1^{er} ciclo.

Como se expone en respuestas anteriores, los aspectos indicados vienen explicados en los apartados 3.3. Inundaciones debidas al mar, de la Memoria de la EPRI 2^{do} ciclo, y el capítulo 1. Antecedentes, de la Memoria del MAPRI 2^{do} ciclo.

29. Toda la información ligada a los documentos que integran el MAPRI de 2^{do} ciclo ha sido debidamente anunciada y expuesta a lo largo del período de consulta pública. Resulta interesante la propuesta de uso de los visores de zonas inundables disponibles con el objeto de facilitar, aún más, el acceso a la información durante los procesos de exposición pública. Finalizado el período de consultas, y una vez se aprueben los documentos que componen el MAPRI 2^{do} ciclo, se publicarán las capas e informaciones correspondientes usando los medios y canales habituales, centros de descarga y visores.

10 Documentación y bibliografía

- PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, 2007, DIRECTIVA 2007/60/CE relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación;
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO 2010, Real Decreto 903/2010, de evaluación y gestión de riesgos de inundación;
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2011). Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables;
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE, REAL DECRETO 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, EL REGLAMENTO DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, Y OTROS REGLAMENTOS EN MATERIA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales;
- MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (MITECO), 2019, Criterios de Revisión. Directiva Inundaciones – 2º Ciclo;
- MITECO, 2019, Propuesta de mínimos para la realización de los mapas de riesgo de inundación;
- Secretaria del Estado de Interior, 1995, Directriz Básica de planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones;
- Dirección General de Recursos Hídricos, 2007, Càlcul dels cabals d'avinguda de les Illes Balears;
- MINISTERIO DE FOMENTO, Orden FOM/298/2016, Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial;
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), 2021, Climatología, hidrología y drenaje;
- EXCIMAP, 2007, Handbook on good practices for flood mapping in Europe;
- FEMA, USA 2001, GUÍA 2: Understanding your risks: identifying hazards and estimating losses;
- Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears (PLATERBAL);
- Decret 40/2005, de 22 d'abril, pel qual s'aprova el Pla especial per fer front al risc d'inundacions;

- Consejería de Interior, Comunidad Autónoma Islas Baleares 2005, Plan Especial para hacer frente al Riesgo de Inundaciones (INUNBAL);
- Dirección General de Recursos Hídricos, Comunidad Autónoma Islas Baleares 2002 Atlas de delimitación geomorfológica de las redes de drenaje y llanuras de inundación de las Islas Baleares;
- Ven te Chow, Maidment, D.R and Mays, L.W. (1994), Hidrología Aplicada;
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, Documento Técnico VI del IPCC;
- CCS-MAPAMA (2017), Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones.

ANEXOS