

ANEJO 3

JUSTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS ESTRUCTURALES DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN

OCTUBRE 2021

Índice

1	Minimización de los riesgos de inundación y desbordamiento del Torrent de Ses Planes.....	1
1.1	Área de actuación.....	1
1.2	Necesidad de intervención.....	2
1.3	Estudio de alternativas.....	3
1.4	Estudio de afección a masas de agua de la DMA.....	5
1.5	Estudio de afección a espacios Red Natura.....	6
1.6	Análisis coste-beneficio de la medida.....	6
2	Minimización de los riesgos de inundación y desbordamiento del Torrent Gros.....	8
2.1	Área de actuación.....	8
2.2	Necesidad de intervención.....	9
2.3	Estudio de alternativas.....	10
2.4	Estudio de afección a masas de agua de la DMA.....	11
2.5	Estudio de afección a espacios Red Natura.....	11
2.6	Análisis coste-beneficio de la medida.....	11
3	Minimización de los riesgos de inundación y desbordamiento del Torrent de Na Bàrbara.....	12
3.1	Área de actuación.....	12
3.2	Necesidad de Intervención.....	13
3.3	Estudio de alternativas.....	13
3.4	Estudio de afección a masas de agua de la DMA.....	14
3.5	Estudio de afección a espacio Red Natura.....	14
3.6	Análisis coste-beneficio de la medida.....	14

Apéndices

Apéndice 1: Metodología aplicada para el cálculo de la influencia probable del cambio climático en el riesgo de inundación fluvial y pluvial

1 Minimización de los riesgos de inundación y desbordamiento del Torrent de Ses Planes

1.1 Área de actuación

El ámbito de esta actuación se centraría en el término municipal de Sant Llorenç des Cardassar, concretamente en los torrentes de Ses Planes y Sa Blanquera y sus cuencas.

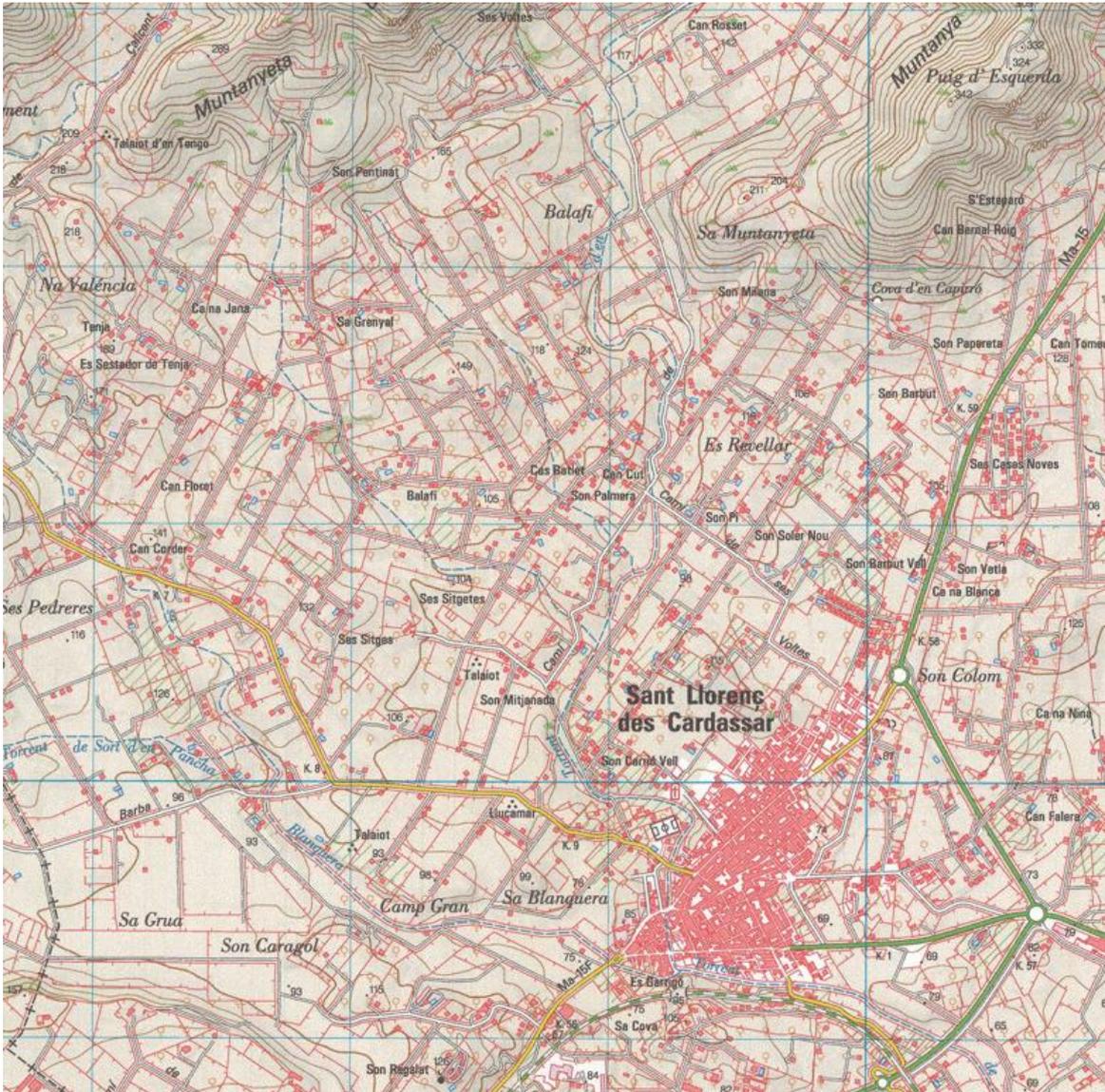


Figura 1. Sant Llorenç des Cardassar. Fuente MTN25 IGN.

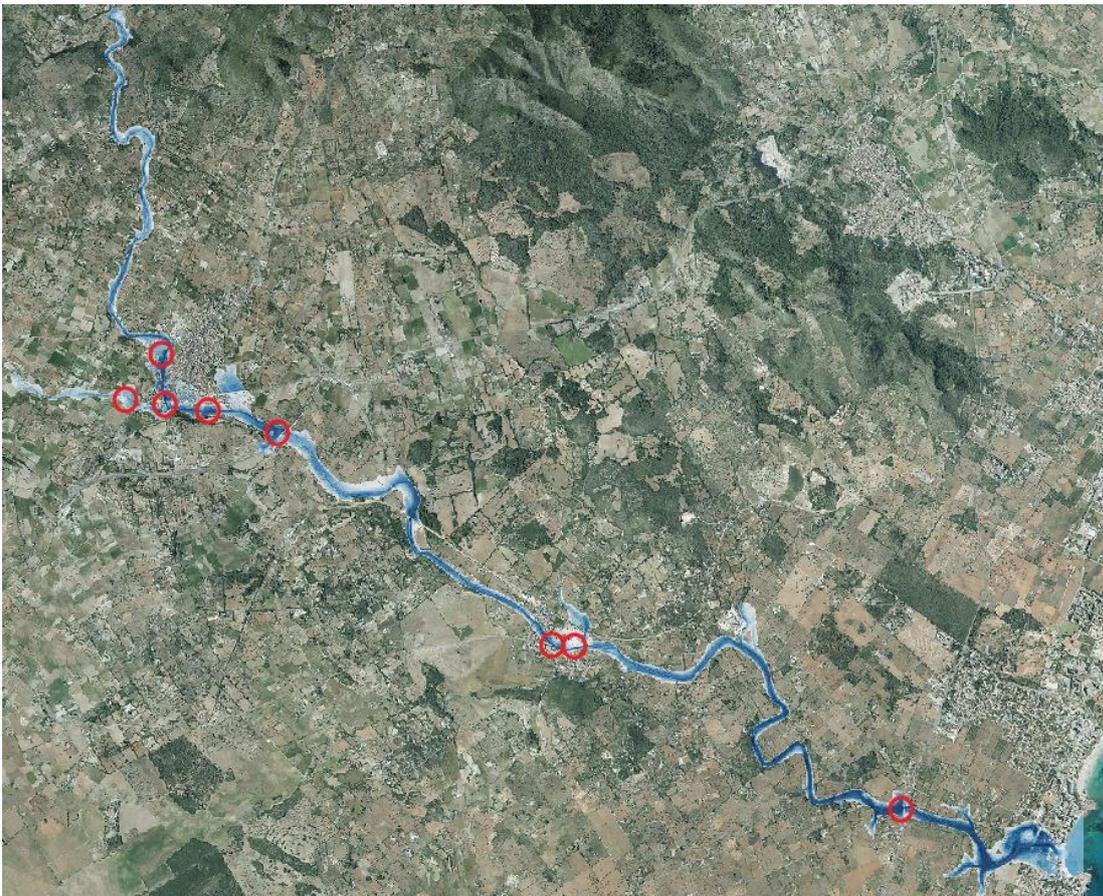
Se prevé que la mayor parte del ámbito donde se desarrollarán los trabajos será suelo rústico, pudiéndose también actuar en algunas zonas urbanas del núcleo de Sant Llorenç junto al cauce actual. En todo caso las actuaciones se desarrollarán en el tramo ARPSI ES110_ARPSI_01581 y en las zonas ubicadas aguas arriba y aguas abajo del mismo.

1.2 Necesidad de intervención

El Torrent de Ses Planes tiene una cuenca muy extensa, con una geometría y unas pendientes que propician avenidas muy intensas con tiempos de concentración relativamente cortos. Adicionalmente al caudal de esa cuenca rápida se le suma el caudal procedente del Torrent de Sa Blanquera que se incorpora en la parte baja del casco urbano creando una zona de desbordamiento grave cuando se supera la capacidad hidráulica del encauzamiento.

Históricamente y tal como se recoge en el documento de *Revisión y actualización de la EPRI de segundo ciclo*, la población de Sant Llorenç ha sufrido 26 inundaciones desde que se tienen registros, de las cuales 6 han acontecido durante el periodo 2007-2019. Cabe señalar que la configuración de la cuenca y del cauce actuales son muy semejantes a las que se han dado durante este período.

El último episodio de gran magnitud acontecido en el municipio de Sant Llorenç tuvo lugar el 9 de octubre de 2018 cuando se produjo un episodio de lluvias muy intensas en el levante mallorquín que causó graves inundaciones afectando a un gran número de vecinos de la comarca. Este evento concluyó con la pérdida de vidas humanas, así como con la destrucción de bienes públicos y privados que comportaron unos costes de reparación aún por cuantificar definitivamente pero que exceden de los 17 millones de euros.



Del análisis de calados generados con el modelo hidráulico se ha obtenido una colección de puntos que deberán ser analizados a la hora de evaluar la necesidad de

introducir mejoras complementarias a las alternativas de estudio. Los puntos de especial atención se sitúan en las diversas obras de paso del núcleo de Sant Llorenç, bajo la Ma-15, en el núcleo urbano de Son Carriò y la obra de paso ubicada en la Ma-4023.



Figura 2 Puntos de intervención prioritaria

1.3 Estudio de alternativas

Las alternativas a considerar se basarán en el “Estudio previo de soluciones para el riesgo de inundación en el núcleo urbano de Sant Llorenç des Cardassar” cuyo objetivo era orientar a la Dirección General de Recursos Hídricos sobre las medidas a adoptar para asegurar la protección del núcleo urbano de Sant Llorenç sin incrementar el riesgo aguas debajo del núcleo urbano de Sant Llorenç.

Sin embargo, las alternativas aún se encuentran en fase de desarrollo, dentro de las posibles opciones que se valorarán a la hora de evaluar la minimización de los riesgos de inundación podrán ser las siguientes:

La alternativa 1 consiste en realizar un desvío del cauce urbano actual, por otro trazado en suelo no urbano, con el fin de minimizar el riesgo en la zona urbana.

El desvío se podría realizar de dos formas:

La alternativa 1.1, previa a la llegada del cauce al núcleo se realizará un desvío mediante un canal que posteriormente reconectará con el cauce a la salida del núcleo urbano. Adicionalmente se propone realizar una ampliación del tramo encauzado

existente del torrente de Sa Blaquera en la zona de conexión. El periodo de retorno a estudiar será de 500 años.

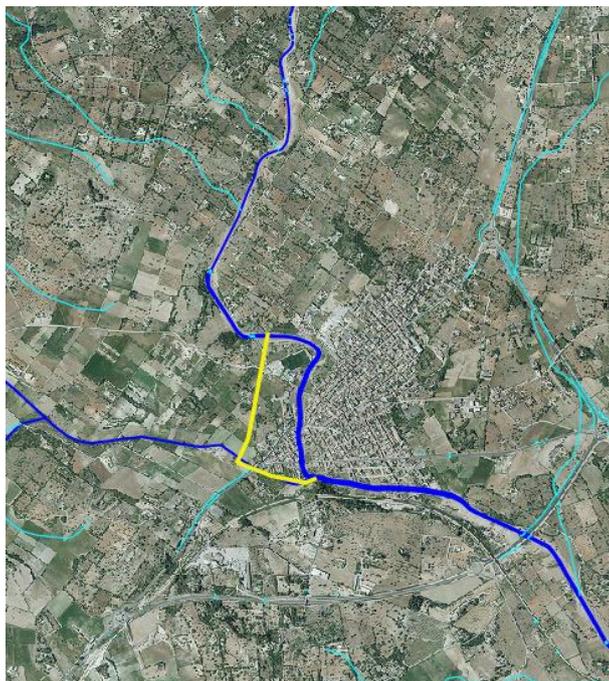


Figura 3. Alternativa 1.1.

La alternativa 1.2, antes de la llegada del cauce al núcleo se propone un desvío mediante un canal que posteriormente reconectará con el cauce con la zona de laminación Ma-15, el periodo de retorno a estudiar será de 500 años.

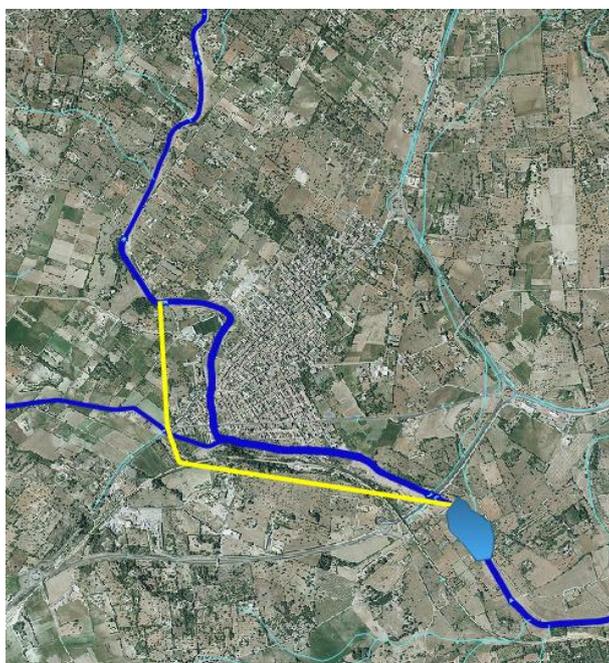


Figura 4. Alternativa 1.2.

La alternativa 2 es una ampliación de la alternativa 1: adicionalmente al desvío del cauce, se propone realizar diversas zonas amplias de laminación a fin de ajustar la

capacidad del desagüe del torrente en el interior del casco urbano. De nuevo, el periodo de retorno evaluado es de 500 años.

Se propone un sistema formado por 4 zonas de laminación, la prima zona de laminación "CSP" se situará aguas arriba del núcleo urbano en el Torrent de Ses Planes, mientras que en el torrente de Sa Blanquera se ubicarán dos zonas de laminación denominadas "CSB" y "SL", por último, se ubicará una zona de laminación en la Ma-15, situada aguas abajo del núcleo de Sant Llorenç, con el objetivo de no aumentar el riesgo en los núcleos urbanos de Son Carriò y S'Illot y se analizará la ampliación o sustitución de las obras de paso con capacidad insuficiente en los cruces de vías aguas debajo de esta última zona de laminación.

La alternativa 3 consistiría en la ampliación del cauce actual, de modo que este sea capaz de albergar la inundación para un periodo de retorno de 500 años, sin embargo, dicha alternativa cuenta con una serie de inconvenientes tales como que el cauce presenta poca pendiente, las viviendas colindantes al torrente se verán afectadas por la ampliación, además de que se tendrán que reponer un gran número de obras de fábrica presentes en el entramado urbano.

Las alternativas previamente mencionadas serán valoradas mediante un análisis de coste-beneficio a fin de determinar la conveniencia de actuar y, en su caso, escoger aquella que aporta un beneficio mayor en relación a la inversión necesaria.

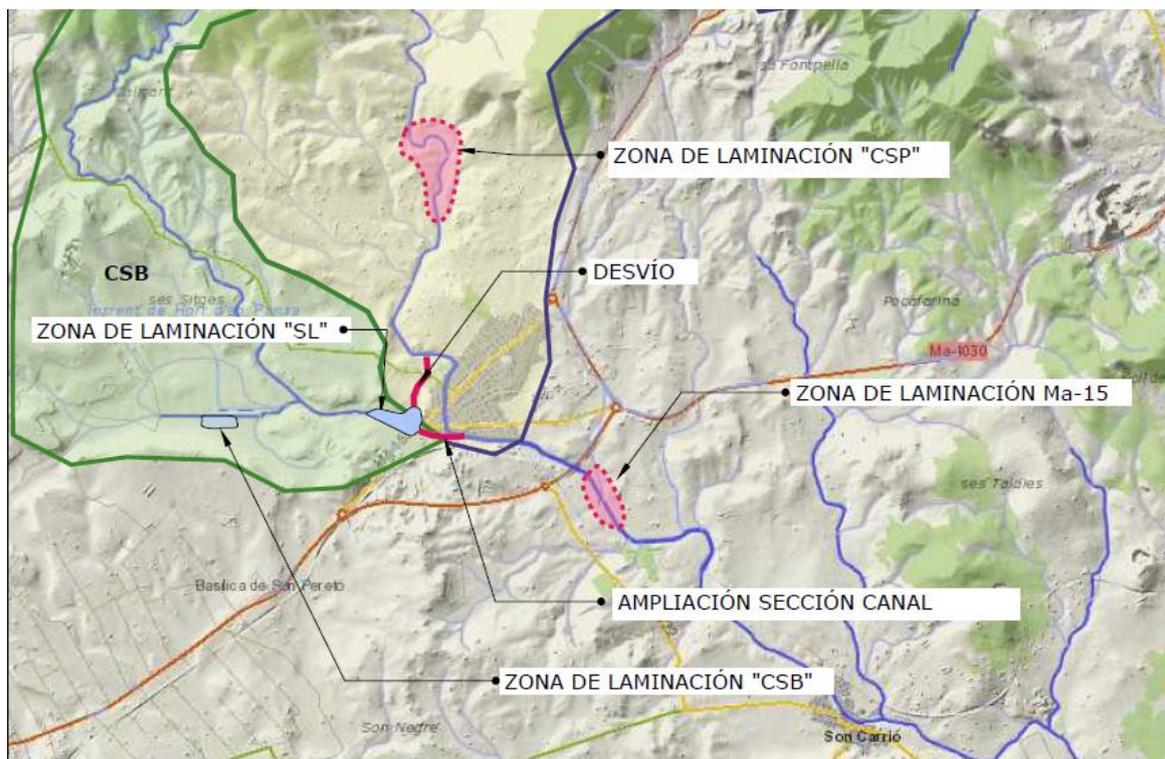


Figura 5. Alternativa 2.

1.4 Estudio de afección a masas de agua de la DMA

Las posibles masas de agua que, por motivos de proximidad, podrían verse afectadas por la realización de esta actuación serían:

- Masas de agua categoría río: 11015801
- Masas de agua subterránea: 1817M4, 1817M3 y 1818M2

1.5 Estudio de afección a espacios Red Natura

La ejecución de estas actuaciones no prevé que afecte a ninguna zona protegida por la Red Natura 2000.

Si bien en la parte alta de la cuenca encontramos el Àrea Natural d'Espècial Interès (ANEI) denominada como Calicant y un Àrea Rural d'Interès Paisatgístic (ARIP) recogidas en las Áreas de Especial Protección de las Illes Balears por la Llei 1/1991, de 30 de enero, de espacios naturales y de régimen urbanístico de las áreas de Especial Protección de les Illes Balears; las actuaciones contempladas no afectan a ninguna de estas dos áreas.

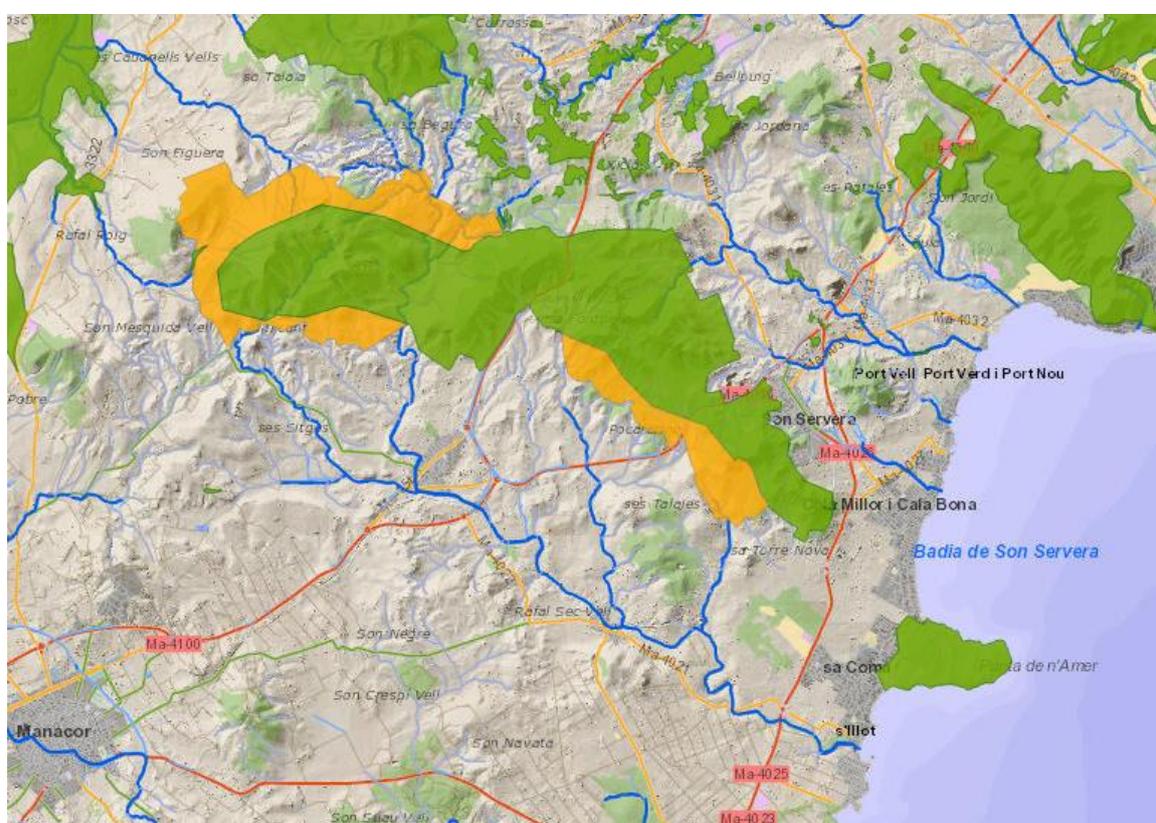


Figura 6. Zonas ANEI (verde) y ARIP (naranja) en la cuenca.

1.6 Análisis coste-beneficio de la medida

De la alternativa 1 se espera reducir los daños en la zona urbana de Sant Llorenç, aunque existe la posibilidad de que aumenten los daños en el núcleo Son Carriò y levemente en S'illot, en este último se espera que se los daños aumenten muy poco dada la distancia existente entre Sant Llorenç y S'illot.

Mientras que de la alternativa 2 se espera reducir el riesgo de inundación en Sant Llorenç, a la vez que en los núcleos de Son Carriò y S'illot y el riesgo de desbordamiento de las obras de paso.

Puesto que entre los daños registrados en el último evento de inundación importante se cuenta la pérdida de vida humanas, se considera necesario ejecutar alguna actuación que presumiblemente corresponderá a una combinación de las dos primeras alternativas expuestas.

Dado que el estudio de alternativas se encuentra en fase de desarrollo, no es posible ofrecer por el momento un análisis de coste-beneficio de la medida. Sin embargo, se ha realizado una valoración de los daños anuales esperados, en situación actual, de acuerdo con la metodología del análisis de coste-beneficio. El Daño Anual Esperado se calcula con la metodología explicada en el Apéndice y no se corresponde con los daños para ningún periodo de retorno en concreto si no con una ponderación de los daños para diferentes periodos de retorno teniendo en cuenta la probabilidad de superación de los caudales correspondientes. Al ser este valor anual de 21,849,426.42 € y el coste estimado de la actuación de 25,000,000€ se prevé que la medida quedará justificada cuando se concluya el análisis de coste-beneficio. La aceptación de la medida queda condicionada a esta justificación

Como resumen del análisis de daños, se muestra la siguiente tabla:

Daño anual esperado	21,849,426.42 €
Daño periodo de retorno 10 años	34,533,364.35 €
Daño periodo de retorno 100 años	83,870,613.53 €
Daño periodo de retorno 500 años	107,625,167.27 €

Tabla 1. Análisis de daños.

2.2 Necesidad de intervención

Históricamente y tal como se recoge en el documento de *Revisión y actualización de la EPRI de segundo ciclo*, el municipio de Palma ha sufrido 116 inundaciones, desde que se tienen registros, de las cuales 23 han acontecido durante el periodo 2007-2019, mientras que en el municipio de Marratxí se han registrado 26 episodios, de los cuales 17 han ocurrido en el periodo 2007-2019.

Los tramos ARPSI ES110_ARPSI_01302 y ES110_ARPSI_01291 discurren por el término municipal de Palma, y los tramos ES110_ARPSI_01302 y ES110_ARPSI_01301 lo hacen por el término municipal de Marratxí, de modo que el tramo ARPSI correspondiente al Torrent Gros (ES110_ARPSI_01302) actúa, en gran parte, como frontera entre los dos términos municipales.



Figura 8 Punto de intervención prioritaria

Del análisis del ráster de calados obtenido tras la simulación hidráulica se ha obtenido un punto clave que será prioritario a la hora de actuar, y se corresponde con la obra de fábrica ubicada en la carretera de Lluçmajor. También se considera prioritario el acondicionamiento del cauce en el tramo que va desde el cruce con la carretera de Sineu y la desembocadura.

2.3 Estudio de alternativas

Las alternativas aún se encuentran en fase de desarrollo, sin embargo, dentro de las posibles alternativas que se podrán valorar a la hora de evaluar la minimización de los riesgos de inundación podrán ser las siguientes:

- En los tramos donde la geometría no se vea severamente constreñida se estudiará regularizar la traza actual del torrente con una sección teórica central que pueda desaguar las lluvias para un periodo de retorno de 10 años, ejecutándose el lecho del encauzamiento de un material con bajo coeficiente de rugosidad, así mismo se ejecutarán unos muros laterales de un material con bajo coeficiente de rugosidad para el canal central. Posteriormente en los laterales existirán dos bermas que desaguarán para periodo de retorno de 100 años y otras más exteriores que desaguarán un periodo de retorno de 500 años. Las bermas descritas tomarán en consideración la zona de flujo preferente, así como los servicios existentes, edificaciones, obras de fábrica, etc.
- En los tramos donde la geometría se vea constreñida por la trama urbana o las infraestructuras existentes de modo que no sea posible una solución como la descrita en el punto anterior se estudiará regularizar la traza actual del torrente con una sección teórica que pueda desaguar las lluvias para un periodo de retorno de 500 años, ejecutándose el lecho del encauzamiento de un material con bajo coeficiente de rugosidad y se ejecutarán unos muros laterales de un material con bajo coeficiente de rugosidad.
- Para las obras de fábrica se prevé adoptar una sección teórica que pueda desaguar las lluvias para un periodo de retorno de 500 años, ejecutándose el lecho y los muros cajeros del encauzamiento de un material con bajo coeficiente de rugosidad y se respetará un resguardo adecuado para la obra de paso. Se realizarán los tramos de embocadura y desembocadura pertinentes para conectar las obras de fábrica a los tramos correspondientes aguas arriba y aguas debajo de acuerdo con la geometría de cada tramo.
- Se estudiará la posibilidad de generar zonas de laminación, principalmente en cabecera y parte alta de la cuenca, para rebajar el caudal punta de las avenidas de 500 años de período de retorno estadístico.

Se prevé que la medida resultante del análisis de estas alternativas se desarrolle mediante las siguientes actuaciones:

Actuaciones en el torrente Gros (aguas arriba de la carretera vieja de Sineu)	19,99 M€
Mejora del cauce y adecuación de la ribera del Torrente Gros, en el tramo entre la carretera de Manacor y la carretera vieja de Sineu. T.M. Palma	2 M€
Adecuación del cauce y entorno del Torrent Gros para la restauración ecosistémica y mitigación del riesgo de inundación en el Tramo IV, entre la Ma-15 y el entronque del tramo de la Depuradora Palma II	3 M€
Mitigación del riesgo de inundación del Torrent Gros en el Tramo III, colindante a la Depuradora Palma II.	1 M€

Restauración del espacio fluvial del Torrent Gros en el Tramo II, entre la Ma-19 y la antigua carretera de Lluçmajor; actuaciones en cauce y ribera basadas en la naturaleza para la restauración del ecosistema y mitigación del riesgo de inundación	15 M€
Reordenación de márgenes del Torrent Gros en el Tramo I y mejora de drenaje en el cruce con antigua carretera de Lluçmajor para la mitigación del riesgo de inundación en la zona urbana de Ciudad Jardín	7,5 M€

2.4 Estudio de afección a masas de agua de la DMA

Las posibles masas de agua que, por motivos de proximidad, podrían verse afectadas por la realización de esta actuación serían:

- Masas de agua subterránea: 1814M2, 1814M3, 1814M4

2.5 Estudio de afección a espacios Red Natura

No se prevé que la actuación afecte a ninguna zona protegida por la Red Natura 2000.

2.6 Análisis coste-beneficio de la medida

Dado que el estudio de alternativas se encuentra en fase de desarrollo, no es posible ofrecer por el momento un análisis de coste-beneficio de la medida. Sin embargo, se ha realizado una valoración de los daños anuales esperados, en situación actual, de acuerdo con la metodología del análisis de coste-beneficio. El Daño Anual Esperado se calcula con la metodología explicada en el Apéndice y no se corresponde con los daños para ningún periodo de retorno en concreto si no con una ponderación de los daños para diferentes periodos de retorno teniendo en cuenta la probabilidad de superación de los caudales correspondientes. Al ser este valor anual de 42,862,367.62 € y el coste estimado de la actuación de 50,000,000€ se prevé que la medida quedará justificada cuando se concluya el análisis de coste-beneficio. La aceptación de la medida queda condicionada a esta justificación

Como resumen del análisis de daños, se muestra la siguiente tabla:

Daño anual esperado	42,862,367.62 €
Daño periodo de retorno 10 años	3,917,876.13 €
Daño periodo de retorno 100 años	720,679,250.53 €
Daño periodo de retorno 500 años	934,955,943.91 €

Tabla 2. Análisis de daños.

3 Minimización de los riesgos de inundación y desbordamiento del Torrent de Na Bàrbara

3.1 Área de actuación

El ámbito de esta actuación comprende el Torrent de Na Bàrbara y su cuenca y previsiblemente las actuaciones a realizar quedarán comprendidas en el término municipal de Palma.



Figura 9. Núcleo urbano de Palma de Mallorca. Fuente MTN25 IGN.

Los trabajos englobados en la presente actuación podrán desarrollarse principalmente entre un kilómetro aguas arriba del cruce del este cauce con la carretera Ma-2110 de Palma a Valldemossa hasta su desembocadura, dichas actuaciones acontecen tanto en suelo rústico, como en suelo urbano, en el tramo ARPSI ES110_ARPSI_01291, todo ello sin perjuicio de posibles actuaciones en los afluentes de la cuenca vertiente

3.2 Necesidad de Intervención

Históricamente y acorde a la revisión y actualización de la EPRI de segundo ciclo, el municipio de Palma ha sufrido 116 inundaciones, desde que se tienen registros, de las cuales 23 han acontecido durante el periodo 2007-2019.

Si bien el ámbito de influencia del Torrent Gros ES110_ARPSI_01302 se sitúa tanto entre términos municipales de Palma y Marratxí, el tramo ARPSI ES110_ARPSI_01291 correspondiente al Torrent de Na Bàrbara discurre íntegramente por el municipio de Palma.

Del análisis de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo para este torrente se pueden extraer cinco tramos de intervención prioritaria (correspondientes al cruce con la Ma-11, con la carretera vieja de S'Indioteria, con el ferrocarril de Inca, al tramo urbano de Es Rafal Vell y con la Ma-20) que se identifican en las imágenes siguientes. Se considera que el más prioritario es el correspondiente al cruce con la carretera vieja de S'Indioteria.

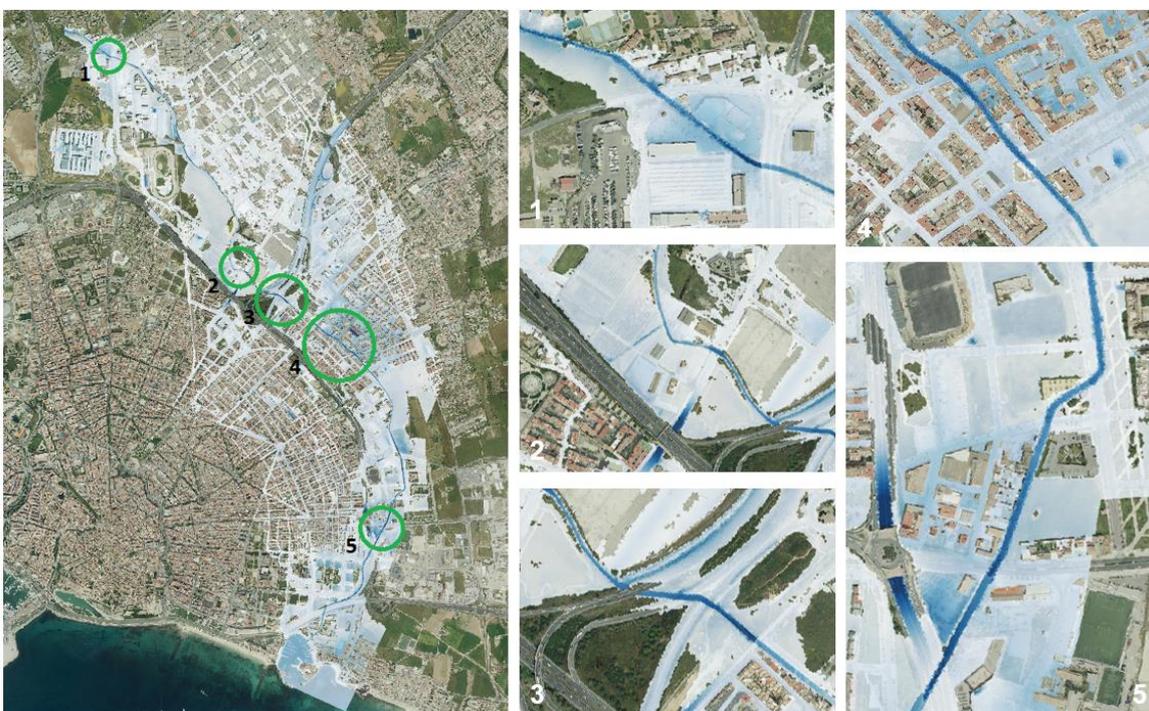


Figura 10 Puntos de intervención prioritaria

3.3 Estudio de alternativas

Las alternativas aún se encuentran en fase de desarrollo, sin embargo, dentro de las posibles alternativas que se podrán valorar a la hora de evaluar la minimización de los riesgos de inundación podrán ser las siguientes:

- Se estudiará regularizar la traza actual del torrente con una sección teórica que pueda desaguar las lluvias para un periodo de retorno de 500 años, ejecutándose el lecho del encauzamiento de un material con bajo coeficiente de rugosidad y se ejecutarán unos muros laterales de un material con bajo coeficiente de rugosidad.

- Para las obras de fábrica se prevé adoptar una sección teórica que pueda desaguar las lluvias para un periodo de retorno de 500 años, ejecutándose el lecho y los muros cajeros del encauzamiento de un material con bajo coeficiente de rugosidad y se respetará un resguardo adecuado para la obra de paso. Se realizarán los tramos de embocadura y desembocadura pertinentes para conectar las obras de fábrica a los tramos correspondientes aguas arriba y aguas debajo de acuerdo con la geometría de cada tramo.
- Se estudiará la posibilidad de generar zonas de laminación, principalmente en cabecera y parte alta de la cuenca, para rebajar el caudal punta de las avenidas de 500 años de período de retorno estadístico.

3.4 Estudio de afección a masas de agua de la DMA

Las posibles masas de agua que, por motivos de proximidad, podrían verse afectadas por la realización de esta actuación serían:

- Masas de agua subterránea: 1814M2, 1814M3, 1814M4

3.5 Estudio de afección a espacio Red Natura

No se prevé que la actuación afecte a ninguna zona protegida por la Red Natura 2000.

3.6 Análisis coste-beneficio de la medida

Dado que el estudio de alternativas se encuentra en fase de desarrollo, no es posible ofrecer por el momento un análisis de coste-beneficio de la medida. Sin embargo, se ha realizado una valoración de los daños anuales esperados, en situación actual, de acuerdo con la metodología del análisis de coste-beneficio. El Daño Anual Esperado se calcula con la metodología explicada en el Apéndice y no se corresponde con los daños para ningún periodo de retorno en concreto si no con una ponderación de los daños para diferentes periodos de retorno teniendo en cuenta la probabilidad de superación de los caudales correspondientes. Al ser este valor anual de 123,117,511.31 € y el coste estimado de la actuación de 15,000,000€ se prevé que la medida quedará justificada cuando se concluya el análisis de coste-beneficio. La aceptación de la medida queda condicionada a esta justificación

Como resumen del análisis de daños, se muestra la siguiente tabla:

Daño anual esperado	123,117,511.31 €
Daño periodo de retorno 10 años	138,941,761.35 €
Daño periodo de retorno 100 años	946,995,521.76 €
Daño periodo de retorno 500 años	1,323,093,145.09 €

Tabla 3. Análisis de daños.