

# ADAPTACIÓN AL RIESGO DE INUNDACIÓN

## RESILIENCIA DE LOS NÚCLEOS URBANOS

### CASO PILOTO

---

### FRAGA (HUESCA)



Noviembre 2019

## ÍNDICE

---

### 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Problemática
- 1.2. Antecedentes
- 1.3. Contexto

### 2. DIAGNÓSTICO

- 2.1. Peligrosidad por inundación fluvial
- 2.2. Inventario de redes, sistemas urbanos y otras infraestructuras
- 2.3. Evaluación de la resiliencia del núcleo urbano frente a la inundación

### 3. PROPUESTA DE ACTUACIONES PARA EL AUMENTO DE LA RESILIENCIA

- 3.1. Reordenación de usos en las zonas con mayor riesgo de inundación
- 3.2. Mejora de la percepción del riesgo
- 3.3. Planes de autoprotección
- 3.4. Adaptación de redes
- 3.5. Adaptación de elementos lineales
- 3.6. Adaptación de edificios públicos
- 3.7. Adaptación de viviendas
- 3.8. Sistemas urbanos de drenaje sostenible e infraestructura verde y azul

### 4. POSIBLES FUENTES DE FINANCIACIÓN DE ESTRATEGIAS INTEGRALES

### 5. VALORACIÓN ECONÓMICA

### 6. ANEXOS

## 1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son fenómenos de origen natural cuyo impacto se puede mitigar considerablemente si se siguen las medidas adecuadas. Es necesario aprender de cada evento y estar preparados para el siguiente, aplicando medidas de reducción del riesgo para minimizar al máximo posible los daños provocados por el agua. La Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, de 23 de octubre de 2007, relativa a la “Evaluación y la gestión de los riesgos de inundación”, y su trasposición al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, tienen ese objetivo.

La herramienta clave de la Directiva son los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI). Dentro de las actuaciones incluidas en el “Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España” (Plan PIMA Adapta) se encuentra la implantación de dichos PGRI en materias coordinadas con la adaptación al cambio climático, estableciendo las metodologías, herramientas y análisis necesarios. En este contexto, la Dirección General del Agua (DGA) del Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) ha desarrollado, entre otras, la guía de “Evaluación de la resiliencia de los núcleos urbanos frente al riesgo de inundación”. El presente documento constituye la aplicación de los conceptos de esta guía al núcleo urbano de Fraga, ubicado en el extremo sureste de la provincia de Huesca, en el último tramo del Valle del Cinca, y cuya población actual es de 14.979 habitantes (INE, 2018).



Fig. 01: Río Cinca a su paso por Fraga durante la inundación fluvial de 1982. José Luis N.B.

### 1.1. Problemática

El caso de Fraga es un ejemplo de ocupación de la llanura de inundación. Un alto porcentaje de su casco urbano está situado en zona de flujo preferente y en zona inundable para T=500, y está sujeto por lo tanto a las nuevas restricciones que se desprenden del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, con alcance estatal. En total, se incluye una superficie de alrededor de 3 km<sup>2</sup>, que afecta a la práctica totalidad del barrio de Las Afueras, donde se concentra el mayor número de viviendas, equipamientos y superficies comerciales (Heraldo de Aragón, 2017).



El objetivo de este caso piloto es identificar los daños directos e indirectos que una inundación puede causar en Fraga y su entorno, de forma que se puedan realizar acciones de adaptación que ayuden a mejorar la resiliencia urbana ante inundaciones, así como mitigar el riesgo de inundación mediante buenas prácticas y desde una perspectiva de gestión integrada.

### 1.2. Antecedentes

Fraga ha registrado varios episodios extraordinarios a lo largo del siglo XX asociados a lluvias torrenciales en los meses de otoño. El desbordamiento del Cinca en octubre de 1907, cuando la población aún se concentraba en la margen izquierda, afectó gravemente a las huertas en la margen derecha, generando graves pérdidas en los cultivos, principal riqueza de la región (ABC, 1907). En noviembre de 1982, otro evento extraordinario inundó el barrio de Las Afueras, afectando a viviendas y locales comerciales, así como la zona agrícola. Se registró un caudal aproximado de 4.000 metros cúbicos (El País, 1982).



Fig. 02: Casco urbano de Fraga durante la inundación fluvial de 1982. Enric Filella.

Recientemente se han registrado varios eventos de menor envergadura. En junio de 2010 tuvo lugar un episodio de inundación que alcanzó los 500 m<sup>3</sup>/s y provocó el desbordamiento del río en el parque fluvial, zona verde concebida con esta finalidad. En junio de 2013 se alcanzaron los 700 m<sup>3</sup>/s, anegando de nuevo el parque inundable. Como medidas preventivas, se habilitó un protocolo de emergencia, se procedió al cierre de las acequias y se acordonó la zona de acceso al río. La última avenida tuvo lugar el 30 de abril de 2018 y alcanzó una magnitud similar a la del año 2010, provocando pequeños desbordamientos en las zonas inundables como el parque fluvial, el azud y la balsa (Heraldo de Aragón, 2010, 2013, 2018).

### 1.3. Contexto

- **Marco geográfico**

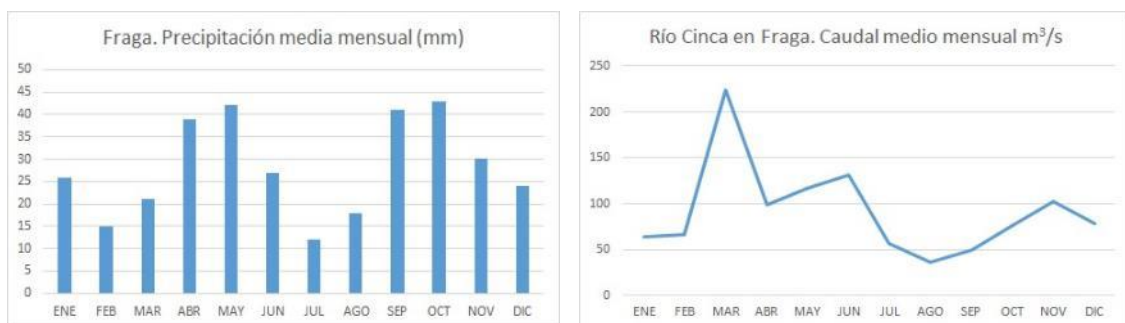


Fig. 03: Pluviograma de Fraga. AEMET. Hidrograma del Cinca en Fraga. Instituto Geográfico Nacional.

Fraga se sitúa a 118 metros de altitud sobre el nivel del mar y su clima es de tipo mediterráneo-continental, con una temperatura media anual es de 14,7°C. Su régimen pluvial se caracteriza por precipitaciones estacionales y torrencialidad esporádica. La precipitación media anual es de 384 mm. El régimen fluvial del río Cinca a su paso por Fraga es de tipo pluvionival: a medida que se aleja de la montaña, sus aportes dependen menos de la nieve y más de la lluvia. Presenta un máximo en primavera, debido a la coincidencia entre la fusión de la nieve y las precipitaciones importantes, y un mínimo en verano, marcado por la sequía estival.

Las avenidas son la respuesta a situaciones de elevada precipitación y a procesos de deshielo. Son necesarias para el correcto funcionamiento del río y aportan enormes beneficios a los ecosistemas y a la sociedad, al renovar el cauce y enriquecer la llanura de inundación. El espacio del río ha sido tradicionalmente respetado: las llanuras eran enriquecidas por las sucesivas crecidas, que aportaban una fértil capa de sedimentos y nutrientes, permitiendo su aprovechamiento para los usos hortícolas. Sin embargo, los avances técnicos y la aparición de nuevos intereses han llevado a una nueva relación con el río basada en el intento de ocupar su espacio y dominar la dinámica fluvial, proceso que Fraga inicia en la segunda mitad del siglo XX. En la actualidad, la ciudad se divide en dos partes: el casco histórico y el barrio de Las Afueras, que corresponde a la parte construida en la margen derecha del Cinca. Existen además dos barrios periféricos: Miralsot y Litera, que cuentan con unos 280 y 150 vecinos respectivamente.

La actividad principal de la ciudad y la comarca circundante es la agricultura. Como cabeza de Partido Judicial y centro de la Comarca del Bajo Cinca, es importante el sector servicios, que emplea a un tercio de la población. Enclave de comunicaciones entre los ejes Madrid-Zaragoza-Barcelona por medio de la carretera N-II, y Bilbao-Zaragoza-Barcelona a través de la autopista del Ebro, Fraga ha sabido aprovechar en los últimos años su localización estratégica, desarrollando en el barrio de Litera la Plataforma Logística de Fraga y atrayendo un número creciente de inversiones.



Fig. 04: Comparativa MTN-50 Edición 1930 y MTN-50 Edición 2009. Instituto Geográfico Nacional.



Fig. 05: Comparativa Vuelo Americano Serie B 1956-1957 y Vuelo PNOA 2015. Instituto Geográfico Nacional.



- **Marco normativo**

- **La Directiva 2007/60/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, tiene por objetivo “establecer un marco para la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, destinado a reducir las consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, asociadas a las inundaciones”. Por ello, exige que todos los Estados miembros cuenten con cartografía de peligrosidad y de riesgos de inundación, herramientas tanto para la gestión del riesgo como para la ordenación territorial en general. A su vez, la Directiva Hábitats y la Directiva Marco del Agua ofrecen un amplio escenario de sinergias y complementariedad con esta. A través de la Directiva Hábitats, la Red Natura 2000 incluye en su listado de Lugares de Interés Comunitario a los “Ríos Cinca y Alcanadre” bajo el código ES2410073, y a través de la Directiva Marco del Agua se delimita el espacio correspondiente a la masa de agua subterránea “Aluvial del Cinca” bajo el código 091.060.

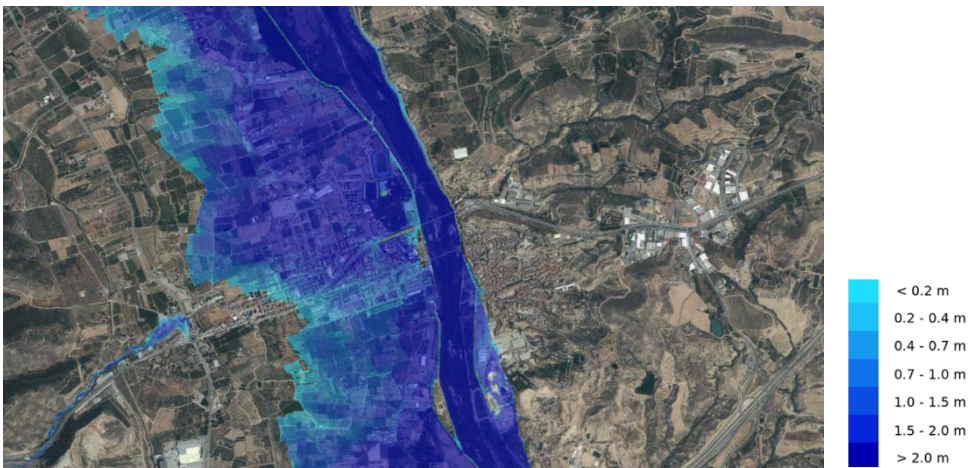


Fig. 06: Fraga: Peligrosidad T=500. SNCZI. Ministerio para la Transición Ecológica.

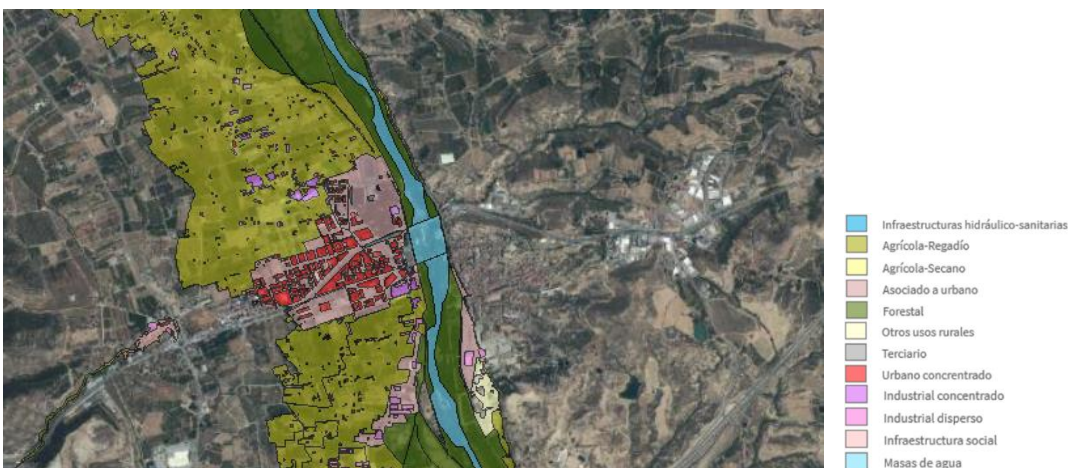


Fig. 07: Fraga: Riesgo a las actividades económicas T=500. SNCZI. Ministerio para la Transición Ecológica.

- **El Real Decreto 903/2010, de 9 de julio**, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, es la transposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva 2007/60/CE. Especifica las características generales que deberán tener los mapas de peligrosidad y de riesgos de inundación, y establece cuál debe ser el contenido de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRIs). Asimismo, delimita dos figuras clave en la legislación hidráulica: la zona de flujo preferente y la zona inundable.



Fig. 08: Fraga: Zona de flujo preferente y Zona inundable. SNCZI. Ministerio para la Transición Ecológica.

- **Los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI)** son los documentos de referencia para la administración y la sociedad en general en la gestión de avenidas, y suponen la última fase de implantación de la Directiva 2007/60/CE. Su objetivo es lograr una actuación coordinada para reducir las consecuencias negativas de las inundaciones, a partir de los programas de medidas que cada una de las administraciones debe aplicar en el ámbito de sus competencias.

- **El Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre**, por el que se modifican, entre otros, el Reglamento del Dominio Público Hidráulico y el Reglamento de Planificación Hidrológica, supone un importante avance en la gestión del riesgo de inundación, al identificar actividades vulnerables frente a avenidas, limitar los usos del suelo en función de la situación respecto al río y establecer nuevos criterios a la hora de autorizar las distintas actuaciones.

- **El Plan General de Ordenación Urbana (PGOU)** vigente en la actualidad en el municipio de Fraga fue aprobado en 1983. Los cambios legislativos acontecidos desde entonces, unidos al crecimiento del municipio, han hecho necesaria la redacción de un nuevo documento de ordenación urbanística. En 2008 se inició la tramitación del nuevo plan, y el segundo avance del mismo se aprobó en 2011. Este último distingue las siguientes categorías de suelo:

- Suelo urbano, distinguiendo consolidado (345,35 ha) y no consolidado (59,30 ha).
- Suelo urbanizable, distinguiendo delimitado (48,60 ha) y no delimitado (87,84 ha).
- Suelo no urbanizable, el resto del territorio, distinguiendo genérico (usos agrícolas y ganaderos) y especial (valores ecológicos y paisajísticos, elementos de riesgo).

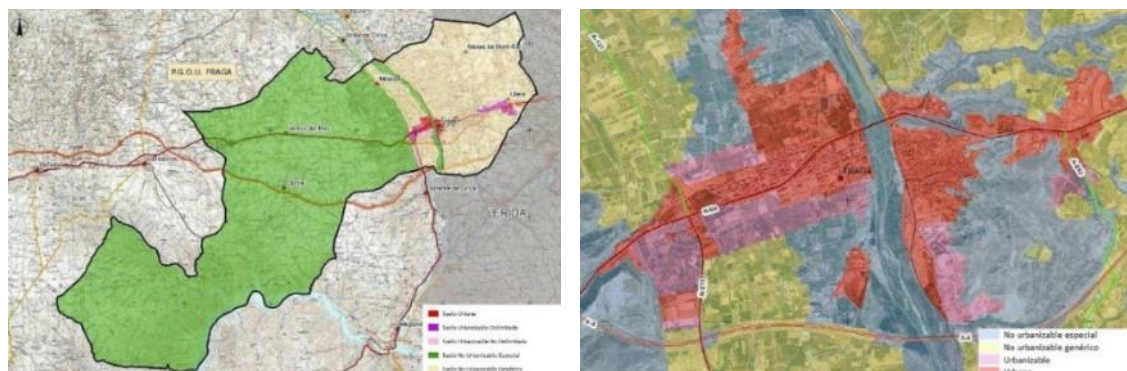


Fig. 09: Categorías de suelo en el municipio de Fraga. Ficha-informe del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón sobre el Segundo Avance del Plan General de Ordenación Urbana de Fraga, 2012.



Para dar respuesta al desfase existente entre las necesidades de la población y el PGOU de 1983 se han tramitado, a la espera de la aprobación definitiva del nuevo plan, un gran número de modificaciones aisladas. La Modificación Aislada Nº50 incorpora a la normativa municipal las limitaciones que se desprenden del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre. Se establecen como usos vulnerables los equipamientos públicos y las superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones. Se prohíben en zona de flujo preferente, y se limitan en zona inundable a los casos en que no exista otra alternativa, quedando su autorización supeditada al informe de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Se introducen además mecanismos que compatibilicen las limitaciones al uso residencial con los derechos de los propietarios del suelo: este uso se prohíbe por debajo del calado para T=500 años, la superficie de la planta inundable se destina a aparcamientos o almacenes y quedan prohibidas las plantas sótano.

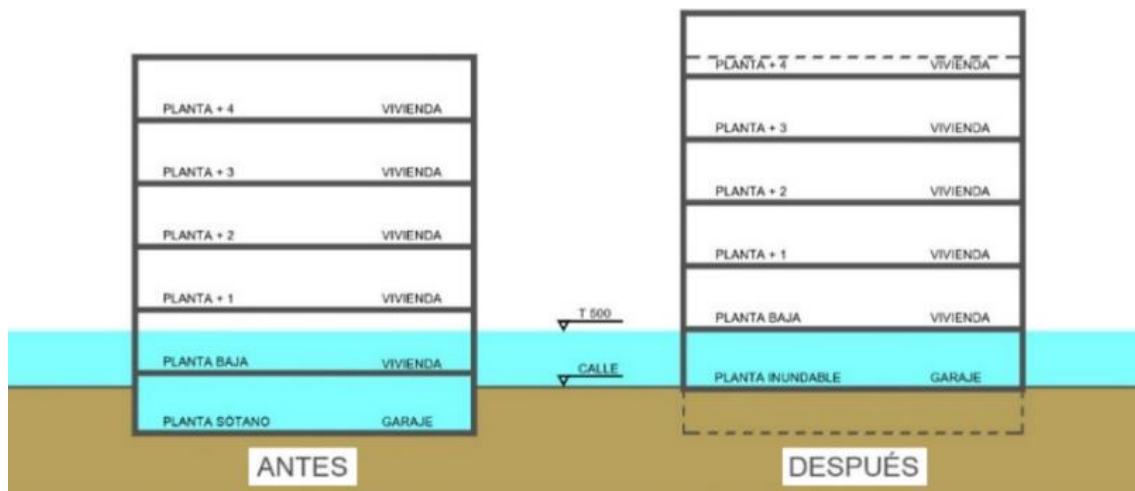


Fig. 10: Regulación de la planta inundable establecida en la Modificación Nº50 del PGOU. Ayuntamiento de Fraga.



Fig. 11: Construcción de nuevos usos residenciales con planta inundable. Ayuntamiento de Fraga.

- **Marco estratégico**

- **La Agenda 2030**, adoptada por los líderes mundiales en la Cumbre para el Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas celebrada en Nueva York en 2015, incluye 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas. La resiliencia ejerce un papel central en este nuevo paradigma hacia un modelo de desarrollo sostenible social, económica y ambientalmente que España debe desarrollar en virtud de su Agenda 2030. Si bien surgen desde una visión universal, indivisible e interrelacionada, cuatro de los objetivos hacen referencia directa al riesgo de inundación:





Fig. 12: Objetivos de desarrollo sostenible 6, 11, 13 y 15. Organización de las Naciones Unidas.

- **La Agenda Urbana Española**, presentada por el Ministerio de Fomento en 2019, persigue el logro de la sostenibilidad en las políticas de desarrollo urbano a través de un Decálogo de Objetivos Estratégicos desplegados en 291 líneas de actuación. Se inspira en la Nueva Agenda Urbana, impulsada en la Conferencia de Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible “Hábitat III” celebrada en Quito en 2016, que plantea un compromiso por trabajar a favor de un nuevo paradigma urbano orientado a la sostenibilidad.



Fig. 13: Objetivos estratégicos de la Agenda Urbana Española. Ministerio de Fomento.

- **La Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas**, que se desarrollará en los próximos años, marcará las directrices para la identificación y conservación de los elementos que componen la infraestructura verde estatal. El concepto de infraestructura verde (o azul, si se trata de ecosistemas acuáticos) es ambicioso, holístico e integral. Su base fundamental es la capacidad para desempeñar múltiples funciones ambientales, económicas y sociales en un mismo territorio, de forma que su gestión se concibe desde una perspectiva sistémica. La valoración de su impacto requiere nuevos indicadores cuantitativos y cualitativos, con aportaciones procedentes de las ciencias naturales y sociales.

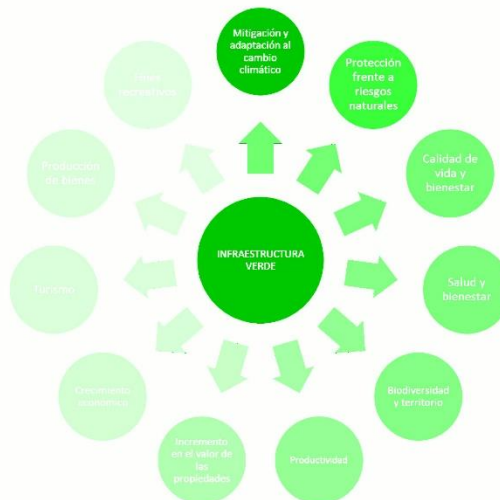


Fig. 14: Concepción multifuncional de la infraestructura verde. Adaptado de la CE (2012). Bases científico-técnicas para la Estrategia estatal de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

## 2. DIAGNÓSTICO

Tras la visita realizada a Fraga en fecha **11/04/2019** por Tragsatec, se aplica la metodología descrita en la guía de “Evaluación de la resiliencia de los núcleos urbanos frente al riesgo de inundación: redes, sistemas urbanos y otras infraestructuras”.

A partir de la información cartográfica disponible en el Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) se obtiene el inventario de redes, sistemas urbanos y otras infraestructuras de Fraga. Su superposición con los mapas de peligrosidad disponibles en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) permite realizar para cada elemento una estimación de daños a partir de los calados (considerando la afección como leve hasta  $h=0.25\text{m}$ , moderada hasta  $h=1\text{m}$ , grave hasta  $h=1.5\text{m}$  y muy grave para calados superiores) y aplicar la fórmula que integra grado de afección y frecuencia de recurrencia:

$$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{D(x_{i-1}) + D(x_i)}{2} [P(x \geq x_{i-1}) - P(x \geq x_i)]$$

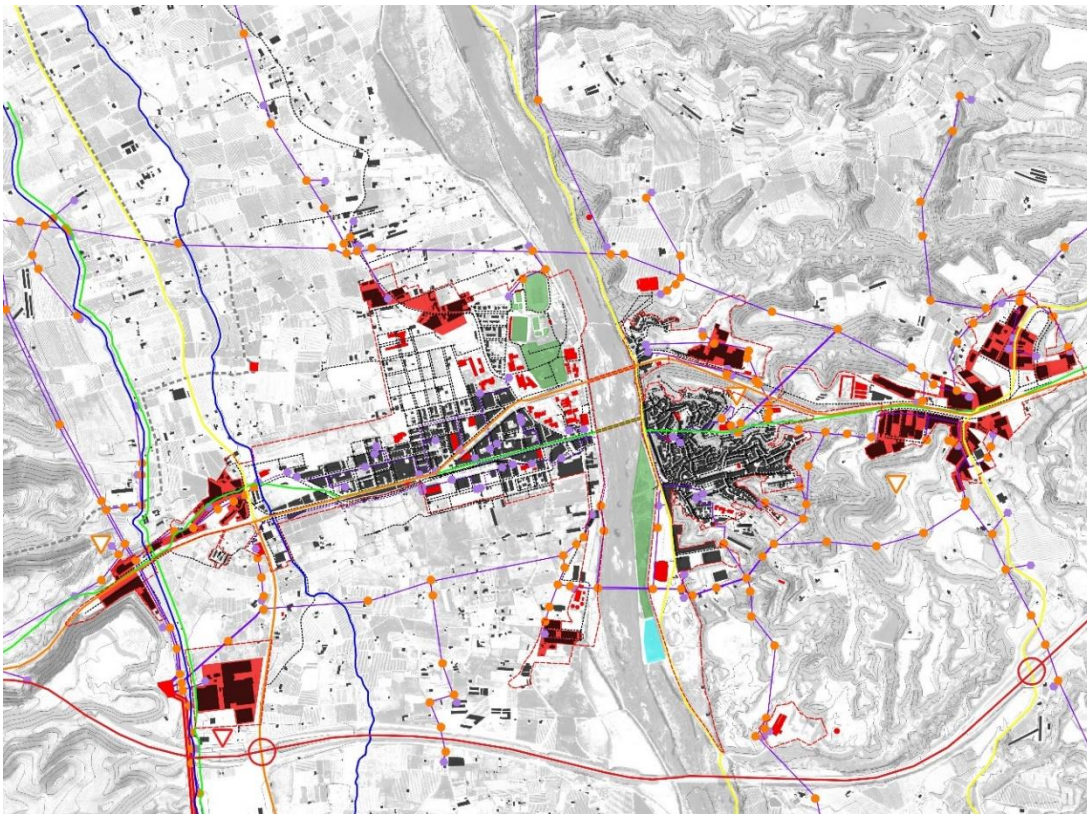


Fig. 15: Inventario de redes, sistemas urbanos y otras infraestructuras.

CARACTERÍSTICA	VALORES UMBRALES	GRADO DE AFECCIÓN	PUNTUACIÓN
Calado en la zona inundada h (m)	$h > 1,5\text{m}$	Muy grave	10
	$h > 1\text{m}$	Grave	8
	$0,25 \leq h \leq 1$	Moderado	5
	$0 < h < 0,25$	Leve	3
	$h = 0$	Sin afección	0

Fig.16: Valoración del grado de afección a partir del calado, y puntuación asignada. Guía de Evaluación de la resiliencia de los núcleos urbanos frente al riesgo de inundación. Ministerio para la Transición Ecológica.



## 2.1. Peligrosidad por inundación fluvial

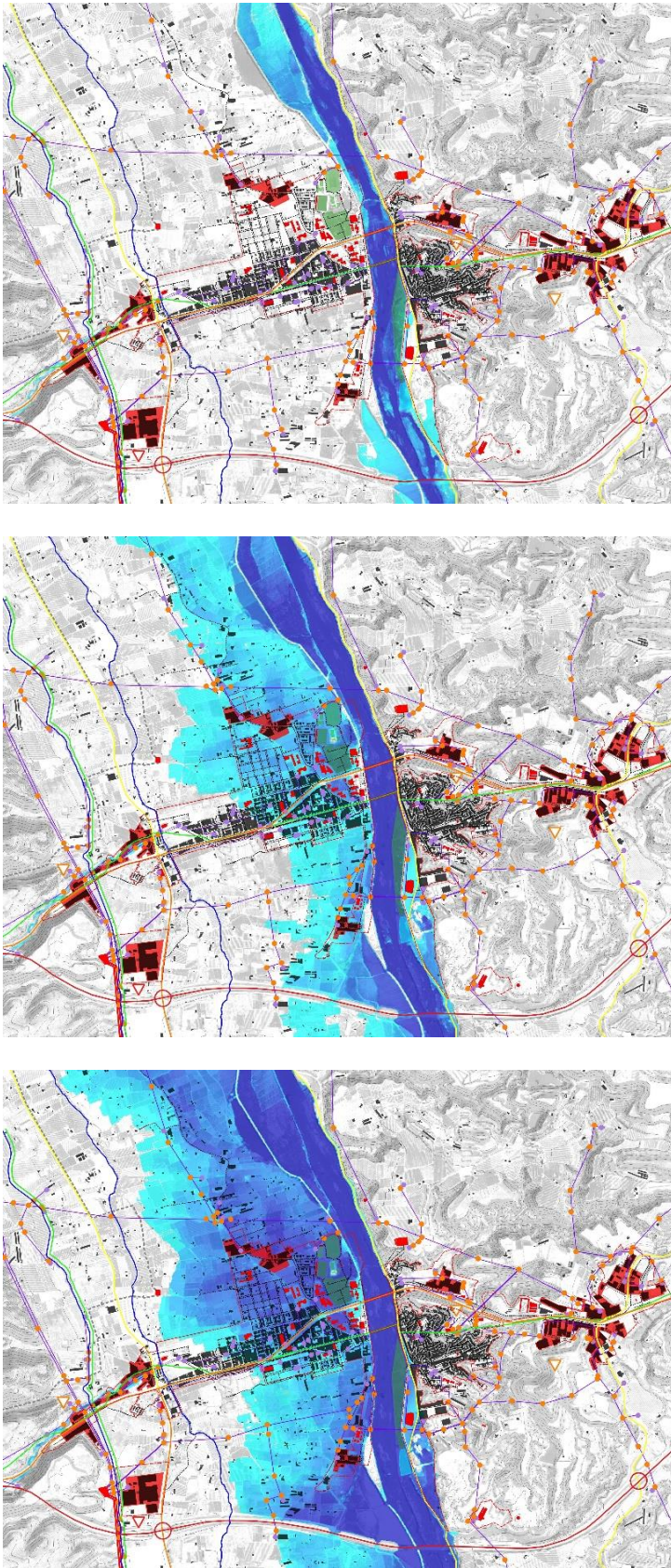


Fig. 17: Inventario y peligrosidad por inundación fluvial para T=10, T=100 y T=500.

## 2.2. Inventario de redes, sistemas urbanos y otras infraestructuras

ELEMENTOS			AFECCIÓN POR ESCENARIO DE INUNDACIÓN			
			10 AÑOS	100 AÑOS	500 AÑOS	
RED DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO	Estaciones de tratamiento	ETAP de Fraga	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
	Estaciones de depuración	EDAR de Fraga	Sin afección	Muy grave	Muy grave	
	Conducciones de agua	Conducciones de aguas residuales		Leve	Grave	Grave
		Conducciones de agua potable		Leve	Moderado	Grave
	Canalizaciones subterráneas	Barranco del Torn de Dios		Leve	Moderado	Grave
	Acequias	Acequia Nueva		Sin afección	Sin afección	Sin afección
	Acequia Vieja		Sin afección	Sin afección	Sin afección	
RED ELÉCTRICA	Estaciones transformadoras	Subestación eléctrica de Fraga	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
	Conducciones de electricidad	Tendidos eléctricos aéreos y apoyos	Leve	Grave	Grave	
		Tendidos eléctricos soterrados	Leve	Moderado	Grave	
RED DE TELECOMUNICACIONES	Estaciones	Estación GPS	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
	Antenas	Antenas de telefonía móvil	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
	Conducciones	Cableado aéreo y apoyos	Leve	Moderado	Grave	
		Cableado soterrado	Sin afección	Leve	Moderado	
RED DE SUMINISTRO DE GAS	Estaciones de recepción	Estación de recepción de Fraga	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
	Conducciones	Gasoducto Fraga-Torrente de Cinca-Mequinzenza	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
SECTOR INDUSTRIAL	Polígonos industriales	Atarazanas	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Camino Torrente	Sin afección	Grave	Muy grave	
		Carretera Sariñena	Sin afección	Moderado	Grave	
		Giraba	Sin afección	Grave	Muy grave	
		La Concepción	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Nuevo Fraga	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		San Simón	Sin afección	Leve	Moderado	
	Gasolineras	Avenida de Aragón, 79	Sin afección	Sin afección	Leve	
		Carretera N-211, 330	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Carretera N-II, 435	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Carretera N-II, 437	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Camino Partida Zafranales, 1	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
	Gestión de residuos	Almacén de residuos	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Mataderos	Matadero municipal	Sin afección	Sin afección	Sin afección
	RED DE TRANSPORTE	Carreteras	Autovía A-2	Leve	Moderado	Grave
			Carreteras nacionales	Leve	Moderado	Grave
			Carreteras autonómicas	Leve	Moderado	Grave
		Vías pecuarias	Cañada Real de Aragón	Leve	Moderada	Grave
			Cordel de Torrente a Velilla de Cinca	Sin afección	Sin afección	Sin afección
Estaciones de transporte		Estación de autobuses	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
RED SANITARIA Y DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS		Actividades sanitarias	Centro de Salud	Sin afección	Muy grave	Muy grave
	Servicios de emergencias	Parque de Bomberos	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
	Instalaciones de las fuerzas y cuerpos de seguridad	Policía Local	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Guardia Civil	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
RED DE SERVICIOS	Educación infantil	Escuela Educación Infantil Xiquets	Sin afección	Moderado	Grave	
		Educación primaria	CEIP María Moliner	Sin afección	Grave	Muy grave
		CEIP Miguel Servet	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		CEIP San José de Calasanz	Sin afección	Muy grave	Muy grave	
		Colegio Santa Ana	Sin afección	Grave	Muy grave	
	Educación secundaria	IES Bajo Cinca	Sin afección	Muy grave	Muy grave	
		IES Ramón J. Sender	Sin afección	Grave	Muy grave	
	Centros de mayores	Centro de Día	Sin afección	Muy grave	Muy grave	
		Hogar del Pensionista	Sin afección	Muy grave	Muy grave	
		Residencia de Ancianos	Sin afección	Moderado	Muy grave	
	Superficies comerciales	Avenida de Aragón 36	Sin afección	Moderado	Grave	
		Avenida de Madrid 34	Sin afección	Moderado	Muy grave	
		Avenida de Madrid 44	Sin afección	Moderado	Muy grave	
		Avenida de Madrid 59	Sin afección	Moderado	Muy grave	
		Cabañera Real s/n	Sin afección	Sin afección	Moderado	
	Campings	Camping de Fraga	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
	Centros deportivos	Campo de La Estacada	Sin afección	Moderado	Grave	
		Ciudad del Deporte	Sin afección	Muy grave	Muy grave	
		Piscinas de verano municipales	Sin afección	Muy grave	Muy grave	
		Piscina climatizada municipal	Sin afección	Muy grave	Muy grave	
	Pabellones	Pabellón Cortes de Aragón	Sin afección	Moderado	Muy grave	
		Pabellón del Sotet	Sin afección	Moderado	Muy grave	
	Edificios administrativos	Ayuntamiento	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Juzgados	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Oficina de empleo	Sin afección	Leve	Moderado	
		Sede comarcal	Sin afección	Leve	Moderado	
	Edificaciones de carácter religioso y cementerios	Iglesia de San Pedro	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Mezquita	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Cementerio	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
	Tanatorios	Tanatorio	Sin afección	Leve	Moderado	
	Actividades recreativas	Parque urbano	Sin afección	Moderado	Muy grave	
		Parque fluvial	Moderado	Muy grave	Muy grave	
		Balsa	Moderado	Muy grave	Muy grave	
	Patrimonio cultural	Castillo	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Palacio Montcada	Sin afección	Sin afección	Sin afección	
		Yacimiento arqueológico Los Zafranales	Sin afección	Sin afección	Sin afección	

Fig. 18: Inventario de redes, sistemas urbanos y otras infraestructuras. Grado de afección por escenario de inundación.



### 2.3. Evaluación de la resiliencia del núcleo urbano frente a la inundación

Para evaluar la resiliencia del núcleo urbano frente al riesgo de inundación se identifican aquellos elementos críticos cuya inoperatividad puede poner en peligro el funcionamiento del resto de la red. Garantizar su buen funcionamiento durante todo el episodio es fundamental para la correcta gestión de la emergencia, permitir el desarrollo de la actividad normal de los habitantes y acelerar la recuperación de los daños. Se incluyen también usos especialmente vulnerables como las actividades docentes y residenciales públicas, y los polígonos industriales.

Una vez se ha valorado el grado de afección, se asigna a cada elemento la puntuación del riesgo (Fig. 16), que se empleará en la fórmula del índice de cuantificación del daño, siendo  $D(x)$  el grado de afección que resulta de un episodio y  $P(x)$  la inversa del periodo de retorno, es decir, la probabilidad de que suceda en un año. Se obtiene así un valor entre 0 (sin afección) y 1,48 (muy grave para los tres periodos de retorno), expresado en su valor porcentual proporcional.

Para la obtención del índice global del riesgo de inundación del sistema urbano se realiza la suma del índice de cuantificación del daño para cada elemento crítico, y se expresa en su valor porcentual medio, antes y después de las intervenciones. El conjunto de estrategias de adaptación permitirá el incremento de la resiliencia del núcleo urbano, que se refleja en la reducción del índice. Se obtiene así una visión global de las necesidades de adaptación que será el punto de partida para la propuesta de intervenciones.

ELEMENTOS CRÍTICOS	ESCENARIO DE INUNDACIÓN			ÍNDICE INICIAL	ESTRATEGIA PRINCIPAL	ESCENARIO DE INUNDACIÓN			ÍNDICE FINAL
	T=10	T=100	T=500			T=10	T=100	T=500	
<b>RED DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO</b>									
EDAR de Fraga	Sin afección	Muy grave	Muy grave	0,530 35,81%	- Evitar T=500	Sin afección	Sin afección	Sin afección	0 0%
Conducciones de aguas residuales	Leve	Grave	Grave	0,709 47,91%	- Válvulas antirretorno	Sin afección	Leve	Leve	0,024 1,62%
<b>RED ELÉCTRICA</b>									
Tendidos eléctricos aéreos y apoyos	Leve	Grave	Grave	0,709 47,91%	- Anclaje de apoyos	Sin afección	Leve	Leve	0,024 1,62%
<b>SECTOR INDUSTRIAL</b>									
Polígono industrial Camino Torrente	Sin afección	Grave	Muy grave	0,432 29,19%	- Resistir T=100 - Tolerar > T=100	Sin afección	Leve	Moderado	0,032 2,16%
Polígono industrial Carretera Sariñena	Sin afección	Moderado	Grave	0,277 18,72%	- Resistir T=100 - Tolerar > T=100	Sin afección	Leve	Moderado	0,032 2,16%
Polígono industrial Giraba	Sin afección	Grave	Muy grave	0,432 29,19%	- Resistir T=100 - Tolerar > T=100	Sin afección	Leve	Moderado	0,032 2,16%
Polígono industrial San Simón	Sin afección	Leve	Moderado	0,167 11,28%	- Resistir T=100 - Tolerar > T=100	Sin afección	Leve	Moderado	0,032 2,16%
<b>RED DE TRANSPORTE</b>									
Autovía A-2	Leve	Moderado	Grave	0,562 37,97%	- Drenaje - Estabilización	Sin afección	Leve	Leve	0,024 1,62%
<b>RED SANITARIA Y DE ATENCIÓN A EMERGENCIAS</b>									
Centro de Salud	Sin afección	Muy grave	Muy grave	0,530 35,81%	- Evitar T=100 - Tolerar > T=100	Sin afección	Sin afección	Moderado	0,020 1,35%
<b>RED DE SERVICIOS: ACTIVIDADES DOCENTES</b>									
Escuela Educación Infantil Xiquets	Sin afección	Moderado	Grave	0,277 18,72%	- Resistir T=100 - Tolerar > T=100	Sin afección	Leve	Moderado	0,032 2,16%
CEIP María Moliner	Sin afección	Grave	Muy grave	0,432 29,19%	- Resistir T=100 - Tolerar > T=100	Sin afección	Leve	Moderado	0,032 2,16%
CEIP San José de Calasanz	Sin afección	Muy grave	Muy grave	0,530 35,81%	- Resistir T=100 - Tolerar > T=100	Sin afección	Leve	Moderado	0,032 2,16%
Colegio Santa Ana	Sin afección	Grave	Muy grave	0,432 29,19%	- Resistir T=100 - Tolerar > T=100	Sin afección	Leve	Moderado	0,032 2,16%
IES Bajo Cinca	Sin afección	Muy grave	Muy grave	0,530 35,81%	- Resistir T=100 - Tolerar > T=100	Sin afección	Leve	Moderado	0,032 2,16%
IES Ramón J. Sender	Sin afección	Grave	Muy grave	0,432 29,19%	- Resistir T=100 - Tolerar > T=100	Sin afección	Leve	Moderado	0,032 2,16%
<b>RED DE SERVICIOS: ACTIVIDADES RESIDENCIALES PÚBLICAS</b>									
Centro de Día	Sin afección	Muy grave	Muy grave	0,530 35,81%	- Evitar T=500	Sin afección	Sin afección	Sin afección	0 0%
Hogar del Pensionista	Sin afección	Muy grave	Muy grave	0,530 35,81%	- Evitar T=500	Sin afección	Sin afección	Sin afección	0 0%
Residencia de Ancianos	Sin afección	Moderado	Muy grave	0,530 35,81%	- Evitar T=500	Sin afección	Sin afección	Sin afección	0 0%
<b>ÍNDICE GLOBAL INICIAL (Σ)</b>				8,571	<b>ÍNDICE GLOBAL FINAL (Σ)</b>				0,412
<b>ÍNDICE GLOBAL INICIAL (%)</b>				32,17%	<b>ÍNDICE GLOBAL FINAL (%)</b>				1,54%

Fig. 19: Elementos críticos e índice global del riesgo de inundación.

### 3. PROPUESTA DE INTERVENCIONES

Las estrategias de adaptación propuestas se enmarcan en el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de la Cuenca del Ebro (2015), cuyo contenido esencial es su programa de medidas:

MEDIDA RD 903/2010	MEDIDA PGRI EBRO
Medidas de restauración fluvial y medidas para la restauración hidrológico-agroforestal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa de mantenimiento y conservación de cauces</li> <li>- Programa de mantenimiento y conservación del litoral</li> <li>- Medidas en la cuenca: restauración hidrológico-forestal y ordenaciones agrohidrológicas</li> <li>- Medidas en cauce y llanura de inundación: restauración fluvial, incluyendo medidas de retención natural del agua y reforestación de riberas</li> <li>- Medidas de restauración de la franja costera y de la ribera del mar</li> </ul>
Medidas de mejora del drenaje de infraestructuras lineales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora del drenaje de infraestructuras lineales: carreteras, ferrocarriles</li> </ul>
Medidas de predicción de avenidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de estudios de mejora del conocimiento sobre la gestión del riesgo de inundación: leyes de frecuencia de caudales, efecto del cambio climático, modelización de los riesgos de inundación y su evaluación, etc.</li> <li>- Normas de gestión de la explotación de embalses que tengan un impacto significativo en el régimen hidrológico</li> <li>- Medidas para establecer o mejorar los sistemas de alerta meteorológica incluyendo los sistemas de medida y predicción de temporales marinos</li> <li>- Medidas para establecer o mejorar los sistemas medida y alerta hidrológica</li> </ul>
Medidas de protección civil	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidas para establecer o mejorar la planificación institucional de respuesta a emergencias de inundaciones a través de la coordinación con Planes de Protección Civil</li> <li>- Medidas para establecer o mejorar los protocolos de actuación y comunicación de la información</li> <li>- Medidas para establecer o mejorar la conciencia pública en la preparación para las inundaciones, para incrementar la percepción del riesgo de inundación y de las estrategias de autoprotección en la población, los agentes sociales y económicos</li> <li>- Planes de Protección Civil: acciones de apoyo a la salud, asistencia financiera, incluida asistencia legal, así como reubicación temporal de la población afectada</li> <li>- Evaluación, análisis y diagnóstico de las lecciones aprendidas de la gestión de los eventos de inundación</li> </ul>
Medidas de ordenación territorial y urbanismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordenación territorial: limitaciones a los usos del suelo en la zona inundable, criterios empleados para considerar el territorio como no urbanizable y criterios constructivos exigidos a las edificaciones situadas en zona inundable</li> <li>- Urbanismo: medidas previstas para adaptar el planeamiento urbanístico</li> <li>- Reordenación de los usos del suelo en las zonas inundables haciéndolos compatibles con las inundaciones (relocalización o retirada de actividades/instalaciones vulnerables)</li> <li>- Medidas para adaptar elementos situados en las zonas inundables para reducir las consecuencias adversas en episodios de inundaciones en viviendas, edificios públicos, redes, etc.</li> </ul>
Medidas para promocionar los seguros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promoción de seguros frente a inundación sobre personas y bienes, incluyendo los seguros agrarios</li> </ul>
Medidas estructurales y estudios coste-beneficio que las justifican	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidas estructurales para regular los caudales, tales como la construcción y/o modificación de presas exclusivamente para defensa de avenidas</li> <li>- Medidas estructurales (encauzamientos, motas, diques, etc.) que implican intervenciones físicas en los cauces, aguas costeras y áreas propensas a inundaciones</li> <li>- Medidas que implican intervenciones físicas para reducir las inundaciones por aguas superficiales, por lo general, aunque no exclusivamente, en un entorno urbano, como la mejora de la capacidad de drenaje artificial o sistemas de drenaje sostenible (SUDS)</li> <li>- Obras de emergencia para reparación de infraestructuras afectadas, incluyendo infraestructuras sanitarias y ambientales básicas</li> </ul>

Fig. 20: Correlación entre las medidas generales del RD 903/2010 y las establecidas en el PGRI Ebro.

#### 3.1. Reordenación de usos en las zonas con mayor riesgo de inundación

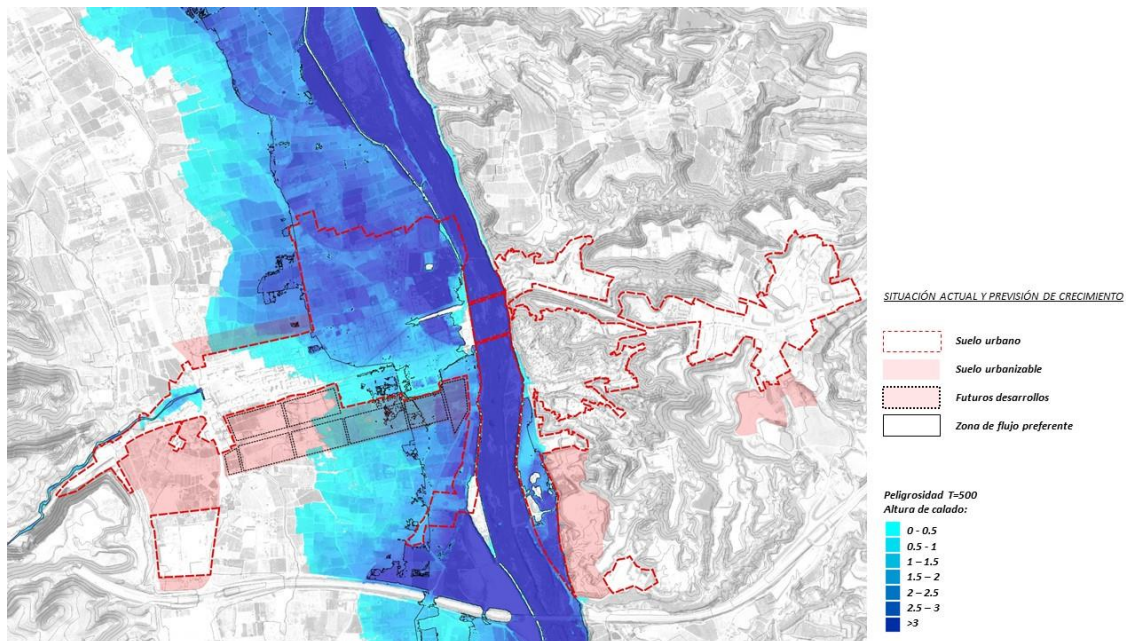


Fig. 21. Peligrosidad T=500, suelo urbanizable y futuros desarrollos.



- La Agenda Urbana Española propone procedimientos participativos para poner en marcha una **gobernanza del riesgo** que implique a todos los interesados (administración, academia, sector privado y sociedad civil). La incorporación de las limitaciones que se desprenden del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, al PGOU de Fraga constituye un avance, pero existe un amplio recorrido de mejora para que el crecimiento se dirija hacia zonas no inundables, fomentando un modelo resiliente y sostenible, priorizando una ciudad compacta y compleja.

- Se proponen **nuevos usos compatibles con la inundabilidad** en las zonas con mayor riesgo de inundación, que incrementen la resiliencia y aprovechen la posición limítrofe de Fraga entre el mundo urbano y el rural, promoviendo la mejora y conservación de los valores naturales y paisajísticos de la zona y contribuyendo a satisfacer la creciente demanda ciudadana de lugares de contacto con la naturaleza. A partir de este patrimonio natural infrautilizado pueden desarrollarse estrategias de desarrollo urbano integrado vinculado a determinados activos que requieren actuaciones de puesta en valor, fomentando las sinergias con el ámbito rural y natural. La implantación del parque fluvial inundable ha constituido un avance en este sentido.



Fig. 22. Parque fluvial del Cinca en Fraga. Grupo Tragsa.

### 3.2. Mejora de la percepción del riesgo

- El concepto de **predicción** es clave en la gestión de riesgos. Es preciso garantizar la correcta coordinación de los organismos de protección civil local con aquellos a escala autonómica y estatal, y permitir la toma anticipada de las decisiones necesarias a través de los sistemas de predicción meteorológica de la Agencia Estatal de Meteorología y los sistemas de información hidrológica de las Confederaciones Hidrográficas. Por otra parte, el desarrollo de aplicaciones móviles que permitan anticipar el riesgo resulta clave para avanzar en términos de predicción. La incorporación de las tecnologías de información y comunicación en la gestión urbana permite ofrecer información y servicios a los ciudadanos ante inundaciones u otros eventos extremos.

- La planificación y respuesta a las inundaciones debe coordinarse a través de los planes de **Protección Civil**. El Plan Territorial de Protección Civil de Aragón (PLATEAR) es el instrumento organizativo general de respuesta a situaciones de emergencia en la Comunidad Autónoma. Tiene el carácter de Plan Director, al prever la integración de los planes de orden inferior, estableciendo las directrices para su elaboración y aprobación, así como la coordinación entre todos ellos. La comarca del Bajo Cinca, compuesta por once municipios y con capital en Fraga, cuenta con un Plan de Emergencia Comarcal, que en la actualidad no está homologado al PLATEAR. Tras las inundaciones que sufrió Fraga en 1982 se formó la Agrupación de Voluntarios de Protección Civil, que de elabora y supervisa tanto los planes de nivel general como los específicos, y presta innumerables servicios de prevención y respuesta.

- La promoción de un buen **sistema de seguros**, bien desde aseguradoras privadas, bien con la colaboración del Consorcio de Compensación de Seguros, cofinanciado por la administración y por los afectados para cubrir pérdidas económicas derivadas de procesos de inundación, puede reducir la demanda de actuaciones urgentes y con ello la presión sobre el río.

- La **educación ambiental**, con el objetivo de modificar actitudes y sensibilidades, es una herramienta básica en el avance hacia un modelo urbano resiliente. Para promoverla existen múltiples recursos, que deberán ser impulsados desde estructuras estables de información: materiales divulgativos, exposiciones, seminarios, centros de interpretación, redes colaborativas, transferencia de proyectos piloto, así como múltiples actividades en los ríos: excursiones, apadrinamiento de tramos, pequeñas actuaciones de rehabilitación con voluntariado, etc. En relación con los contenidos, se propone:

- Labor pedagógica sobre el sistema fluvial y los beneficios que aporta a la sociedad, entendiendo el río como sistema complejo y dinámico, donde las avenidas y la erosión son procesos naturales fundamentales para los ecosistemas.
- Fomento de una cultura del riesgo que considere la responsabilidad del asentamiento en zonas inundables, la alteración antrópica del paisaje y las pautas de vida antiecológicas.
- Alternativas a un modelo de movilidad que altera el ciclo natural del agua, impermeabiliza la ciudad, incrementa la escorrentía y aumenta los daños debido a las cargas por el arrastre de vehículos.
- Divulgación en materia de sistemas urbanos de drenaje sostenible e infraestructuras verdes y azules, soluciones que articulan la gestión del riesgo de inundación y la sostenibilidad ambiental, la adaptación y la mitigación al cambio climático, desde una perspectiva sistémica y multifuncional.

### 3.3. Planes de autoprotección



Fig. 23. Guía técnica de elaboración de un Plan de Autoprotección. Dirección General de Protección Civil y Emergencias

- Fraga cuenta con un elevado número de equipamientos y superficies comerciales situados en zonas inundables. Estos elementos pueden albergar en determinados momentos aglomeraciones de personas y dificultar las tareas de evacuación en caso de emergencia, por lo que más allá de los planes territoriales, las actividades de especial vulnerabilidad deben establecer sus propios Planes de Autoprotección.



La Norma Básica de Autoprotección define esta como sistema de acciones y medidas encaminadas a prevenir y controlar los riesgos sobre las personas y los bienes, a dar respuesta adecuada a las posibles situaciones de emergencia y a garantizar la integración de estas actuaciones con el sistema público de protección civil. Para facilitar estas labores, la Dirección General de Protección Civil y Emergencias ha publicado la “*Guía técnica de elaboración de un Plan de Autoprotección*”. Fraga debe poner en marcha un registro administrativo designado para estos fines a través de un **inventario de edificios públicos con riesgo de inundación**, que deberán contar con su Plan de Autoprotección relativo al riesgo de inundación.

ACTIVIDAD	ELEMENTO	
Actividades sanitarias	Centro de Salud	
Actividades docentes	Escuela de Educación Infantil Xiquets	
	CEIP María Moliner	
	CEIP San José de Calasanz	
	Colegio Santa Ana	
	IES Bajo Cinca	
	IES Ramón J. Sender	
Actividades residenciales públicas	Centro de Día	
	Hogar del Pensionista	
	Residencia de Ancianos	
Actividades de espectáculos públicos y recreativas	Campo de La Estacada	
	Ciudad del Deporte	
	Piscinas de verano municipales	
	Piscina climatizada municipal	
	Pabellón Cortes de Aragón	
	Pabellón del Sotet	
Otras actividades (que reúnan un gran número de personas o sean difíciles de evacuar)	Oficina de empleo	
	Sede comarcal	
	Tanatorio	
	Superficie comercial Avenida de Aragón 36	
	Superficie comercial Avenida de Madrid 34	
	Superficie comercial Avenida de Madrid 44	
	Superficie comercial Avenida de Madrid 59	
	Superficie comercial Cabañera Real s/n	
	Actividades industriales, de almacenamiento y de investigación	EDAR de Fraga
		Polígono industrial Camino Torrente
Polígono industrial Carretera Sariñena		
Polígono industrial Giraba		
Polígono industrial San Simón		
Gasolinera Avenida de Aragón, 79		

Fig. 24. Inventario de elementos que requieren la elaboración de un Plan de Autoprotección.

### 3.4. Adaptación de redes

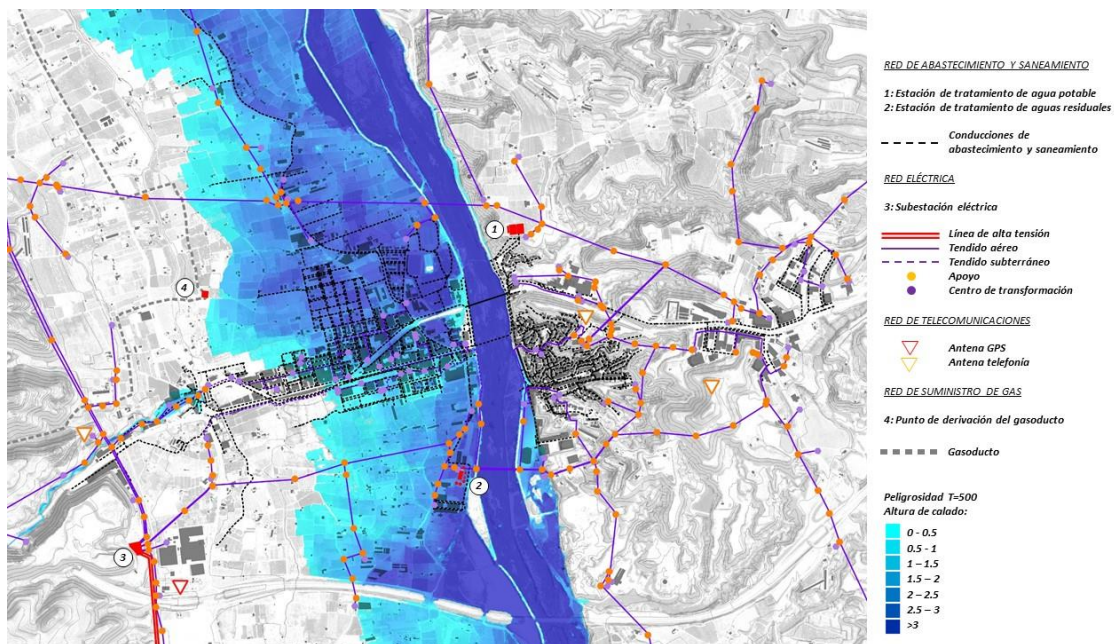


Fig. 25: Fraga. Peligrosidad T=500 y redes urbanas.

- **Red de abastecimiento y saneamiento**

La red de abastecimiento y saneamiento se compone de los elementos de captación, tratamiento y almacenamiento de agua, así como sus conducciones y elementos auxiliares. Para garantizar la resiliencia, es fundamental asegurar en todo momento el acceso al agua potable y el saneamiento de las aguas residuales. La rotura de las estructuras de la red, en especial las de almacenamiento y las conducciones, puede agravar las consecuencias de la inundación. Además, el refluo de aguas residuales puede ocasionar la inundación del interior de los edificios y vías públicas, así como problemas de salubridad y contaminación de fuentes de agua potable.

El primer paso para garantizar la resiliencia de las redes es la protección de sus elementos críticos. La ETAP de Fraga está fuera de la zona inundable, sin embargo, la EDAR se sitúa en una zona especialmente vulnerable, con calados cercanos a los 1.8m para T=100 y a los 2.8m para T=500. Ante la necesidad de asegurar la no interrupción de su actividad, es preciso evitar la entrada de agua en todos los escenarios. Para el resto de la red se propone:

Estrategia de adaptación	Descripción
<b>VÁLVULAS ANTIRRETORNO</b>	Incorporación de sistemas que eviten la entrada de aguas residuales desde la red de saneamiento.
<b>VÁLVULAS DE SEGURIDAD</b>	Posibilidad de interrumpir el suministro en caso de rotura de las estructuras de la red mediante válvulas de seguridad.
<b>RED SEPARATIVA</b>	Captación de aguas pluviales y derivación a espacios de almacenamiento e infiltración para evitar la sobrecarga de los sistemas de depuración de aguas residuales, incrementando su eficiencia y aumentando la resiliencia.
<b>GESTIÓN DESCENTRALIZADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS</b>	Aljibes para el almacenamiento de pluviales, reduciendo la dependencia de la red de abastecimiento y garantizando disponibilidad y capacidad de acopio en caso de interrupción del servicio.



Fig. 26: Ejemplo de elemento crítico protegido mediante barreras temporales desmontables. Flood Control International.

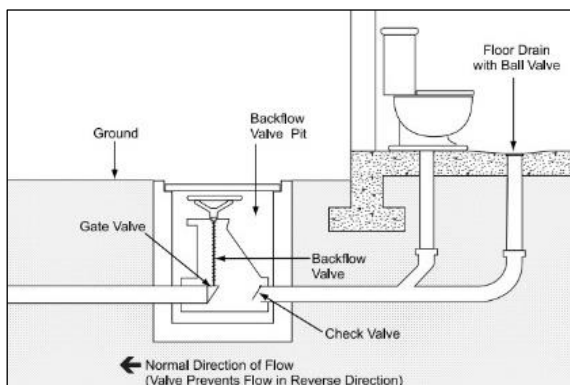


Fig. 27: Válvulas antirretorno. Homeowner's Guide to Retrofitting. Six Ways to Protect Your Home From Flooding. FEMA.

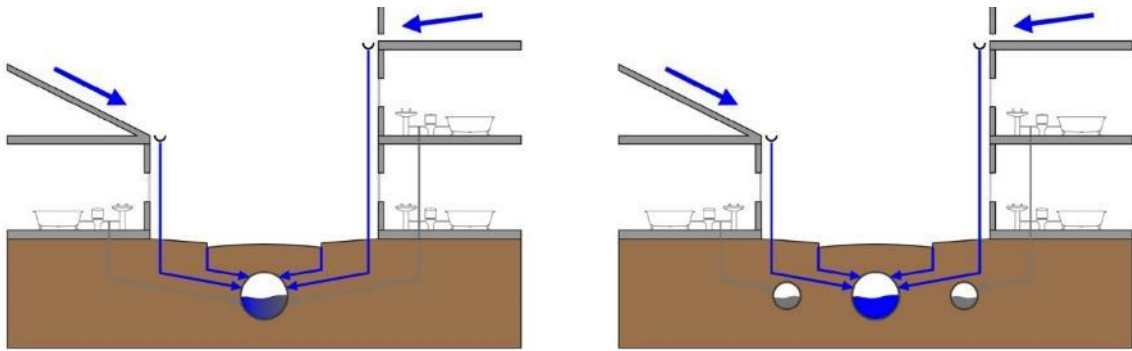


Fig. 28: Red unitaria y red separativa.

- **Red eléctrica**

La red eléctrica transporta la energía mediante líneas de alta tensión desde las centrales de generación hasta las subestaciones eléctricas, que la reducen y entregan a la red de distribución. Los centros de transformación la reducen nuevamente hasta valores aptos para el consumo. Los daños pueden ser directos en la propia red, o indirectos derivados del corte del suministro.

La subestación eléctrica de Fraga se sitúa fuera de la zona inundable, sin embargo, gran parte de la red de cableado se sitúa en áreas vulnerables, en muchos casos a través de tendidos aéreos que plantean un riesgo elevado. Las nuevas líneas eléctricas deberían estar diseñadas para resistir la inundación, por lo que los mayores daños vendrán de aquellas de mayor antigüedad.

Estrategia de adaptación	Descripción
<b>ANCLAJE DE APOYOS</b>	Cableado aéreo: garantizar la resistencia a empujes laterales y evitar caídas que puedan afectar a otros elementos o impedir el tránsito, mejorando su cimentación, sustituyéndolos por otros de hormigón o soterrando la red.
<b>ESTANQUEIDAD DE ARQUETAS</b>	Cableado soterrado: garantizar la no afección de la red y evitar el grave riesgo de caída.
<b>SUMINISTROS ELÉCTRICOS AUXILIARES AUTÓNOMOS</b>	Red de alumbrado de emergencia que permita la señalización de los recorridos de evacuación.
<b>TRANSICIÓN ENERGÉTICA</b>	Sistemas de generación distribuida de origen renovable y autoconsumo de energía como herramientas básicas para avanzar hacia un modelo resiliente que tolere las perturbaciones sin cortar el suministro a los consumidores.

- **Red de telecomunicaciones**

La red de telecomunicaciones es una de las más importantes dentro del sistema urbano durante un episodio de inundación, ya que es esencial para la coordinación de las labores de rescate de los servicios de emergencias y la comunicación con los afectados. En Fraga se han identificado tres antenas de telefonía móvil y una antena GPS, todas ellas situadas fuera de la zona inundable. Sin embargo, la red de cableado puede verse afectada en caso de inundación, por lo que deberá garantizarse el anclaje de los apoyos y la estanqueidad de las arquetas.

- **Red de suministro de gas**

Los elementos críticos de la red de suministro de gas son los puntos de derivación desde los gasoductos, ya que su afección privaría de suministro al resto de elementos. El gasoducto que dota de gas natural a las poblaciones de Fraga, Torrente de Cinca y Mequinenza se halla fuera de la zona inundable. La distribución se realiza a través de tuberías subterráneas, por lo que deberá garantizarse la estanqueidad de las arquetas.



• Sector industrial

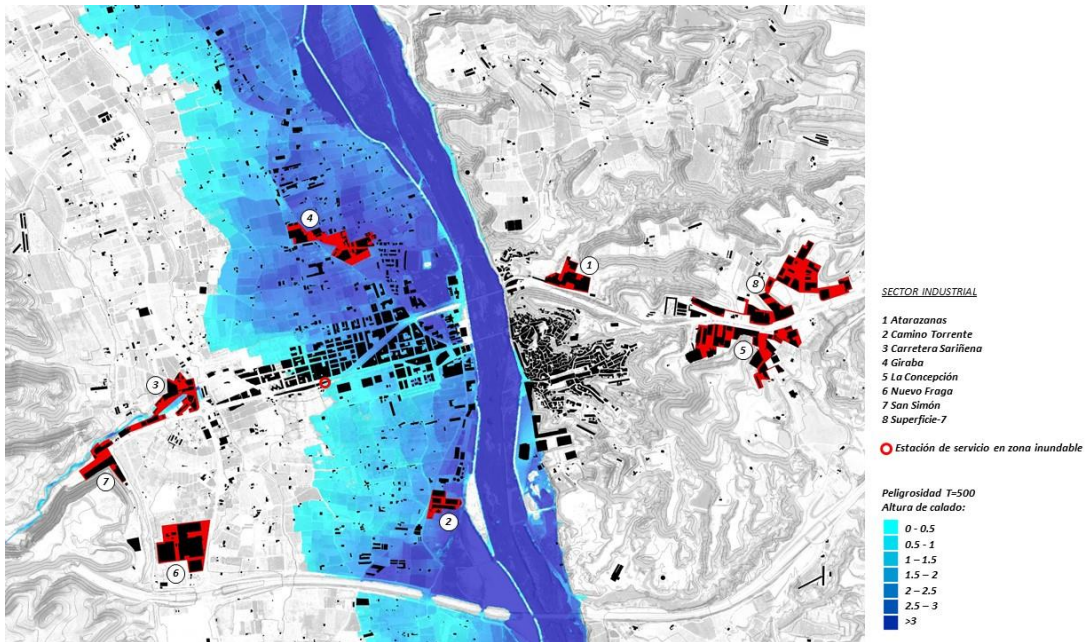


Fig. 29: Fraga. Peligrosidad T=500 y sector industrial.

En edificios de contenido peligroso como las zonas industriales o las instalaciones con productos que puedan resultar perjudiciales es indispensable evitar el contacto con el agua. Los daños pueden ser físicos al edificio o a sus productos, pero en relación con la contaminación, la valoración de daños resulta de mayor complejidad. Una gran cantidad de sustancias nocivas pueden ser arrastrados por el agua, generando un riesgo en la salud pública y el entorno.

La zona estudiada cuenta con 8 zonas industriales (no se han identificado industrias SEVESO). Destacan por su vulnerabilidad los polígonos de Camino Torrente y Giraba, en zona inundable, y los de San Simón y Carretera Sariñena, próximos al embocinamiento del Barranco del Torn de Dios. A su entrada a la ciudad este cauce se canaliza de forma subterránea, y en momentos de lluvias intensas podrían generarse taponamientos, inundaciones y vertidos. En el polígono Atarazanas y otros puntos de la margen izquierda se dan situaciones similares donde la torrencialidad podría plantear problemas. Se han identificado además 5 estaciones de servicio, una de las cuales se sitúa en zona inundable y deberá implementar medidas de adaptación.

3.5. Adaptación de elementos lineales

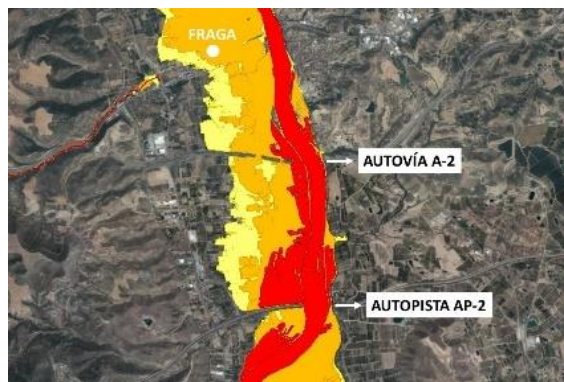


Fig. 30: Autovía A-2 y Autopista AP-2.

- El efecto barrera provocado por la autovía A-2 y la autopista AP-2 (situada al sur del núcleo urbano) conteniendo y desviando las aguas, altera la mancha de inundación, incrementando calados y velocidades. Los terraplenes de carretera con permeabilidad insuficiente constituyen importantes obstáculos para las aguas. Esta situación puede además generar embalsamientos de gran tamaño, debido al taponamiento de los pasos artificiales, provocando la alteración de la corriente y su desvío hacia aliviaderos temporales con gran energía que pueden derivar en procesos de incisión.

Las herramientas principales para evitar esta afección son la **mejora del drenaje** de la carretera y sus márgenes, así como la permeabilización y apertura de vanos mediante Obras de Drenaje Transversal, que deberán estar correctamente dimensionadas y perturbar lo menos posible la circulación del agua.



Fig. 31: Taponamiento, embalsamiento e incisión en inundación en Puyo (Navarra). Confederación Hidrográfica del Ebro.

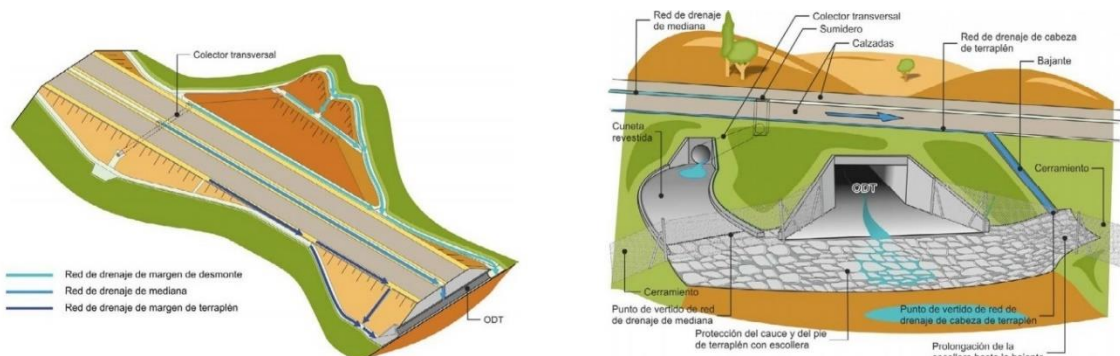


Fig. 32: Ejemplo de redes de drenaje de plataforma y márgenes, y Obras de Drenaje Transversal. Norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Ministerio de Fomento.

- Otra consecuencia del efecto barrera es la erosión de las propias infraestructuras debido al aumento de la velocidad del agua, por lo que es conveniente la **estabilización de taludes** mediante proyectos de revegetación o bioingeniería.



Fig. 33: Ejemplo de erosión (izquierda) y estabilización (derecha) en la margen del río Alhama en Alfaro (La Rioja). Grupo Tragsa.



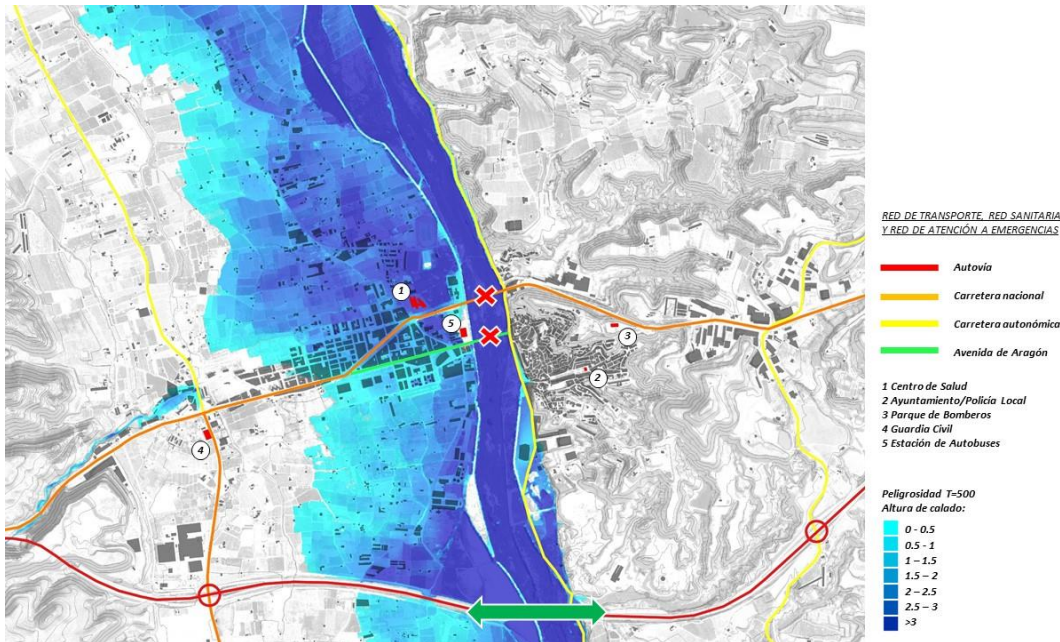


Fig. 34: Fraga. Peligrosidad T=500 y red de transporte, red sanitaria y red de atención de emergencias.

- La red de transporte es fundamental para los servicios de atención de emergencias. Los cortes transversales de carreteras pueden generar graves daños indirectos. La circulación a través de la carretera nacional N-2 y la Avenida de Aragón (Cañada Real de Aragón), que atraviesan el núcleo urbano mediante dos puentes, podría verse interrumpida en caso de inundación, dificultando las labores de la policía y los bomberos, cuyas instalaciones se sitúan en el casco histórico. La autovía A-2 y el tercer puente serían la **alternativa de tránsito** en estos casos, por lo que deberá asegurarse su operatividad en todos los escenarios.

### 3.6. Adaptación de edificios públicos

- La guía de “Recomendaciones para la construcción y rehabilitación de edificaciones en zonas inundables” establece recomendaciones generales para la adaptación, que se resumen en **evitar** que el agua entre en contacto con el edificio, **resistir** el contacto con el agua en caso de que se produzca la inundación exterior, y **tolerar** la entrada de agua de manera controlada en ciertas zonas del edificio cuando no sea posible evitar y resistir, implementando medidas que minimicen los daños. En los casos extremos se estudiaría la posibilidad de **retirar** el edificio.

<b>1. EVITAR</b> <i>Impedir que el agua alcance el edificio</i>	1.1 ADECUACIÓN DEL ENTORNO
	1.2 BARRERAS PERMANENTES
	1.3 BARRERAS TEMPORALES
<b>2. RESISTIR</b> <i>Impedir que el agua entre en el edificio</i>	2.1 IMPERMEABILIZACIÓN
	2.2 PROTECCIÓN DE HUECOS
<b>3. TOLERAR</b> <i>Adoptar medidas para limitar el daño</i>	3.1 INSTALACIONES
	3.2 ORGANIZACIÓN ESPACIAL
	3.3 ESPACIOS SEGUROS
<b>4. RETIRAR</b> <i>Riesgo inasumible</i>	4.1 ELEVACIÓN
	4.2 TRASLADO
	4.3 DEMOLICIÓN

Fig. 35: Criterios de actuación en edificios existentes. Recomendaciones para la construcción y rehabilitación de edificaciones en zonas inundables. Ministerio para la Transición Ecológica.



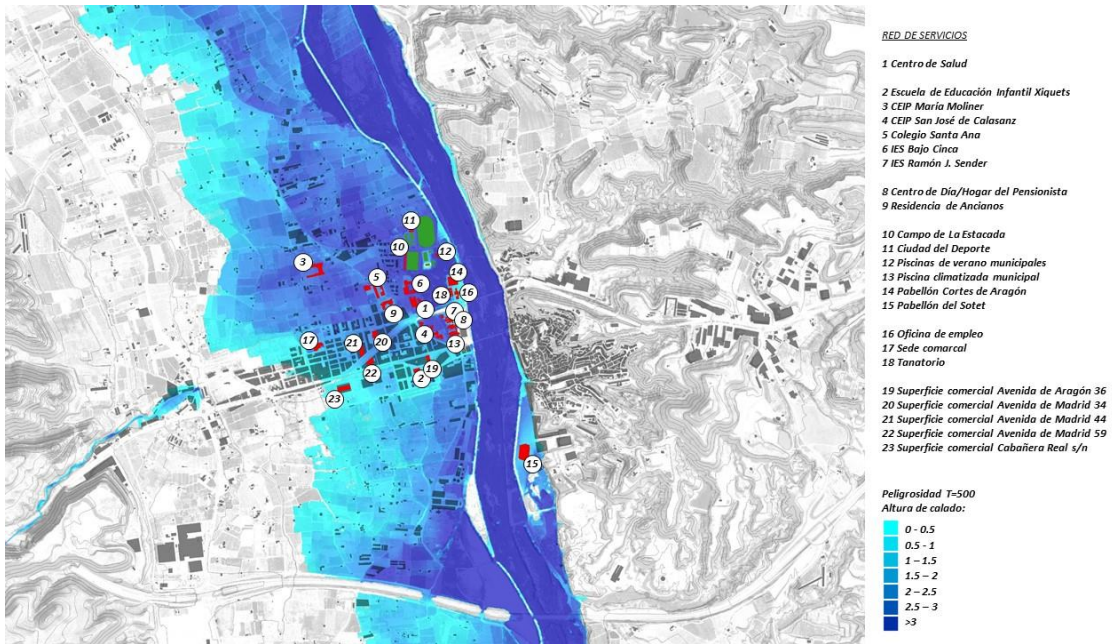


Fig. 36: Fraga. Peligrosidad T=500 y red de servicios.

- **Actividades sanitarias. Ejemplo: Centro de Salud de Fraga**



Fig. 37: Centro de salud de Fraga: peligrosidad T=100. SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica.

Los centros sanitarios son dotaciones muy sensibles a las inundaciones ya que sus condiciones de funcionamiento son muy específicas y su operatividad en caso de emergencia debe estar garantizada.

El Centro de Salud de Fraga se compone de tres bloques longitudinales. En planta baja, el primero de ellos alberga la recepción, administración, atención ambulatoria y el área destinada a salud mental. El segundo de ellos se emplea para instalaciones y comunicaciones, mientras el tercero contiene la zona de urgencias. Las consultas de medicina general, atención especializada, hospitalización y quirófanos se desarrollan en el primer y segundo piso.

Las alturas de calado son cercanas a los 2m para T=100 y a los 3m para T=500. Tolerar la entrada de agua en el edificio supondría la interrupción de la actividad, con elevados daños indirectos al poner en riesgo a los pacientes, y generaría pérdidas elevadas por la inutilización del equipamiento hasta su recuperación. Ante el carácter crítico de este equipamiento, se propone **EVITAR** la entrada de agua hasta la cota del periodo de retorno de 100 años ( $h=2m$ ) y **TOLERAR** su entrada para calados superiores adoptando medidas que limiten los daños. Al encontrarse en zona de flujo preferente, se estudiará si la construcción de la barrera permanente es pertinente o si supone una reducción significativa la capacidad de desagüe.



Fig. 38: Centro de Salud de Fraga. Google Maps.

Escenario	Principal estrategia de adaptación	Medidas complementarias
<b>Altura de calado</b> <b>h&lt;2m</b> <b>(T=100)</b>	- Aislamiento permanente del recinto: muro de hormigón armado integrado en el paisaje y barreras temporales desmontables de aluminio en los tres accesos para evitar el paso del agua, calculados y diseñados para soportar tanto la presión como los posibles impactos de elementos arrastrados	- Protección del centro de transformación - Instalación de válvulas antirretorno en abastecimiento y saneamiento - Zanja filtrante perimetral y sistema de bombeo para drenar el recinto
<b>Altura de calado</b> <b>h&gt;2m</b>	- Adecuación de la planta baja a la inundación - Elevación del grupo electrógeno - Elevación del depósito de oxígeno - Elevación de otras instalaciones de valor elevado: equipo de climatización, equipo de agua caliente sanitaria y equipos informáticos	- Sistema de bombeo para evacuar el agua del edificio tras la inundación - Ventilación adecuada que evite las humedades tras la inundación - Señalización de espacios seguros de evacuación y rescate

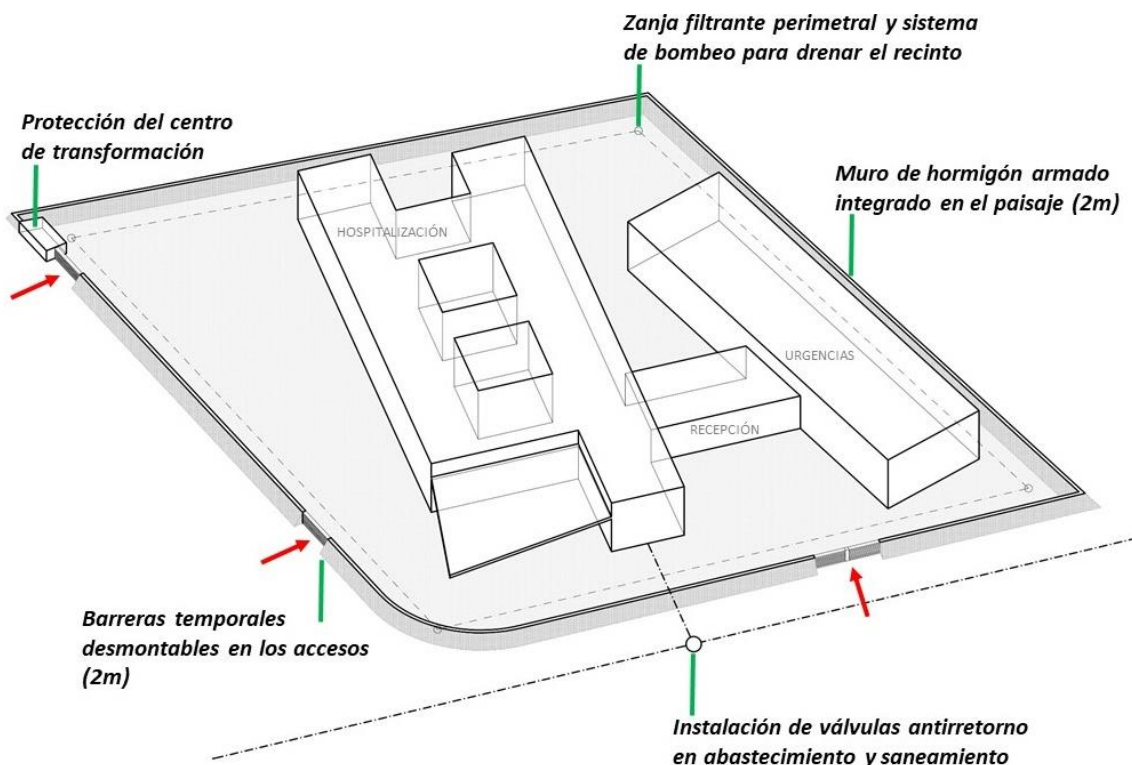


Fig. 39: Centro de Salud de Fraga: esquema de adaptación para T=100.

El acceso al recinto no está garantizado en caso de inundación, por lo que es conveniente estudiar una localización alternativa en caso de emergencia, teniendo en cuenta que tanto el Pabellón del Sotet como el Pabellón Cortes de Aragón se encuentran también en zonas vulnerables. La terraza, accesible y practicable, puede utilizarse como espacio seguro de evacuación y rescate.



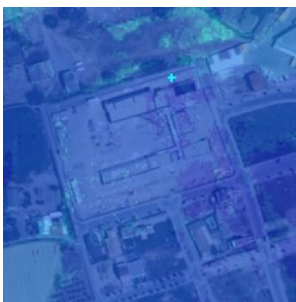


Fig. 40: Ejemplos de muros integrados en el paisaje. Grupo Tragsa.



Fig. 41: Ejemplos de barreras temporales: desmontable, deslizante y abatible. Flood Control International.

- **Actividades docentes. Ejemplo: CEIP María Moliner**



Peligrosidad por inundación fluvial T=100	
Profundidad del agua (metros)	1.45

Fig. 42: CEIP María Molimer: peligrosidad T=100. SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica.

Fraga cuenta con seis centros educativos en zona inundable. Además de aplicar todas las medidas generales, es prioritaria la rápida evacuación, por lo que se debe prestar especial atención al diseño de los accesos y los espacios seguros. En la medida de lo posible, las plantas inferiores de estos equipamientos se destinarán a la administración y otros usos no lectivos, quedando las aulas por encima de la cota de inundación.

El Colegio de Educación Infantil y Primaria María Moliner se compone de tres volúmenes: dos en planta baja (educación infantil en el primero; administración, comedor y gimnasio en el segundo) y un tercer volumen de una altura (educación primaria). El recinto está delimitado por un vallado perimetral que parte de un murete de 0.5m de altura.

Las alturas de calado son cercanas a los 1.5m para T=100 y a los 2.8m para T=500. Aprovechando el murete de hormigón existente de 0.5m de altura, se propone **EVITAR** la entrada de agua en el recinto hasta esa cota mediante barreras temporales desmontables de aluminio en los accesos (de 0.5m de altura y 3.5m de longitud). Para calados superiores, las barreras temporales aumentarían el tiempo de reacción, facilitando la evacuación de los usuarios hacia espacios seguros. Hasta la cota de la lámina de agua para T=100, se propone realizar una serie de modificaciones en la envolvente del edificio encaminadas a **RESISTIR** la entrada de agua, y para calados superiores, **TOLERAR** la entrada de agua con criterios de transparencia hidráulica, adoptando medidas para limitar el daño.





Fig. 43: CEIP María Moliner. Grupo Tragsa.

Escenario	Principal estrategia de adaptación	Medidas complementarias
<b>Altura de calado</b> <b>h&lt;0.5m</b> <b>(murete)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aislamiento permanente del recinto: barreras temporales desmontables de aluminio en los tres accesos para evitar el paso del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección del centro de transformación</li> <li>- Instalación de válvulas antirretorno en abastecimiento y saneamiento</li> <li>- Señalización de espacios seguros de evacuación y rescate</li> </ul>
<b>Altura de calado</b> <b>h&lt;1.5m</b> <b>(T=100)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcción de antepechos para minimizar los paños de vidrio</li> <li>- Sellado parcial de umbrales de ventanas mediante barreras metálicas temporales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas de protección temporal en rejillas de aireación</li> <li>- Impermeabilización y sellado de juntas y encuentros</li> </ul>
<b>Altura de calado</b> <b>h&gt;1.5m</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adecuación de la planta baja a la inundación</li> <li>- Elevación del grupo electrógeno</li> <li>- Elevación de otras instalaciones de valor elevado: equipo de climatización, equipo de agua caliente sanitaria y equipos informáticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de bombeo para evacuar el agua del edificio tras la inundación</li> <li>- Ventilación adecuada que evite las humedades tras la inundación</li> </ul>

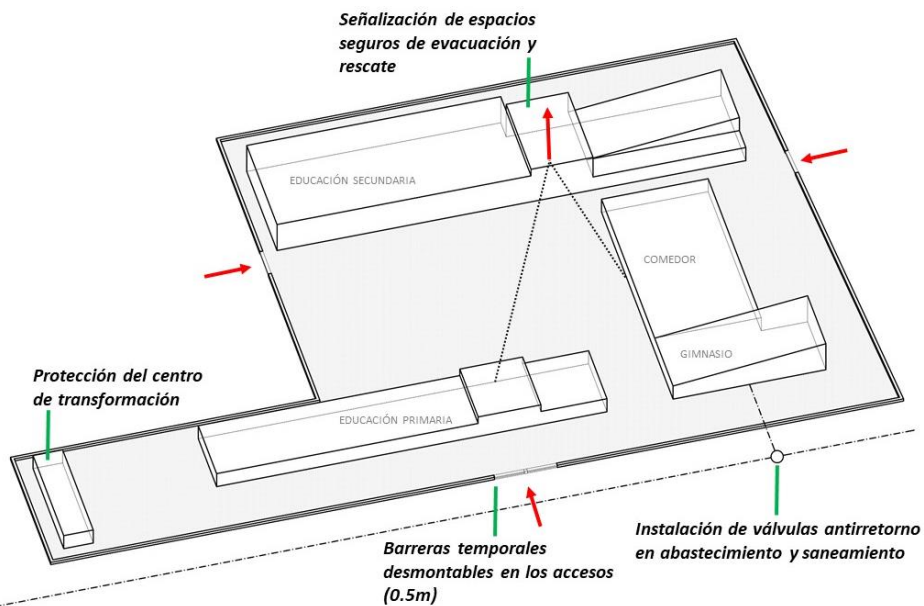


Fig. 44: CEIP María Moliner: esquema de adaptación para h<0.5m.

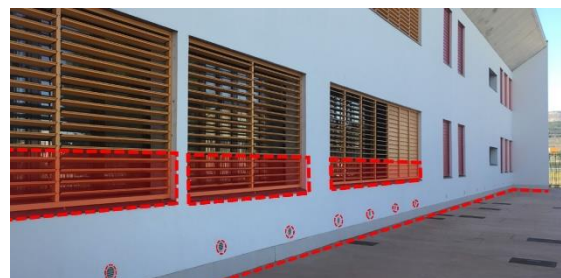


Fig. 45: Medidas para resistir h<1.5m: antepechos, sellado parcial de umbrales, protección temporal en rejillas y sellado de juntas.

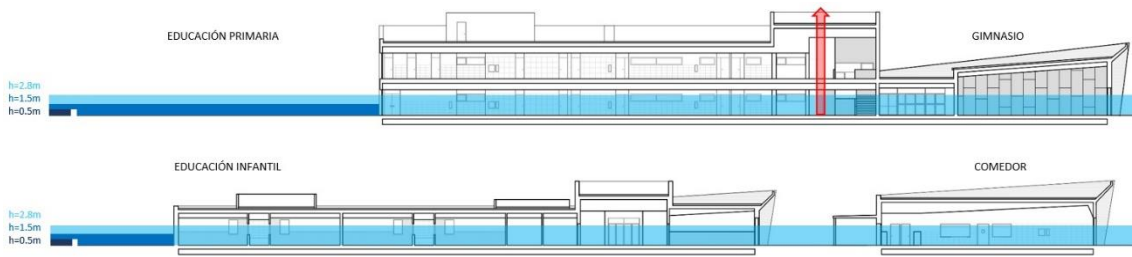
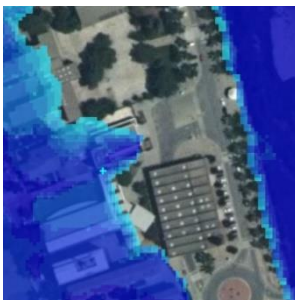


Fig. 46: CEIP María Moliner: EVITAR en h=0.5m, RESISTIR en h=1.5 (T=100) y TOLERAR en h=2.8 (T=500).



Fig. 47: Ejemplo de barrera temporal desmontable en accesos. Ciudad Deportiva de Tafalla (Navarra). Grupo Tragsa.

- **Actividades residenciales públicas. Ejemplo: Centro de Día de Fraga**



Peligrosidad por inundación fluvial T=100	
Profundidad del agua (metros)	1.78

Fig. 48: Centro de día de Fraga. SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica.

El Centro de Día, el Hogar del Pensionista y la Residencia de Ancianos son especialmente vulnerables por las características físicas de sus usuarios y las dificultades que pueden presentarse en la evacuación.

El Centro de Día se sitúa muy próximo al río Cinca y está conectado con el hogar del pensionista. La planta baja se destina en su totalidad a una sala polivalente con una capacidad para 300 personas, iluminada mediante un patio inglés. La primera planta se destina al centro de día y dispone de acceso directo desde la calle. En la segunda planta se encuentran las instalaciones que darán servicio común tanto al centro de día como al hogar del pensionista. La última planta alberga el grupo electrógeno, el cuarto de calderas y las máquinas de refrigeración.

El acceso principal y el centro de transformación se sitúan junto a la explanada de la Estación de Autobuses (este), y solo se ven afectados por la avenida de T=500, con un calado cercano 1m. Sin embargo, en la parte trasera (oeste) del edificio las alturas de calado son cercanas a los 1.8m para T=100 y a los 2.6m para T=500, de forma que el agua podría penetrar en el edificio a través del patio inglés, afectando a la sala polivalente.



Fig. 49: Centro de día de Fraga. Google Maps.

Escenario	Principal estrategia de adaptación	Medidas complementarias
Altura de calado $h < 2.6$ oeste $h < 1\text{m}$ este (T=500)	- Barrera metálica temporal en patio inglés - Instalación de válvulas antirretorno en abastecimiento y saneamiento	- Barrera metálica temporal en acceso principal - Protección del centro de transformación

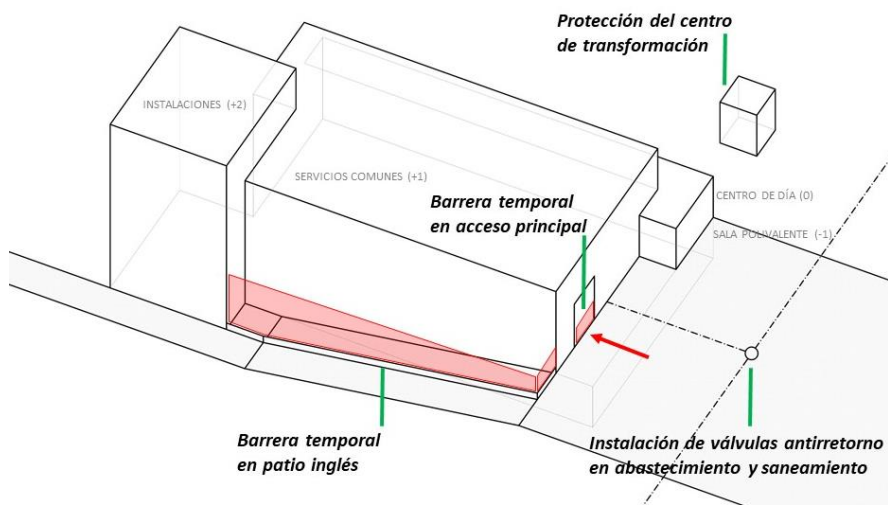


Fig. 50: Centro de Día de Fraga: esquema de adaptación para T=500.

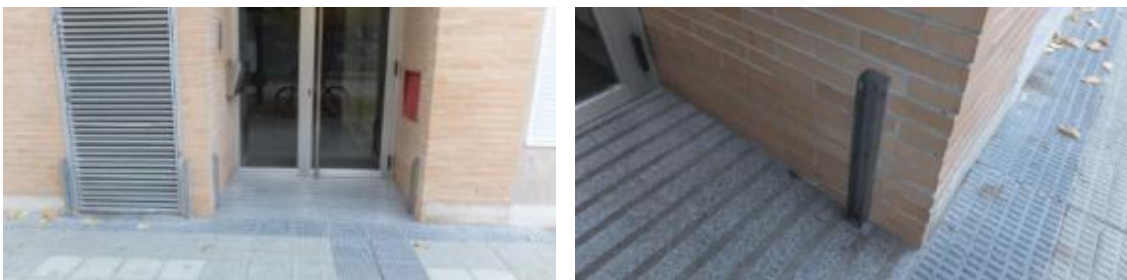
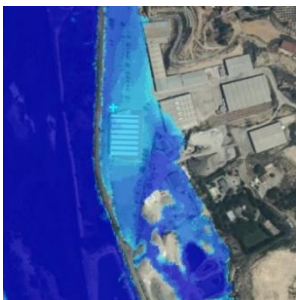


Fig. 51: Elementos metálicos para instalación de barreras temporales. Edificio residencial en Pamplona. Grupo Tragsa.

- **Actividades de espectáculos públicos y recreativas. Ejemplo: Pabellón del Sotet**



Peligrosidad por inundación fluvial T=100	
Profundidad del agua (metros)	0.58

Fig. 52: Pabellón del Sotet. SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica.



El recinto del Pabellón del Sotet, donde se celebra, entre otros eventos, la Feria del Equipamiento Agrícola, Industrial y Comercial de Fraga, se halla protegido de las inundaciones ordinarias por una mota. El “*Estudio hidráulico bidimensional del río Cinca en el término municipal de Fraga (Huesca), incluida propuesta de actuaciones para la reducción del riesgo de inundación de su núcleo urbano*”, elaborado en 2017 por Spesa Ingeniería S.A. a petición del Ayuntamiento de Fraga, propone actuaciones para evitar su rebasamiento para T=500.



Fig. 53: Pabellón del Sotet. Grupo Tragsa.



Fig. 54: Pabellón del Sotet y recinto ferial. Ayuntamiento de Fraga.

Para el periodo de retorno T=10, el agua rebasa la mota puntualmente, afectando al aparcamiento. Para T=100, la inundación afecta a todo el recinto y alcanza un calado cercano a 0.6m en el pabellón. Para T=500, el calado supera la altura de 1m en todo el recinto, superando puntualmente los 2m. Se propone, para la margen izquierda, el recrecido puntual de la mota y un muro de contención con barreras temporales en los accesos, y para la margen derecha, el retranqueo de la mota existente para evitar inundaciones adicionales.

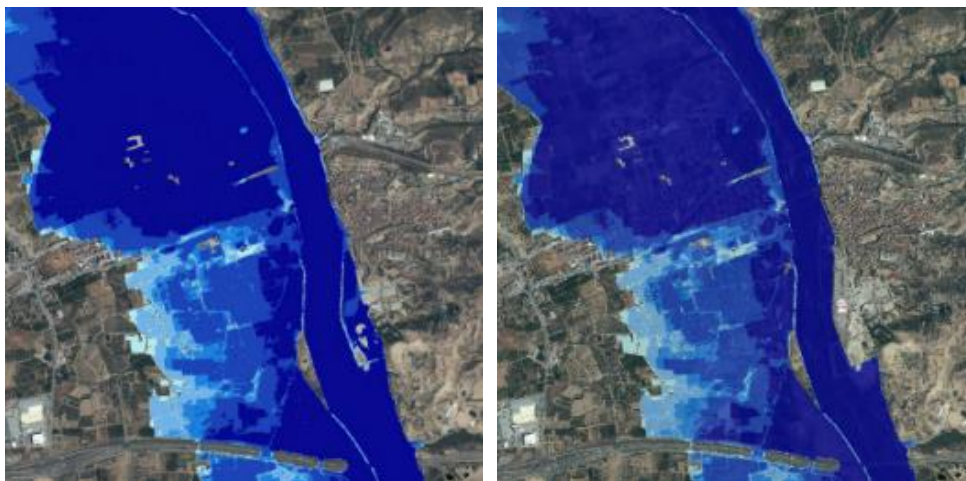


Fig. 55 Peligrosidad T=500 antes y después de la intervención. Spesa Ingeniería S.A.



Fig. 56: Anteproyecto de actuaciones de protección ante el riesgo de inundación por crecidas o avenidas del río Cinca en el núcleo urbano de Fraga (Huesca). Recreido de la mota de la margen izquierda y retranqueo de la derecha. Ayuntamiento de Fraga.

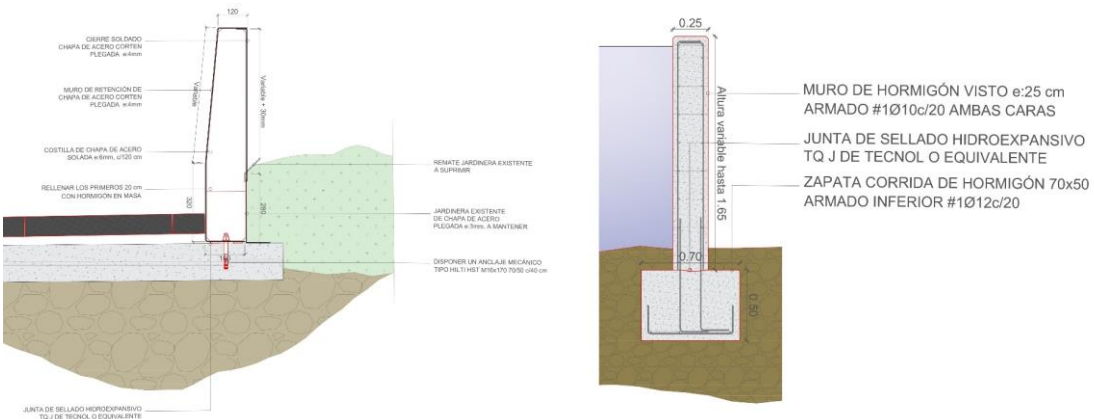
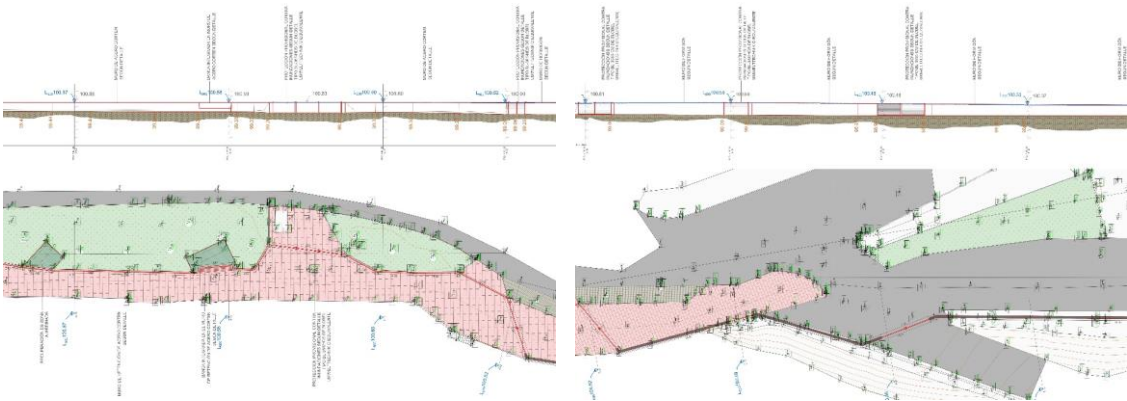


Fig. 57: Anteproyecto de actuaciones de protección ante el riesgo de inundación por crecidas o avenidas del río Cinca en el núcleo urbano de Fraga (Huesca). Muro de acero cortén, muro de hormigón armado y barreras temporales. Ayuntamiento de Fraga.



Fig. 58: Barreras temporales desmontables de aluminio. Modelo BL364. Blobel.



### 3.7. Adaptación de viviendas

- Cuando la expansión urbana se realice en zonas inundables, es conveniente garantizar la **transparencia hidráulica**, es decir, el paso libre del agua a través de las edificaciones de forma controlada, sin obstruir su movimiento natural y con la menor superficie posible de oposición frente a la avenida, de modo que la dirección longitudinal del edificio coincida con la dirección principal de la corriente y se minimice la presión hidrostática sobre muros y cerramientos. La elevación sobre pilares resulta aún menos agresiva con la dinámica fluvial y permite liberar las plantas bajas para desarrollar usos recreativos, o bien para el estacionamiento, combinado con aparcamientos temporales alternativos en zonas no inundables. El proyecto urbanístico de Matra (Romorantin-Lanthenay, Francia) constituye un ejemplo de buenas prácticas:

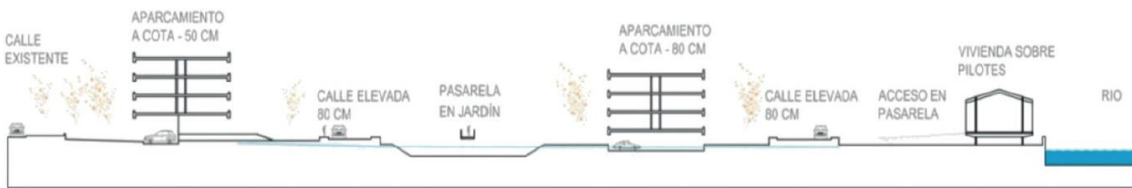


Fig. 59: Sección ilustrando el concepto de transparencia hidráulica. Eric Daniel-Lacombe Arquitectos.

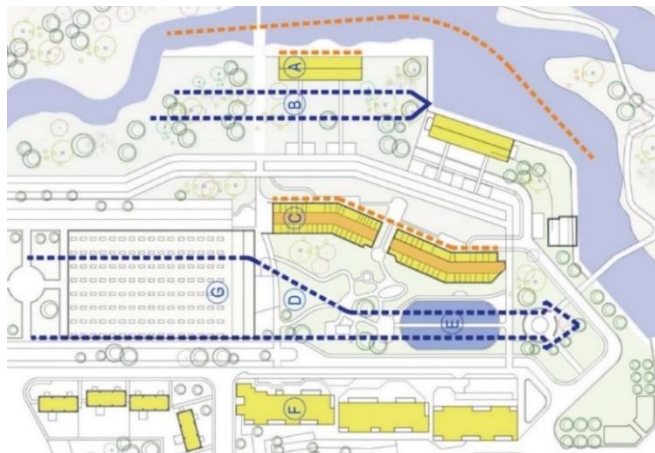


Fig. 60: Proyecto urbanístico de Matra (Romorantin-Lanthenay, Francia). Eric Daniel-Lacombe Arquitectos.

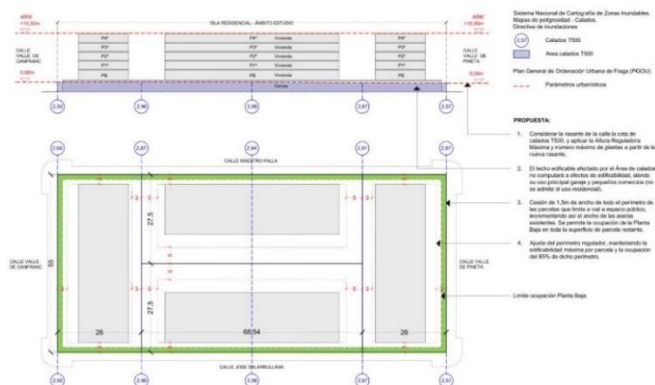


Fig. 61: Propuesta de ocupación en Fraga sin transparencia hidráulica. Ayuntamiento de Fraga.

- Fraga tiene además la oportunidad de aumentar su resiliencia incorporando elementos de la **agenda de la sostenibilidad** a los desarrollos residenciales previstos y al parque existente, en particular los sistemas de generación distribuida de origen renovable y autoconsumo de energía, y la descentralización de la gestión de los recursos hídricos.



### 3.8. Sistemas urbanos de drenaje sostenible e infraestructura verde y azul

La gestión del riesgo de inundación y la sostenibilidad ambiental son ámbitos estrechamente unidos, y los sistemas urbanos de drenaje sostenible y las infraestructuras verdes y azules son herramientas que permiten articular ambas problemáticas desde una visión integral encaminada a generar paisajes resilientes.

Fraga es atravesada por dos vías pecuarias, la Cañada Real de Aragón y el Cordel de Torrente a Velilla de Cinca. Este último señala aproximadamente el límite de la llanura de inundación, que puede identificarse geomorfológicamente a partir de la topografía, la vegetación y la presencia de sedimentos. De forma paralela a su trayecto discurren la Acequia Nueva y la Acequia Vieja, que aprovechan la orografía para la distribución del agua de regadío en la zona de huertas. Estos y otros elementos del paisaje pueden integrarse en el desarrollo urbano con criterios de conectividad ecológica, articulando diferentes aprovechamientos en una relación respetuosa con el espacio natural protegido de la Red Natura 2000 “Ríos Cinca y Alcanadre” y contribuyendo a la recarga sostenible del acuífero “Aluvial del Cinca”.

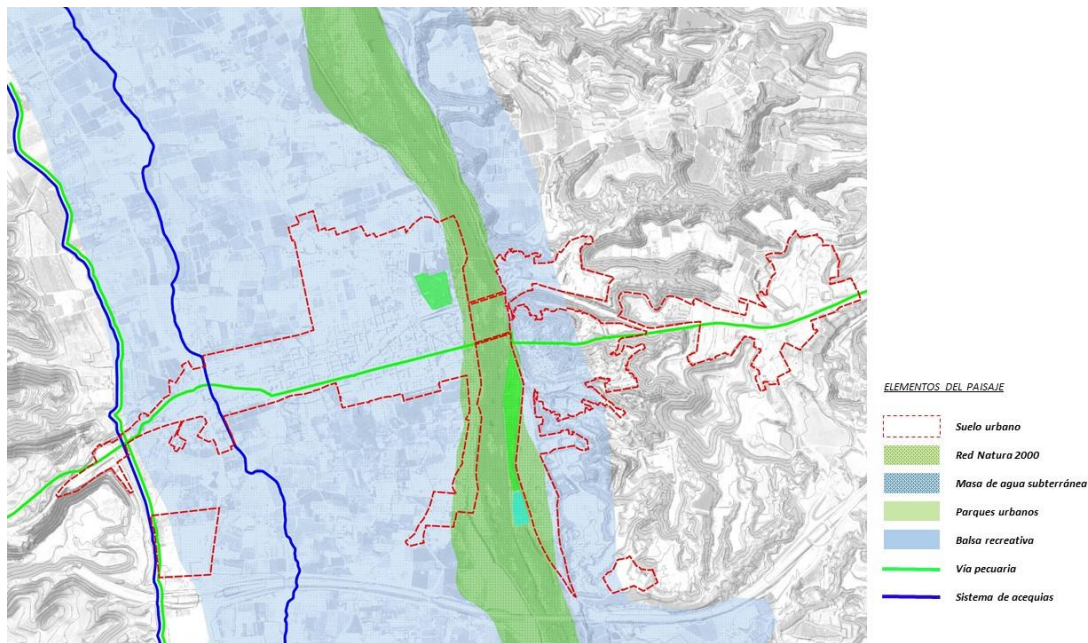


Fig. 62: Elementos del paisaje, Directiva Hábitats y Directiva Marco del Agua.

- **Permeabilización de aparcamientos y otras grandes superficies urbanas**

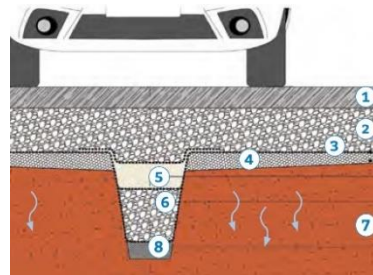
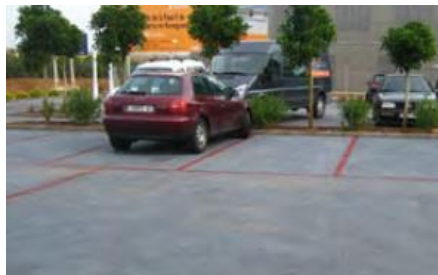
El alto nivel de impermeabilización de las ciudades, derivado fundamentalmente del modelo de movilidad, aumenta considerablemente la probabilidad de inundación y sus efectos. En este contexto, los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) son una herramienta preventiva de gestión del agua de lluvia que contribuye a minimizar esos procesos, siendo además un elemento paisajístico y para la mejora medioambiental del entorno. Tienen dos objetivos principales: reducir la cantidad de agua que llega al punto final de vertido, y mejorar la calidad del agua que se vierte al medio natural. La estrategia para conseguir una adecuada gestión del agua de lluvia consiste en actuar en cada uno de los tramos de su recorrido: en primer lugar, se debe detener el agua en su lugar de origen, en segundo lugar, ralentizar su recorrido a través del terreno urbanizado disminuyendo así la escorrentía, el tercer paso consiste en almacenar la cantidad de agua sobrante, y por último infiltrar el agua al terreno o reutilizarla.

El grado de implantación de los SUDS en Fraga es muy limitado. Dada la alta permeabilidad del terreno en la llanura de inundación, resulta muy pertinente incorporar a la normativa urbanística lo que se desprende del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, en relación con los SUDS. El artículo 126 ter, que establece diversos criterios de diseño y conservación, señala entre ellos: *“Las nuevas urbanizaciones, polígonos industriales y desarrollos urbanísticos en general, deberán introducir sistemas de drenaje sostenible, tales como superficies y acabados permeables, de forma que el eventual incremento del riesgo de inundación se mitigue”*.

Especial relevancia tienen los aparcamientos y otras grandes superficies urbanas, ya que su acabado, habitualmente bituminoso, influye en el comportamiento climático del entorno, incrementando el fenómeno isla de calor. Se han identificado 8 aparcamientos en Fraga (6 de ellos en zona inundable), y la suma de sus superficies equivale a 2 hectáreas. Es preciso incorporar criterios bioclimáticos en el diseño de estos espacios, estudiando la presencia de vegetación y el albedo de los materiales, y establecer indicadores como el coeficiente mínimo de impermeabilización y el porcentaje mínimo de superficie de implantación.



Fig. 63: Aparcamiento del recinto del Sotet. Grupo Tragsa.



1. Pavimento drenante de hormigón poroso
2. Sub-base de gravas
3. Geotéxtil filtrante
4. Gravas compactadas
5. Arena de sílice
6. Relleno de gravas en canal de recogida
7. Terreno natural
8. Solera de hormigón en canal de recogida

Fig. 64: Aparcamiento permeable en Benaguasil (Valencia). El agua en Benaguasil: un viaje en el tiempo.

#### • Balsas de infiltración

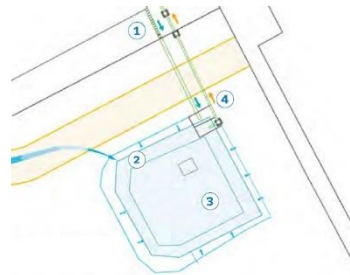
Al disponer de numerosos solares vacíos y rotondas en zona inundable, Fraga es un escenario apropiado para proponer tratamientos novedosos de los recursos hídricos a través de diversas modalidades de almacenamiento de agua integradas en el diseño urbano que permitan detener, ralentizar, almacenar e infiltrar el agua, incrementando la resiliencia urbana ante inundaciones. Se propone un modelo en el que se dosifique la entrada de aguas pluviales y de escorrentía en la red de saneamiento, evitando inundaciones por saturación e incrementando la eficiencia de la EDAR, al tiempo que se contribuye a una recarga sostenible de las masas de agua subterráneas. El vertido de las aguas desde las calles hasta las balsas de infiltración se realiza mediante modificaciones topográficas, cunetas verdes o zanjas filtrantes. Ante episodios de lluvias intensas, el rebose de agua es conducido a la red de saneamiento municipal. La balsa con fines recreativos situada junto al recinto del Sotet es una buena práctica replicable en otras zonas de gravera.



Fig. 65: Balsa del recinto del Sotet. Grupo Tragsa.



Fig. 66: Balsa de infiltración en Benaguasil (Valencia). El agua en Benaguasil: un viaje en el tiempo.



1. Captación de agua
2. Retención de agua, en superficie y en capa subsuperficial de grava
3. Infiltración
4. Conducción a red de saneamiento ante eventos de lluvia intensa

- **Laminación de avenidas**

Las infraestructuras verdes y azules son soluciones multifuncionales basadas en la naturaleza con beneficios ambientales (adaptación al cambio climático, conservación de la biodiversidad), sociales (calidad de vida y bienestar, fines recreativos), y económicas (creación de empleo, incremento del valor de las propiedades). Como complemento a las infraestructuras grises, las infraestructuras verdes y azules son útiles en la gestión del riesgo de inundación, aportando además múltiples beneficios ecosistémicos.

Los defensas laterales para la regulación de avenidas (motas, escolleras, encauzamientos, etc.) presentan en determinados casos limitaciones en su objetivo de reducir los efectos de las avenidas, al trasladar el riesgo aguas abajo o a la orilla opuesta, o al simplificar el trazado del río incrementando su velocidad y limitando el aporte de sedimentos. Además, el río Cinca ha asistido a lo largo de las últimas décadas a un proceso de estrechamiento debido a la ocupación humana para diferentes aprovechamientos, lo que ha incrementado el riesgo de inundación.



Fig. 67: Muro de hormigón en el río Cinca en Fraga. Grupo Tragsa.

La laminación de avenidas a través de la eliminación y retranqueo de defensas aguas arriba permite que parte del caudal quede remansado y llegue mermado a las zonas urbanas. La red de caminos tradicionales de Fraga constituye una base sobre la que trabajar en la delimitación de estos espacios. A partir de ellos pueden establecerse espacios no defendidos y con una ligera pendiente mediante una rebaja topográfica de los terrenos (cuyos materiales pueden ser devueltos al río), facilitando así tanto la laminación de avenidas como el desagüe posterior.





Fig. 68: Ejemplo de laminación de avenidas. Grupo Tragsa.



Fig. 69: Laminación de avenidas del río Zadorra y anillo verde interior. El anillo verde interior: hacia una infraestructura verde urbana en Vitoria-Gasteiz.

- **Corredores verdes y azules**

En momentos de alta pluviosidad puede producirse el colapso de los encauzamientos subterráneos, ya sea porque el caudal desborda su capacidad o porque los residuos sólidos generan su taponamiento. Restaurar los cauces de agua naturales, o incluso crearlos de manera artificial, se justifica en la mayor capacidad de desagüe de los cursos a cielo abierto y en su valor paisajístico. La descanalización del Barranco del Torn de Dios, actualmente embocinado en el área de Carretera Sariñena, es un posible escenario para trabajar en este sentido. Se propone integrar la vía pecuaria Cañada Real de Aragón en el diseño urbano con criterios de conectividad ecológica, mediante vías transitables con pavimentos permeables y vegetación en una apuesta multifuncional que incluya a las redes peatonales y ciclistas, generando una infraestructura verde y azul urbana capaz de canalizar el agua hacia zonas verdes y hacia el propio cauce del río.



Fig. 70: Encauzamiento subterráneo del Barranco del Torn de Dios. Google Maps



Fig. 71: Inundaciones en Sant Llorenç (Mallorca) agravadas por taponamiento de encauzamientos subterráneos. Grupo Tragsa.



Fig. 72: Fraga. Avenida de Aragón. Google Maps.



Fig. 73: Piloto de intervención Avenida Gasteiz – Río Batán. El anillo verde interior: hacia una infraestructura verde urbana en Vitoria-Gasteiz.

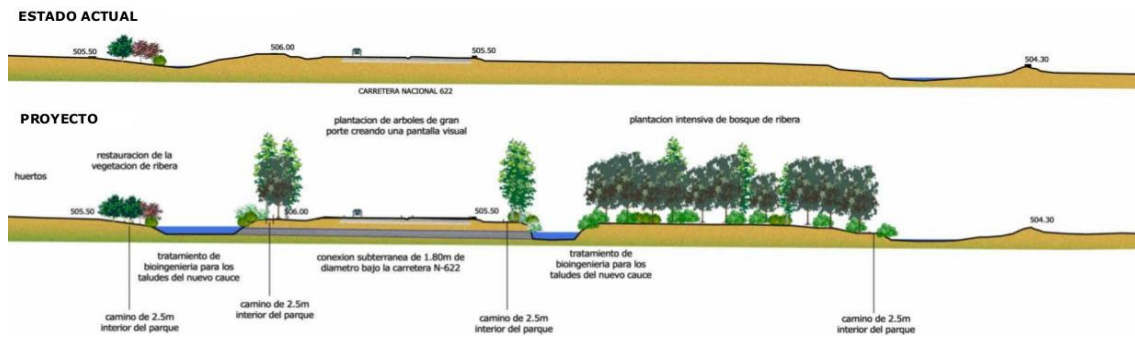


Fig. 74: Plan de adecuación hidráulica y restauración ambiental del río Zadorra a su paso por Vitoria-Gasteiz. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz

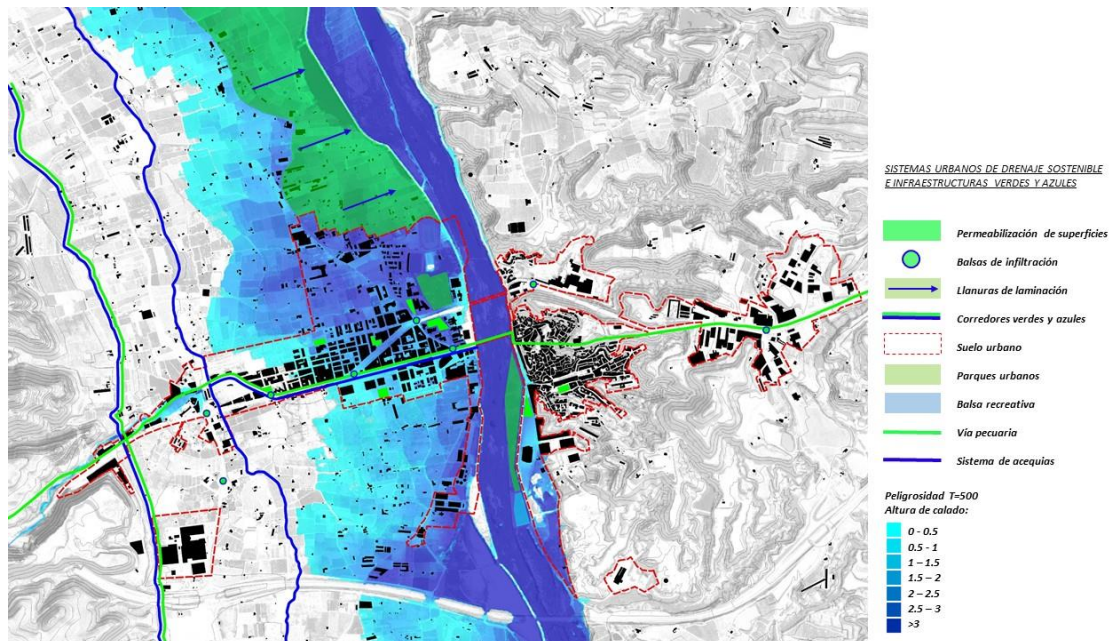


Fig. 75: Fraga. Propuestas de sistemas urbanos de drenaje sostenible e infraestructura verde y azul.

#### 4. POSIBLES FUENTES DE FINANCIACIÓN DE ESTRATEGIAS INTEGRALES

Se plantea un enfoque multiescalar de la resiliencia: transformaciones territoriales a largo plazo, complementadas con medidas inmediatas y puntuales a nivel local que hagan frente a eventos para los que, en condiciones actuales, no existe capacidad de respuesta. Para financiar este tipo de estrategias integrales, existen diversas opciones:

- La Unión Europea, en su *Programa Operativo de Crecimiento Sostenible de la Estrategia Europa 2020* incluye como uno de sus cuatro ejes prioritarios el *Desarrollo urbano integrado y sostenible*. A través de dicho programa, y con financiación procedente del *Fondo Europeo de Desarrollo Regional* (FEDER), muchos municipios están desarrollando ambiciosas **Estrategias de Desarrollo Urbano Sostenible e Integrado** (EDUSI), destinadas a ciudades o áreas funcionales urbanas de más de 20.000 habitantes.

- En el ámbito rural, la iniciativa comunitaria **LEADER**, con financiación procedente del *Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural* (FEADER), plantea luchar contra el despoblamiento a través de la diversificación de la economía y la participación activa de asociaciones, administraciones y empresas de las zonas beneficiarias, a través de Grupos de Acción Local que diseñan y ejecutan sus programas de desarrollo rural.

- **Acciones Urbanas Innovadoras** (UIA) es otra iniciativa europea que proporciona a áreas urbanas de más de 50.000 habitantes (o a agrupaciones urbanas que tengan al menos ese número de habitantes en total) los medios necesarios para poner a prueba nuevas soluciones de las que no existan experiencias previas y cuya puesta en práctica no siempre resulta viable por problemas de financiación.

- **URBACT** es un programa europeo de intercambio y aprendizaje que promueve el desarrollo urbano sostenible e integrado, y facilita que las ciudades europeas trabajen de forma conjunta en el desarrollo de soluciones efectivas y sostenibles para los principales desafíos a los que se enfrentan, compartiendo buenas prácticas y la experiencia adquirida e integrando dimensiones ambientales, económicas y sociales.

- El **Pacto de los Alcaldes para el Clima y la Energía** es otro espacio de intercambio con el que cuentan los municipios para comenzar a trabajar en estrategias integrales de adaptación y mitigación del cambio climático.

- De acuerdo con la *Comunicación de la Comisión Europea Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa*, se seguirán explorando las posibilidades de establecer mecanismos de financiación innovadores en apoyo de estas iniciativas. En España, la **Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas**, actualmente en desarrollo, marcará las directrices para la identificación y conservación de los elementos que componen la infraestructura verde estatal.

- El enfoque de la resiliencia puede abrir la puerta a nuevas formas de **alianzas público-privadas**. La administración puede atraer socios procedentes del sector empresarial que proporcionen tanto financiación como habilidades de gestión y respuesta.



## 5. VALORACIÓN ECONÓMICA

La cuantificación económica de las medidas depende del riesgo que se considere y el alcance con que se diseñen. Para obtener una estimación se sigue el procedimiento reflejado en la “Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones”.

El cálculo se realiza mediante la consideración de diferentes hipótesis de riesgo, atendiendo a los periodos de retorno de la inundación de 10, 100 y 500 años y el calado que se puede alcanzar. El alcance económico de las pérdidas se estima según la afección interior y exterior al edificio interior, así como las consecuencias en el equipamiento y actividad del edificio. Conocida la probabilidad de los sucesos y los daños que se producirían, se calcula el daño anual medio esperado por avenidas mediante la fórmula que integra los daños y sus frecuencias:

$$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{D(x_{i-1}) + D(x_i)}{2} [P(x \geq x_{i-1}) - P(x \geq x_i)]$$

Con estos condicionantes, se plantean diferentes estrategias preventivas y su coste estimado de ejecución, permitiendo determinar las alternativas con una mayor reducción del riesgo y con una relación beneficio/coste más ventajosa. En todos los casos, las primeras medidas serán implementar los Planes de Autoprotección y asegurar los edificios, con el fin de salvaguardar al máximo la seguridad de las personas, los bienes más sensibles y la capacidad de recuperación.

Para una obtener los daños totales estimados que se producirían en situación actual en caso de inundación, se utilizan los costes estimados reflejados en la siguiente tabla:

DAÑOS TOTALES	COSTE ESTIMADO €	Nivel de agua		
		0,5m Afección	1,5m Afección	3m Afección
<b>GENERAL (ESTIMADO POR m<sup>2</sup>)</b>				
Pavimento cerámico	45 €	0%	25%	40%
Pavimento tarima	60 €	100%	100%	100%
Falsos techos	15 a 20 €	0%	0%	100%
Limpieza y gestión de residuos	10 a 15 €	30%	100%	100%
<b>GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m<sup>2</sup>)</b>				
Fachadas	30 €	0%	0%	30%
Paramentos	30 €	25%	60%	95%
Puertas	20 a 40 €	75%	100%	100%
Vidrios y carpinterías	25 a 50 €	0%	40%	80%
<b>INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m<sup>2</sup>)</b>				
Instalación eléctrica y luminarias	70 a 100 €	10%	50%	70%
Fontanería y saneamiento	70 a 100 €	0%	40%	80%
<b>INSTALACIONES (COSTE ESTIMADO TOTAL)</b>				
Grupo electrógeno	15.000 a 25.000 €	100%	100%	100%
Equipo de climatización	10.000 a 30.000 €	0%	0%	100%
Equipo de agua caliente sanitaria	10.000 a 30.000 €	0%	25%	60%
Depósito de oxígeno (Hospital)	20.000 €	100%	100%	100%
<b>CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)</b>				
Mobiliario	10.000 a 100.000 €	50%	100%	100%
Equipos informáticos	10.000 a 30.000 €	50%	100%	100%
<b>ACTIVIDAD (COSTE ESTIMADO POR INUTILIZACIÓN HASTA RECUPERACIÓN)</b>				
Cese de actividad	25.000 a 200.000 €	50%	75%	100%

Fig. 76: Estimación de daños totales por niveles de agua.

- Centro de Salud de Fraga

Daños totales en situación actual estimados por escenario (planta baja, 2400 m<sup>2</sup>):

- Se realiza una estimación de los daños totales en situación actual para 0.5m, 1.5m y 3m, calculando las pérdidas (P) en función del porcentaje de afección (A).

DAÑOS TOTALES SITUACIÓN ACTUAL	COSTE ESTIMADO €	COSTE ESTIMADO € 2400 m <sup>2</sup>	Nivel de agua					
			0,5m		1,5m		3m	
			A (%)	P (€)	A (%)	P (€)	A (%)	P (€)
<b>GENERAL (ESTIMADO POR m<sup>2</sup>)</b>								
Pavimento cerámico	45 €	108.000 €	0%	0 €	25%	27.000 €	40%	43.200 €
Falsos techos	20 €	48.000 €	0%	0 €	0%	0 €	100%	48.000 €
Limpieza y gestión de residuos	15 €	36.000 €	30%	10.800 €	100%	36.000 €	100%	36.000 €
<b>GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m<sup>2</sup>)</b>								
Fachadas	30 €	72.000 €	0%	0 €	0%	0 €	30%	21.600 €
Paramentos	30 €	72.000 €	25%	18.000 €	60%	43.200 €	95%	68.400 €
Puertas	40 €	96.000 €	75%	72.000 €	100%	96.000 €	100%	96.000 €
Vidrios y carpinterías	50 €	120.000 €	0%	0 €	40%	48.000 €	80%	96.000 €
<b>INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m<sup>2</sup>)</b>								
Instalación eléctrica y luminarias	100 €	240.000 €	10%	24.000 €	50%	120.000 €	70%	168.000 €
Fontanería y saneamiento	100 €	240.000 €	0%	0 €	40%	96.000 €	80%	192.000 €
<b>INSTALACIONES (COSTE ESTIMADO TOTAL)</b>								
Grupo electrógeno	25.000 €	25.000 €	100%	25.000 €	100%	25.000 €	100%	25.000 €
Equipo de climatización	30.000 €	30.000 €	0%	0 €	0%	0 €	100%	30.000 €
Equipo de agua caliente sanitaria	30.000 €	30.000 €	0%	0 €	25%	7.500 €	60%	18.000 €
Depósito de oxígeno	20.000 €	20.000 €	100%	20.000 €	100%	20.000 €	100%	20.000 €
<b>CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)</b>								
Mobiliario	100.000 €	100.000 €	50%	50.000 €	100%	100.000 €	100%	100.000 €
Equipos informáticos	30.000 €	30.000 €	50%	15.000 €	100%	30.000 €	100%	30.000 €
<b>ACTIVIDAD (COSTE ESTIMADO POR INUTILIZACIÓN HASTA RECUPERACIÓN)</b>								
Cese de actividad	200.000 €	200.000 €	50%	100.000 €	75%	150.000 €	100%	200.000 €
<b>COSTE ESTIMADO TOTAL €</b>		<b>1.467.000 €</b>		<b>334.800 €</b>		<b>798.700 €</b>		<b>1.192.200 €</b>

Valor estimado de los daños en función de la altura del agua:

- Para calcular el valor estimado correspondiente a cada periodo de retorno se aplica una regla proporcional utilizando los datos de la tabla anterior. A continuación, se calcula el daño anual medio mediante la suma del daño incremental de cada intervalo de probabilidad aplicando la fórmula que integra los daños y sus frecuencias, y se multiplica para obtener las pérdidas potenciales durante un periodo de 30 años.



SITUACIÓN ACTUAL		
Daños (€) h=0,5	Daños (€) h=1,5	Daños (€) h=3
334.800 €	798.700 €	1.192.200 €
Daños (€) T10 h=0	Daños (€) T100 h=2	Daños (€) T500 h=3
0 €	945.000 €	1.192.200 €

SITUACIÓN ACTUAL	T=10	T=100	T=500
Altura de agua (m)	0	2	3
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
Daño	0,00 €	945.000,00 €	1.192.000,00 €
Daño incremental	0,00 €	42.525,00 €	8.548,00 €
Daño anual medio			51.073,00 €
Daño acumulado en 30 años (€)			1.532.190,00 €

Alternativas de adaptación:

- Se plantean diferentes alternativas de adaptación y su coste estimado de ejecución:

ALTERNATIVA 1: Tolerar la entrada de agua			
TOLERAR	INSTALACIONES	Protección del centro de transformación	6.000 €
		Instalación de válvulas antirretorno en abastecimiento y saneamiento	10.000 €
		Sistema de bombeo para evacuar el agua del edificio tras la inundación	6.000 €
		Ventilación adecuada que evite las humedades tras la inundación	6.000 €
		Adecuación de la planta baja a la inundación (40€ x m <sup>2</sup> )	96.000 €
	ORGANIZACIÓN ESPACIAL	Elevación del grupo electrógeno	5.000 €
		Elevación del depósito de oxígeno	5.000 €
		Elevación de otras instalaciones de valor elevado: equipo de climatización, equipo de agua caliente sanitaria y equipos informáticos	6.000 €
	ESPACIOS SEGUROS	Señalización de espacios seguros de evacuación y rescate	5.000 €
	<b>TOTAL TOLERAR</b>		
<b>COSTE ESTIMADO TOTAL €</b>			<b>145.000 €</b>

ALTERNATIVA 2: Evitar h<2m + protección centro transformación, válvulas antirretorno			
EVITAR	ADECUACIÓN DEL ENTORNO	Zanja filtrante perimetral (350m) y sistema de bombeo para drenar el recinto (20€ x m + 15.000€)	22.000 €
	BARRERAS PERMANENTES	Muro de hormigón armado integrado en el paisaje: 0.25m espesor, 2.25m altura, 375m longitud + zapata + excavación + paisajismo	200.000 €
	BARRERAS TEMPORALES	Barreras temporales desmontables de aluminio en los tres accesos: 30+15+15 módulos de 0.1 m espesor, 0.15m altura, 4.425m longitud	120.000 €
	<b>TOTAL EVITAR</b>		<b>342.000 €</b>
TOLERAR	INSTALACIONES	Protección del centro de transformación	6.000 €
		Instalación de válvulas antirretorno en abastecimiento y saneamiento	10.000 €
<b>TOTAL TOLERAR</b>			<b>16.000 €</b>
<b>COSTE ESTIMADO TOTAL €</b>			<b>358.000 €</b>

<b>ALTERNATIVA 3: Evitar h&lt;2m + Tolerar h&gt;2m</b>	
<b>TOTAL TOLERAR</b>	<b>145.000 €</b>
<b>TOTAL EVITAR</b>	<b>342.000 €</b>
<b>COSTE ESTIMADO TOTAL €</b>	<b>487.000 €</b>

Análisis beneficio/coste:

- Se calcula el daño residual o valor estimado de los daños en función de la altura del agua tras implementar cada alternativa, y se obtienen las pérdidas potenciales durante un periodo de 30 años utilizando el procedimiento anterior. Por último, se comparan las alternativas con el fin de identificar la mayor reducción del riesgo y la relación beneficio/coste más ventajosa:

COSTE ALTERNATIVA 1 (€)	145.000 €		
Daño residual	0,00 €	540.000,00 €	774.300,00 €
Daño residual incremental	0,00 €	24.300,00 €	5.257,20 €
Daño residual anual medio			<b>29.557,20 €</b>
Daño residual acumulado en 30 años			<b>886.716,00 €</b>
Reducción del riesgo			<b>42,13%</b>
Beneficio/Coste			<b>4,45</b>

COSTE ALTERNATIVA 2 (€)	358.000 €		
Daño residual	0,00 €	0,00 €	1.192.200,00 €
Daño residual incremental	0,00 €	0,00 €	4.768,80 €
Daño residual anual medio			<b>4.768,80 €</b>
Daño residual acumulado en 30 años			<b>143.064,00 €</b>
Reducción del riesgo			<b>90,66%</b>
Beneficio/Coste			<b>3,88</b>

COSTE ALTERNATIVA 3 (€)	487.000 €		
Daño residual	0,00 €	0,00 €	774.300,00 €
Daño residual incremental	0,00 €	0,00 €	3.097,20 €
Daño residual anual medio			<b>3.097,20 €</b>
Daño residual acumulado en 30 años			<b>92.916,00 €</b>
Reducción del riesgo			<b>93,94%</b>
Beneficio/Coste			<b>2,96</b>



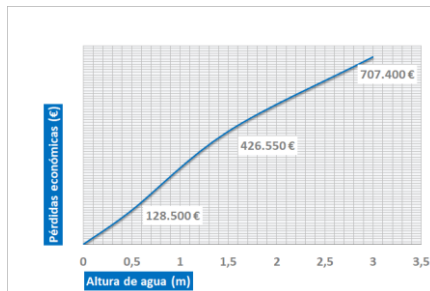
Conclusión: la alternativa 1 presenta la relación beneficio/coste más ventajosa, pero una reducción del riesgo limitada. El carácter crítico del edificio justifica la reducción teórica del 93,94% del riesgo mediante la implantación de la alternativa 3.

- **CEIP María Moliner**

Daños totales en situación actual estimados por escenario (planta baja, 2800 m<sup>2</sup>):

DAÑOS TOTALES SITUACIÓN ACTUAL	COSTE ESTIMADO €	COSTE ESTIMADO € 2800 m <sup>2</sup>	Nivel de agua					
			0,5m		1,5m		3m	
			A (%)	P (€)	A (%)	P (€)	A (%)	P (€)
<b>GENERAL (ESTIMADO POR m<sup>2</sup>)</b>								
Pavimento cerámico	45 €	126.000 €	0%	0 €	25%	31.500 €	40%	50.400 €
Falsos techos	15 €	42.000 €	0%	0 €	0%	0 €	100%	42.000 €
Limpieza y gestión de residuos	10 €	28.000 €	30%	8.400 €	100%	28.000 €	100%	28.000 €
<b>GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m<sup>2</sup>)</b>								
Fachadas	30 €	84.000 €	0%	0 €	0%	0 €	30%	25.200 €
Paramentos	30 €	84.000 €	25%	21.000 €	60%	50.400 €	95%	79.800 €
Puertas	20 €	56.000 €	75%	42.000 €	100%	56.000 €	100%	56.000 €
Vidrios y carpinterías	25 €	70.000 €	0%	0 €	40%	28.000 €	80%	56.000 €
<b>INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m<sup>2</sup>)</b>								
Instalación eléctrica y luminarias	70 €	196.000 €	10%	19.600 €	50%	98.000 €	70%	137.200 €
Fontanería y saneamiento	70 €	196.000 €	0%	0 €	40%	78.400 €	80%	156.800 €
<b>INSTALACIONES (COSTE ESTIMADO TOTAL)</b>								
Grupo electrógeno	15.000 €	15.000 €	100%	15.000 €	100%	15.000 €	100%	15.000 €
Equipo de climatización	10.000 €	10.000 €	0%	0 €	0%	0 €	100%	10.000 €
Equipo de agua caliente sanitaria	10.000 €	10.000 €	0%	0 €	25%	2.500 €	60%	6.000 €
<b>CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)</b>								
Mobiliario	10.000 €	10.000 €	50%	5.000 €	100%	10.000 €	100%	10.000 €
Equipos informáticos	10.000 €	10.000 €	50%	5.000 €	100%	10.000 €	100%	10.000 €
<b>ACTIVIDAD (COSTE ESTIMADO POR INUTILIZACIÓN HASTA RECUPERACIÓN)</b>								
Cese de actividad	25.000 €	25.000 €	50%	12.500 €	75%	18.750 €	100%	25.000 €
<b>COSTE ESTIMADO TOTAL €</b>		<b>962.000 €</b>		<b>128.500 €</b>		<b>426.550 €</b>		<b>707.400 €</b>

Valor estimado de los daños en función de la altura del agua:



SITUACIÓN ACTUAL		
Daños (€) h=0,5	Daños (€) h=1,5	Daños (€) h=3
128.500 €	426.550 €	707.400 €
Daños (€) T10 h=0	Daños (€) T100 h=1,5	Daños (€) T500 h=2,8
0 €	426.550 €	670.000 €

SITUACIÓN ACTUAL	T=10	T=100	T=500
Altura de agua (m)	0	1,5	2,8
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
Daño	0,00 €	426.550,00 €	670.000,00 €
Daño incremental	0,00 €	19.194,75 €	4.386,20 €
Daño anual medio			23.580,95 €
Daño acumulado en 30 años (€)			707.428,50 €

Alternativas de adaptación:

ALTERNATIVA 1: Evitar h<0.5m + protección centro transformación, válvulas antirretorno, señalización			
EVITAR	BARRERAS TEMPORALES	Barreras temporales desmontables de aluminio en los tres accesos: 4+2+2 módulos de 0.1 m espesor, 0.15m altura, 4.425m longitud	16.000 €
<b>TOTAL EVITAR</b>			<b>16.000 €</b>
TOLERAR	INSTALACIONES	Protección del centro de transformación Instalación de válvulas antirretorno en abastecimiento y saneamiento	6.000 € 10.000 €
	ORGANIZACIÓN ESPACIAL	Señalización de espacios seguros de evacuación y rescate	5.000 €
<b>TOTAL TOLERAR</b>			<b>21.000 €</b>
<b>COSTE €</b>			<b>37.000 €</b>

ALTERNATIVA 2: Evitar h<0.5m + protección centro transformación, válvulas antirretorno, señalización + Resistir h<1.5m			
<b>TOTAL EVITAR</b>			<b>16.000 €</b>
<b>TOTAL TOLERAR</b>			<b>21.000 €</b>
RESISTIR	PROTECCIÓN DE HUECOS	Construcción de antepechos para minimizar los paños de vidrio: 4 x 0.25m espesor, 1.5m altura, 10m longitud + zapata + excavación	25.000 €
		Sellado parcial de umbrales de 30 ventanas mediante barreras metálicas temporales (300€ x unidad)	9.000 €
	IMPENMEABILIZACIÓN	Sistemas de protección temporal en 40 rejillas de aireación (50€ x unidad)	2.000 €
			5.000 €
<b>TOTAL RESISTIR</b>			<b>41.000 €</b>
<b>COSTE €</b>			<b>78.000 €</b>

ALTERNATIVA 3: Evitar h<0.5m + Resistir h<1.5m + Tolerar h>1.5m			
<b>TOTAL EVITAR</b>			<b>16.000 €</b>
<b>TOTAL RESISTIR</b>			<b>41.000 €</b>
TOLERAR	INSTALACIONES	Protección del centro de transformación	6.000 €
		Instalación de válvulas antirretorno en abastecimiento y saneamiento	5.000 €
		Sistema de bombeo para evacuar el agua del edificio tras la inundación	6.000 €
		Ventilación adecuada que evite las humedades tras la inundación	6.000 €
	ORGANIZACIÓN ESPACIAL	Adecuación de la planta baja a la inundación (40€ x m²)	112.000 €
		Elevación del grupo electrógeno	3.000 €
		Elevación de otras instalaciones de valor elevado: equipo de climatización, equipo de agua caliente sanitaria y equipos informáticos	4.000 €
ESPACIOS SEGUROS	Señalización de espacios seguros de evacuación y rescate	5.000 €	
<b>TOTAL TOLERAR</b>			<b>147.000 €</b>
<b>COSTE €</b>			<b>204.000 €</b>

### Análisis beneficio/coste:

COSTE ALTERNATIVA 1 (€)	37.000 €		
Daño residual	0,00 €	348.150,00 €	560.000,00 €
Daño residual incremental	0,00 €	15.666,75 €	3.632,60 €
Daño residual anual medio			<b>19.299,35 €</b>
Daño residual acumulado en 30 años			<b>578.980,50 €</b>
<b>Reducción del riesgo</b>			<b>18,16%</b>
<b>Beneficio/Coste</b>			<b>3,47</b>

COSTE ALTERNATIVA 2 (€)	78.000 €		
Daño residual	0,00 €	58.800,00 €	450.000,00 €
Daño residual incremental	0,00 €	2.646,00 €	2.035,20 €
Daño residual anual medio			<b>4.681,20 €</b>
Daño residual acumulado en 30 años			<b>140.436,00 €</b>
<b>Reducción del riesgo</b>			<b>80,15%</b>
<b>Beneficio/Coste</b>			<b>7,27</b>

COSTE ALTERNATIVA 3 (€)	204.000 €		
Daño residual	0,00 €	58.800,00 €	320.000,00 €
Daño residual incremental	0,00 €	2.646,00 €	1.515,20 €
Daño residual anual medio			<b>4.161,20 €</b>
Daño residual acumulado en 30 años			<b>124.836,00 €</b>
<b>Reducción del riesgo</b>			<b>82,35%</b>
<b>Beneficio/Coste</b>			<b>2,86</b>

Conclusión: la alternativa 2, que reduce significativamente el daño hasta T=100, presenta la relación beneficio/coste más ventajosa (7,27).

- Centro de Día de Fraga

Se analiza la entrada de agua por la fachada este, afectada en T=100:

Daños totales en situación actual estimados por escenario (planta baja, 400 m<sup>2</sup>):

DAÑOS TOTALES SITUACIÓN ACTUAL	COSTE ESTIMADO €	COSTE ESTIMADO TOTAL € 400 m <sup>2</sup>	Nivel de agua					
			0,5m		1,5m		3m	
			A (%)	P (€)	A (%)	P (€)	A (%)	P (€)
<b>GENERAL (ESTIMADO POR m<sup>2</sup>)</b>								
Pavimento tarima	60 €	24.000 €	100%	24.000 €	100%	24.000 €	100%	24.000 €
Falsos techos	15 €	6.000 €	0%	0 €	0%	0 €	100%	6.000 €
Limpieza y gestión de residuos	10 €	4.000 €	30%	1.200 €	100%	4.000 €	100%	4.000 €
<b>GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m<sup>2</sup>)</b>								
Fachadas	30 €	12.000 €	0%	0 €	0%	0 €	30%	3.600 €
Paramentos	30 €	12.000 €	25%	3.000 €	60%	7.200 €	95%	11.400 €
Puertas	20 €	8.000 €	75%	6.000 €	100%	8.000 €	100%	8.000 €
Vidrios y carpinterías	25 €	10.000 €	0%	0 €	40%	4.000 €	80%	8.000 €
<b>INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m<sup>2</sup>)</b>								
Instalación eléctrica y luminarias	70 €	28.000 €	10%	2.800 €	50%	14.000 €	70%	19.600 €
Fontanería y saneamiento	70 €	28.000 €	0%	0 €	40%	11.200 €	80%	22.400 €
<b>CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)</b>								
Mobiliario	10.000 €	10.000 €	50%	5.000 €	100%	10.000 €	100%	10.000 €
<b>ACTIVIDAD (COSTE ESTIMADO POR INUTILIZACIÓN HASTA RECUPERACIÓN)</b>								
Cese de actividad	25.000 €	25.000 €	50%	12.500 €	75%	18.750 €	100%	25.000 €
<b>COSTE ESTIMADO TOTAL €</b>		<b>167.000 €</b>		<b>54.500 €</b>		<b>101.150 €</b>		<b>142.000 €</b>

Propuesta de adaptación:

<b>PROPUESTA: Evitar la entrada de agua para h&lt;2.6m + válvulas antirretorno</b>			
EVITAR	BARRERAS TEMPORALES	Protección sobre el murete del patio inglés (h=0.6m) mediante barreras metálicas temporales (h=2m)	30.000 €
<b>TOTAL EVITAR</b>			<b>30.000 €</b>
TOLERAR	INSTALACIONES	Instalación de válvulas antirretorno en abastecimiento y saneamiento	5.000 €
<b>TOTAL TOLERAR</b>			<b>5.000 €</b>
<b>COSTE €</b>			<b>35.000 €</b>

Análisis beneficio/coste:

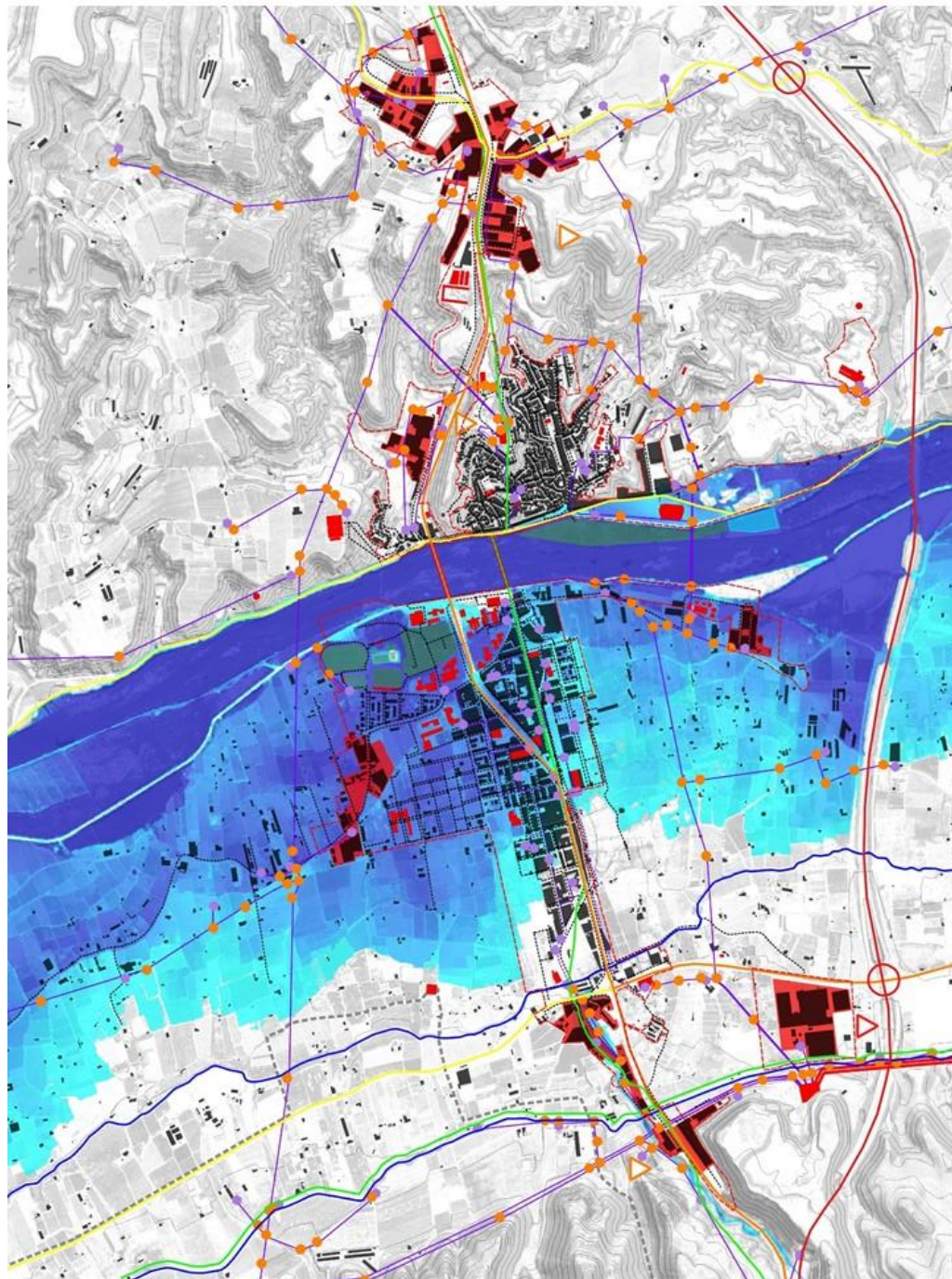
SITUACIÓN ACTUAL	T=10	T=100	T=500
Altura de agua (m)	0	1,8	2,6
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
Daño	0,00 €	110.000,00 €	135.000,00 €
Daño incremental	0,00 €	4.950,00 €	980,00 €
Daño anual medio			<b>5.930,00 €</b>
Daño acumulado en 30 años (€)			<b>177.900,00 €</b>
PROPUESTA (€)	35.000 €		
Daño residual	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Daño residual incremental	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Daño residual anual medio			<b>0,00 €</b>
Daño residual acumulado en 30 años			<b>0,00 €</b>
<b>Reducción del riesgo</b>	<b>100,00%</b>		
<b>Beneficio/Coste</b>	<b>5,08</b>		

Conclusión: la propuesta plantea una reducción teórica del 100% del riesgo con una relación beneficio/coste de 5,08.



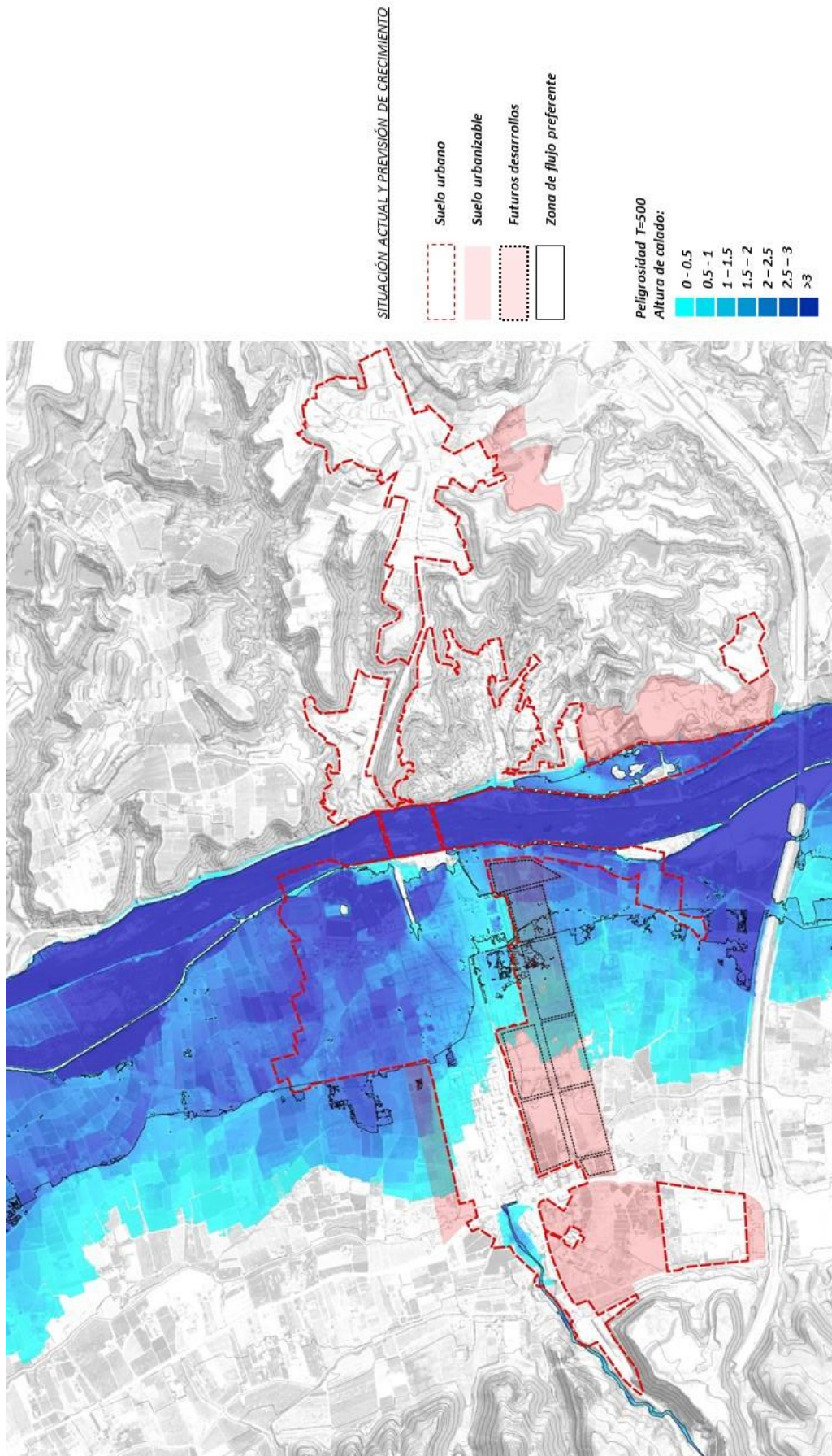
## 6. ANEXOS

**1. Inventario de redes, sistemas urbanos y otras infraestructuras**



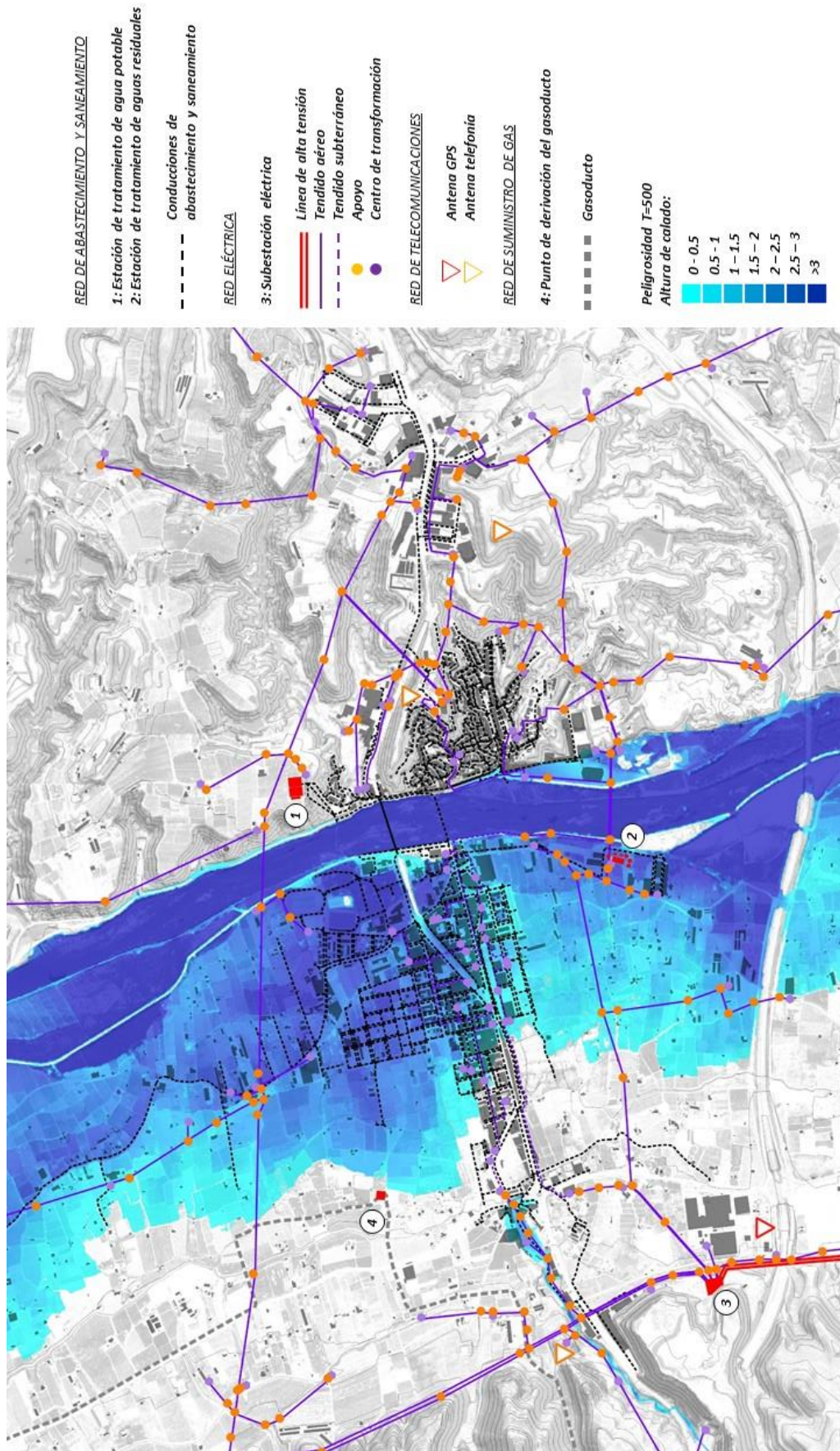


2. Situación actual y previsión de crecimiento



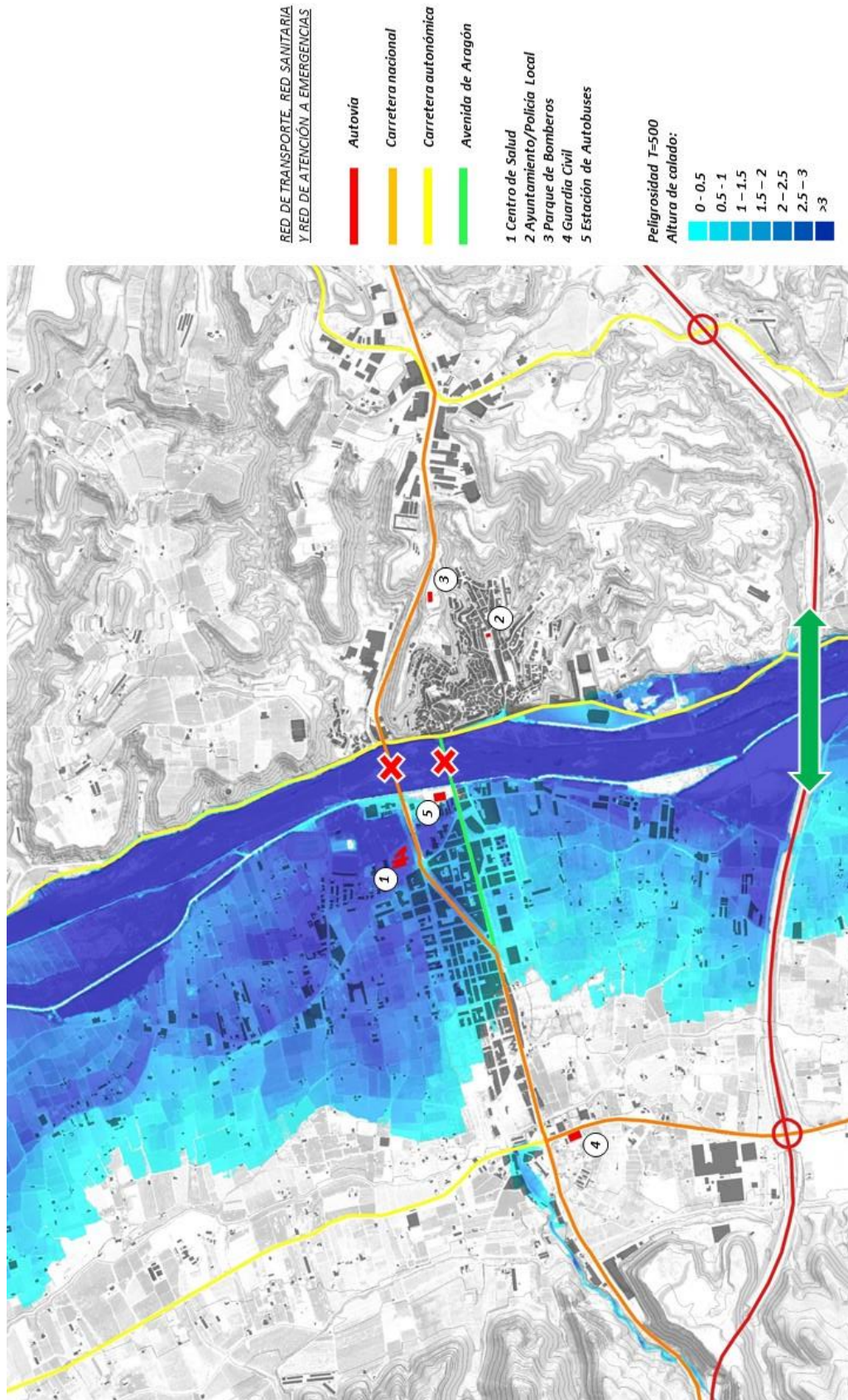


3. Red de abastecimiento y saneamiento, red eléctrica, red de telecomunicaciones y red de suministro de gas



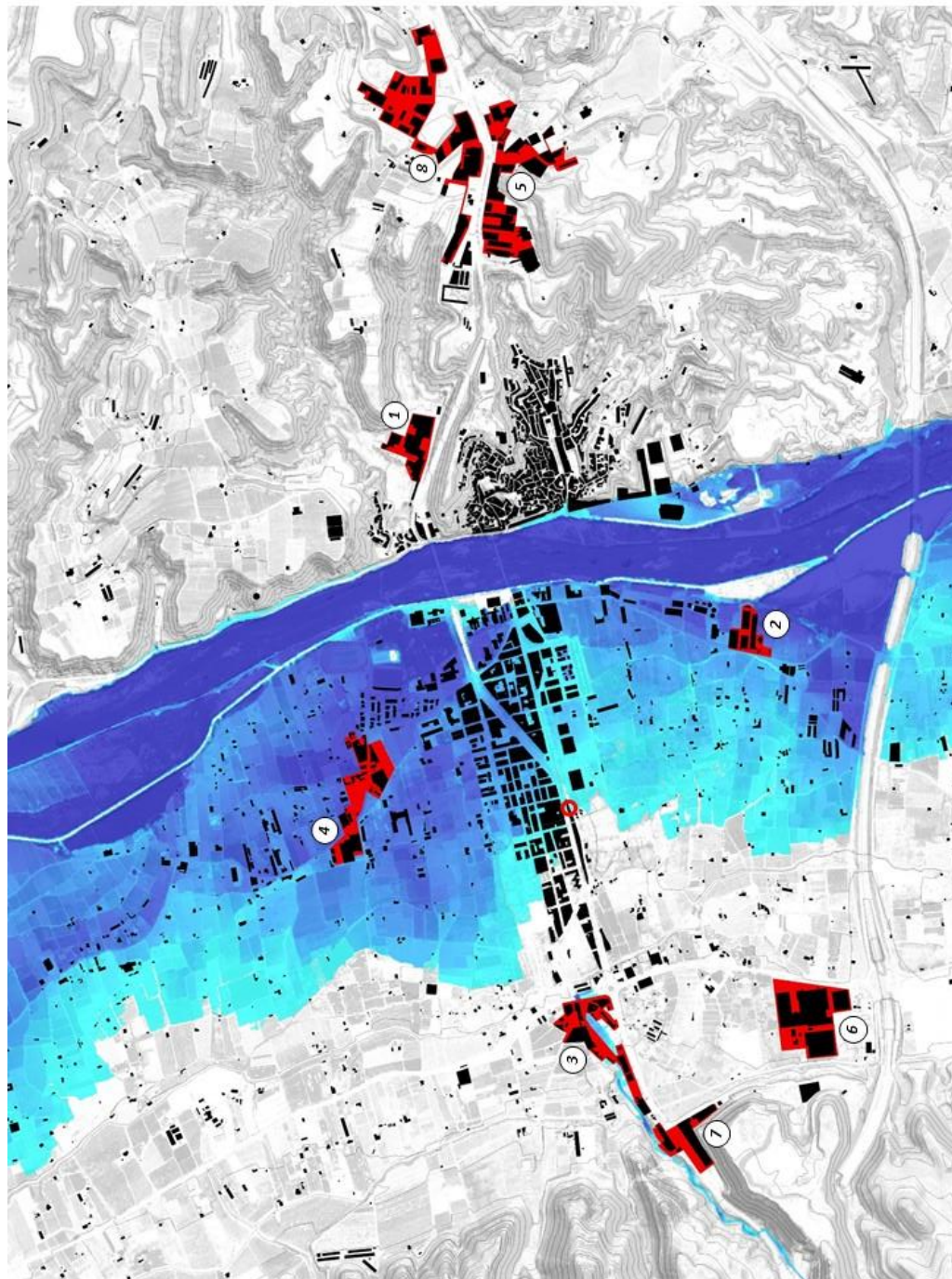


4. Red de transporte, red sanitaria y red de atención a emergencias





5. Sector industrial

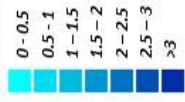


**SECTOR INDUSTRIAL**

- 1 Atarazanas
- 2 Camino Torrente
- 3 Carretera Sorriena
- 4 Giraba
- 5 La Concepción
- 6 Nuevo Fraga
- 7 San Simón
- 8 Superficie-7

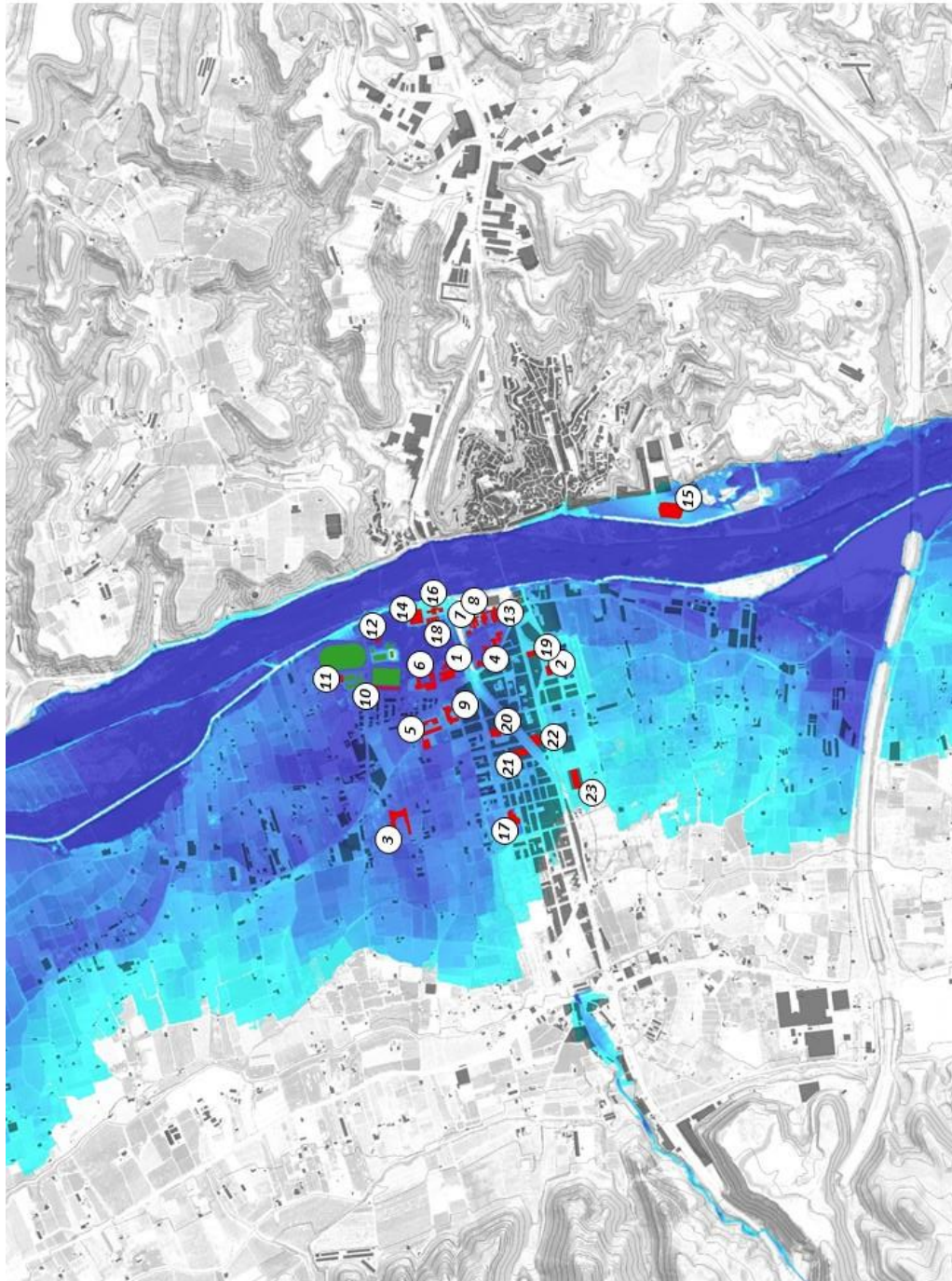
○ Estación de servicio en zona inundable

Peligrosidad T=500  
 Altura de calado:





**6. Red de servicios**

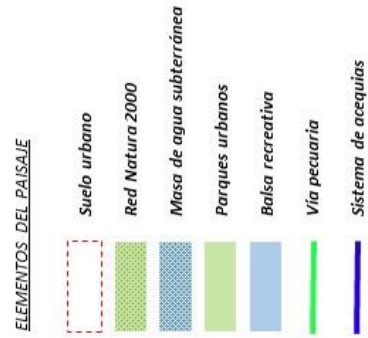


**RED DE SERVICIOS**

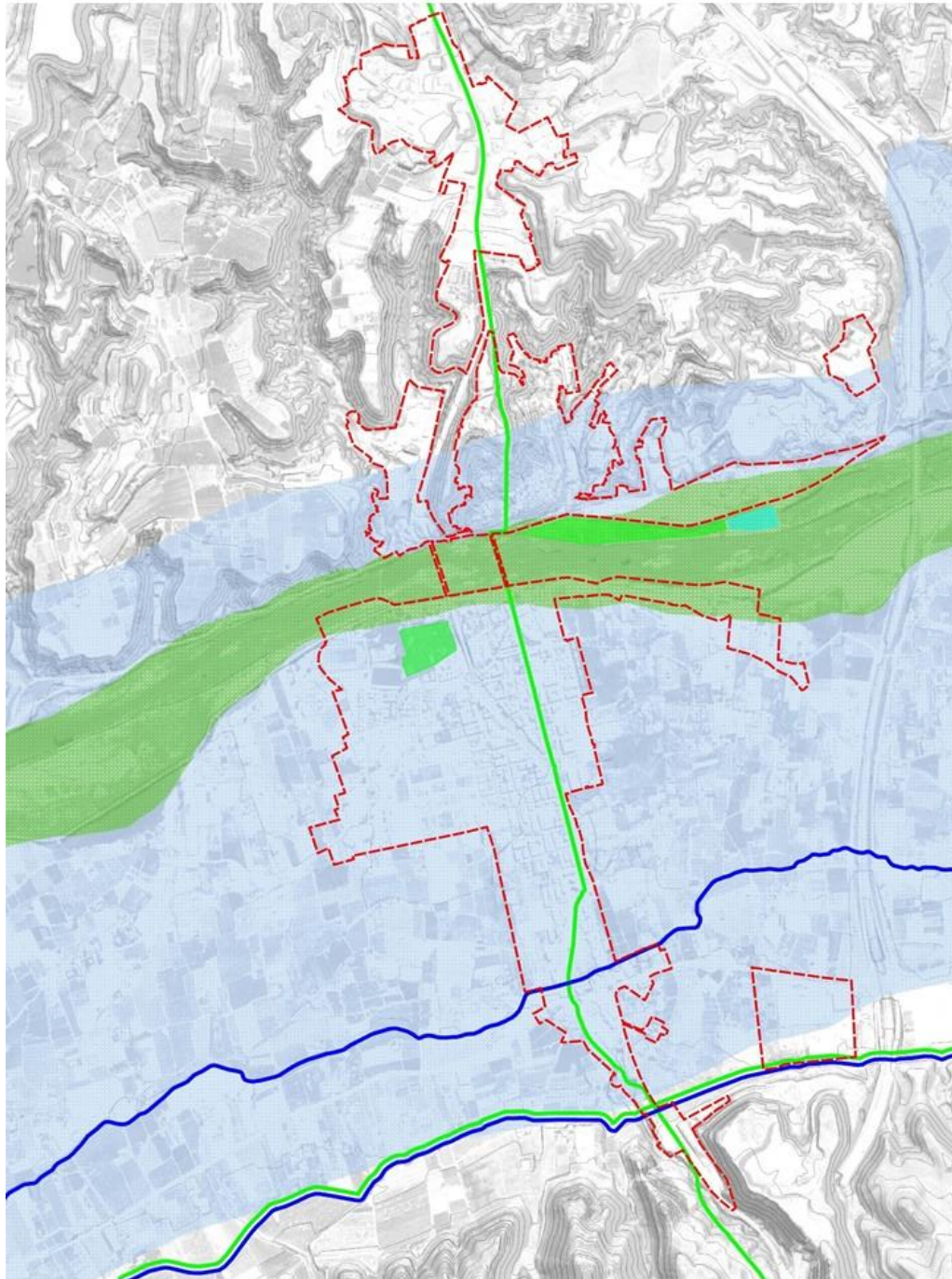
- 1 Centro de Salud
- 2 Escuela de Educación Infantil Xiquets
- 3 CEIP María Moliner
- 4 CEIP San José de Calasanz
- 5 Colegio Santa Ana
- 6 IES Bajo Cinca
- 7 IES Ramón J. Sender
- 8 Centro de Día/Hogar del Pensionista
- 9 Residencia de Ancianos
- 10 Campo de La Estacada
- 11 Ciudad del Deporte
- 12 Piscinas de verano municipales
- 13 Piscina climatizada municipal
- 14 Pabellón Cortes de Aragón
- 15 Pabellón del Sotet
- 16 Oficina de empleo
- 17 Sede comarcal
- 18 Tanatorio
- 19 Superficie comercial Avenida de Aragón 36
- 20 Superficie comercial Avenida de Madrid 34
- 21 Superficie comercial Avenida de Madrid 44
- 22 Superficie comercial Avenida de Madrid 59
- 23 Superficie comercial Cabañera Real s/n

**Peligrosidad T=500**  
**Altura de calado:**





7. Elementos del paisaje





8. Sistemas urbanos de drenaje sostenible e infraestructuras verdes y azules

