

ADAPTACIÓN AL RIESGO DE INUNDACIÓN

EDIFICACIONES

CASO PILOTO

POLÍGONO INDUSTRIAL DE MARRÓN (AMPUERO, CANTABRIA)



Febrero 2020

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

- Marco geográfico
- Marco normativo
- Marco estratégico

2. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA

- Episodios recientes
- Escalas de intervención

3. FICHA DE LA EDIFICACIÓN

4. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

5. PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN

- Procedencia del agua
- Principales puntos de entrada de agua
- Daños potenciales

6. PROPUESTAS DE ADAPTACIÓN

- Medidas generales de autoprotección
- Mitigación de daños en la edificación
- Mitigación de daños en el equipamiento
- Sistemas urbanos de drenaje sostenible

7. POSIBLES FUENTES DE FINANCIACIÓN DE ESTRATEGIAS INTEGRALES

8. RESUMEN DE MEDIDAS

9. VALORACIÓN ECONÓMICA

10. REFERENCIAS

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 del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico ha desarrollado, entre otras, la guía de “Recomendaciones para la construcción y rehabilitación de edificaciones en zonas inundables”.

El presente documento constituye la aplicación de los conceptos de esta guía al Polígono Industrial de Marrón, ubicado en el municipio cántabro de Ampuero desde los años noventa y dedicado mayoritariamente a la fabricación de componentes para el sector de la automoción.



Fig. 01: Estación de ferrocarril de Marrón-Ampuero y Polígono Industrial de Marrón.

- **Marco geográfico**

El municipio de Ampuero cuenta con una población de 4.219 habitantes (INE, 2018), y está situado a 55 km de Santander. Determinado por la proximidad al mar y la baja altitud, su clima es de tipo oceánico templado y húmedo. Está atravesado por el río Asón, cuyo curso está declarado Lugar de Importancia Comunitaria en la Red Natura 2000, y cuyo tramo final en el municipio se encuentra protegido dentro del Parque Natural de las Marismas de Santoña, Victoria y Joyel.

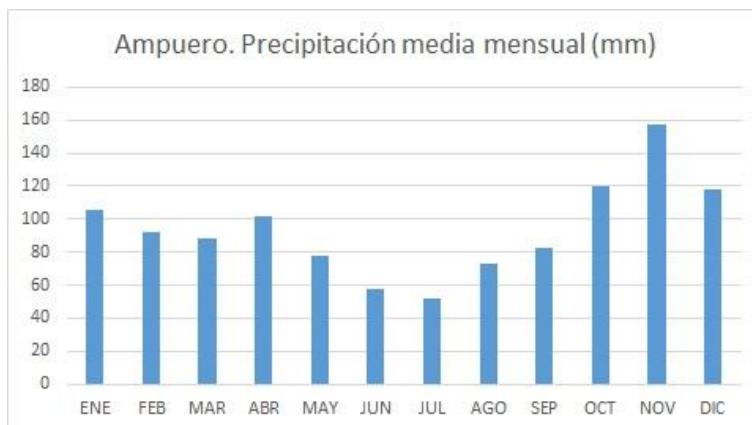


Fig. 02: Pluviograma de Ampuero (Estación de Santander-Aeropuerto). Precipitación media anual: 1127mm. AEMET.

- **Marco normativo**

- **La Directiva de Inundaciones** (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. Por otra parte, la **Directiva Hábitats** y la **Directiva Marco del Agua** ofrecen un amplio escenario de complementariedad para una gestión integrada del riesgo de inundación.



Fig. 03: Polígono Industrial de Marrón: peligrosidad T=500. SNCZI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

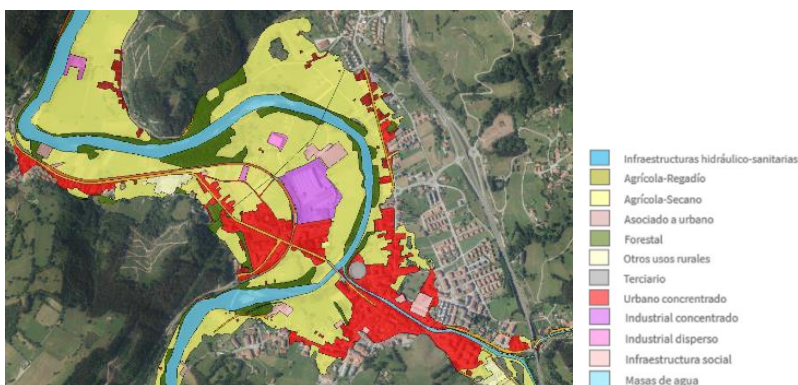


Fig. 04: Polígono Industrial de Marrón: riesgo a las actividades económicas T=500. SNCZI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

- **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. Posteriormente, 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, identifica actividades vulnerables frente a avenidas, limita los usos del suelo en función de la situación respecto al río y establece nuevos criterios a la hora de autorizar las distintas actuaciones.



■ Zona de flujo preferente

Fig. 05: Polígono Industrial de Marrón: zona de flujo preferente y zona inundable. SNCZI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

- **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 contenido esencial es el programa de medidas. Para la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, en 2015 se definieron las siguientes:

MEDIDA RD 903/2010	MEDIDA PGRI CANTÁBRICO OCCIDENTAL
Medidas de restauración fluvial y medidas para la restauración hidrológico-agroforestal	<ul style="list-style-type: none"> - Programa de mantenimiento y conservación de cauces - Programa de mantenimiento y conservación del litoral - Medidas en la cuenca: restauración hidrológico-forestal y ordenaciones agrohidrológicas - Medidas en cauce y llanura de inundación: restauración fluvial, incluyendo medidas de retención natural de agua y reforestación de riberas - Medidas de restauración de la franja costera y de la ribera del mar
Medidas de mejora del drenaje de infraestructuras lineales	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora del drenaje de infraestructuras lineales: carreteras, ferrocarriles
Medidas de predicción de avenidas	<ul style="list-style-type: none"> - 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. - Normas de gestión de la explotación de embalses que tengan un impacto significativo en el régimen hidrológico - Medidas para establecer o mejorar los sistemas de alerta meteorológica incluyendo los sistemas de medida y predicción de temporales marinos - Medidas para establecer o mejorar los sistemas de medida y alerta hidrológica
Medidas de protección civil	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas para establecer o mejorar la planificación institucional de respuesta a emergencias de inundaciones a través de la coordinación con Planes de Protección Civil - Medidas para establecer o mejorar los protocolos de actuación y comunicación de la información - 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 - Planes de Protección Civil: acciones de apoyo a la salud, asistencia financiera, incluida asistencia legal, así como reubicación temporal de la población afectada - Evaluación, análisis y diagnóstico de las lecciones aprendidas de la gestión de los eventos de inundación
Medidas de ordenación territorial y urbanismo	<ul style="list-style-type: none"> - 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 - Reordenación de los usos del suelo en las zonas inundables haciéndolos compatibles con las inundaciones (relocalización o retirada de actividades/instalaciones vulnerables) - Medidas para adaptar elementos situados en las zonas inundables para reducir las consecuencias adversas en episodios de inundaciones en viviendas, edificios públicos, redes, etc.
Medidas para promocionar los seguros	<ul style="list-style-type: none"> - Promoción de seguros frente a inundación sobre personas y bienes, incluyendo los seguros agrarios
Medidas estructurales y estudios coste-beneficio que las justifican	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas estructurales para regular los caudales, tales como la construcción y/o modificación de presas exclusivamente para defensa de avenidas - Medidas estructurales (encauzamientos, motas, diques, etc.) que implican intervenciones físicas en los cauces y áreas propensas a inundaciones - 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) - Obras de emergencia para reparación de infraestructuras afectadas, incluyendo infraestructuras sanitarias y ambientales básicas

Fig. 06: Correlación entre las medidas generales del RD 903/2010 y las establecidas en el PGRI Cantábrico Occidental.

- **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. 07: 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, y 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. Entre sus objetivos estratégicos figura “Prevenir y reducir los impactos del cambio climático y mejorar la resiliencia”.



Fig. 08: Objetivos estratégicos de la Agenda Urbana Española. Ministerio de Fomento.

2. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA

El Polígono Industrial de Marrón se sitúa en un espacio intermedio entre el meandro del río Asón a su paso por el término municipal de Ampuero y la vía de ferrocarril Santander-Bilbao. La ocupación de la zona inundable ha generado condiciones de elevada vulnerabilidad, situación agravada en la actualidad por el aumento de la duración y frecuencia de los eventos tormentosos intensos debido al cambio climático.

El polígono ha sido escenario de inundaciones recurrentes en los últimos años, entre las que destaca el episodio de 2015, cuando su mayor parte se correspondía con las actividades de Mecanor (adquirida en 2018 por la multinacional Teknia) y Bravo & Bippus, ambas pertenecientes al Grupo Bravo.

El sector industrial de la automoción es especialmente importante para la economía de Cantabria ya que representa el 30% de su PIB industrial. La actividad del Grupo Bravo, instalado en la zona en 1995 y dedicado a la fabricación de componentes para automóviles, suponía en 2017 el 0,3% del PIB general de la región. En la actualidad, Teknia cuenta con 278 trabajadores y Bravo & Bippus con 200 en sus sedes de Marrón (El Diario Montañés).

En este contexto, donde el sistema social y el sistema ecológico se superponen, el enfoque de la **RESILIENCIA** plantea una interacción entre ambos basada en la protección frente a los riesgos a las actividades humanas combinada con un trabajo a favor de los procesos del ecosistema, y propone una serie de actuaciones a diferentes niveles (cuenca hidrográfica, ciudad y edificios) para mantener la funcionalidad de ambos generando además nuevos beneficios.

- **Episodios recientes**

- **El 31 de enero de 2015** se produjo la inundación del núcleo urbano de Ampuero por desbordamiento del río Asón y de los diversos arroyos que atraviesan la población en varios puntos, entre los que destaca el entorno del azud de la antigua minicentral, que alimenta el denominado canal de Viesgo. Se registró un caudal de en torno a 1.200 m³/seg y numerosas afecciones en viviendas, infraestructuras, instalaciones deportivas y naves industriales.



Fig. 09: Daños en Ampuero: plaza de toros e instalaciones deportivas. RTVE 02/02/2015.

Especial afección sufrió el Polígono Industrial de Marrón, donde el agua transformó el recinto en una balsa y alcanzó los 1.70 metros en el interior de las naves. El desbordamiento del río, al superar la cota del muro que delimita el este de la parcela, causó múltiples daños en las edificaciones e inutilizó gran parte de la maquinaria y mercancías, paralizando la producción y comprometiendo los pedidos.

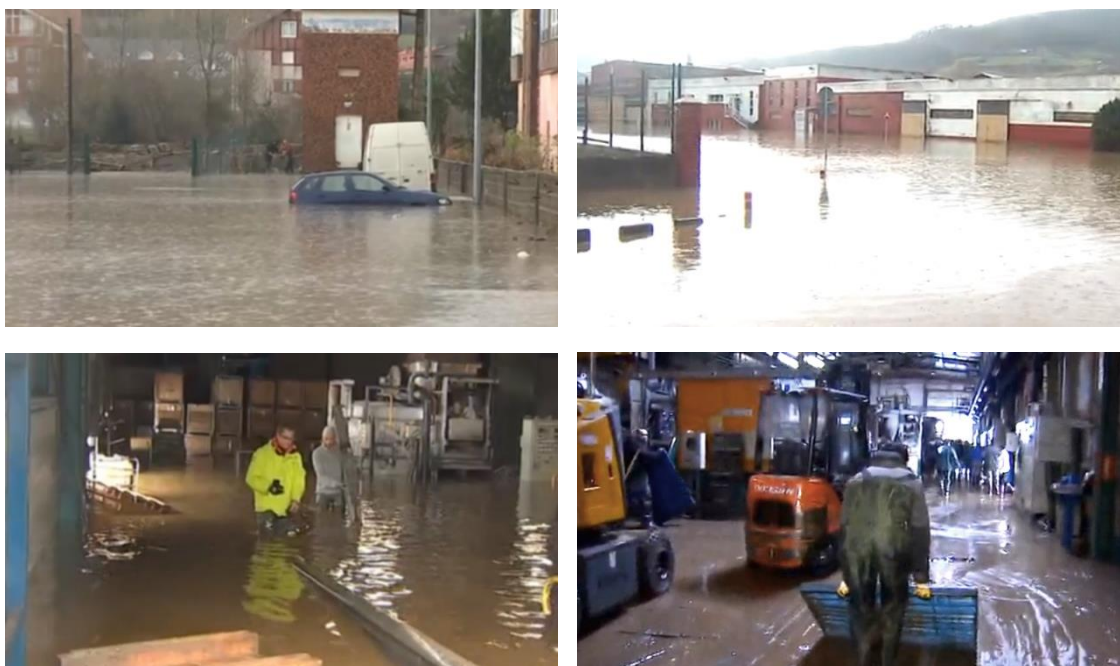


Fig. 10: Daños en el Polígono Industrial de Marrón. RTVE 02/02/2015.

- **El 23 de enero de 2019** tuvo lugar un nuevo evento de gran envergadura que anegó parte del núcleo urbano y provocó el corte de carreteras. A las intensas precipitaciones se sumó un aumento de las temperaturas que aceleró el deshielo en las montañas.

En esta ocasión el muro protegió parcialmente el Polígono Industrial de Marrón y el río se quedó a centímetros del rebosamiento. Varias fábricas se vieron afectadas y las actividades del polígono se vieron parcialmente interrumpidas.

En el caso de Teknia, gracias al plan de contingencia implementado tras la inundación de 2015 (basado en medidas de autoprotección, capacitación específica de los profesionales e implantación de un plan activo de monitorización constante del cauce del río), la empresa no se vio obligada a suspender su actividad y mantuvo una operatividad normal durante el temporal.



Fig. 11: Medidas implementadas por Teknia a raíz de las lecciones aprendidas en el evento de 2015. Teknia.

Se produjo sin embargo la acumulación de la escorrentía en las zonas más bajas del polígono, así como la entrada de agua a través de las múltiples discontinuidades del muro. El Ayuntamiento de Ampuero dispuso un camión autobomba para achicar el agua.

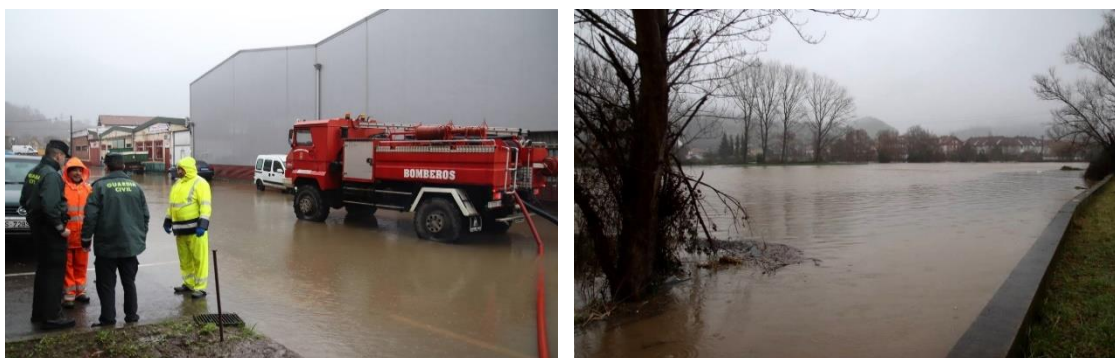


Fig. 12: Acumulación de la escorrentía y filtraciones a través del muro en el evento de 2019. El Diario Montañés.

- **Escalas de intervención**

- **A escala de cuenca hidrográfica**, el elevado número de cuencas independientes del Cantábrico dificulta los sistemas de alerta temprana. Las predicciones de avenidas se apoyan casi exclusivamente en los pronósticos meteorológicos, que pueden reducir ampliamente las consecuencias de las inundaciones, pero están sujetos a un elevado grado de incertidumbre debido a las características de los cauces de montaña.

Con una cuenca de 562 km², el Asón es uno de los principales ríos de Cantabria. Su curso inferior concentra la mayor densidad de elementos en zonas de riesgo, principalmente en el municipio de Ampuero. En él recibe al arroyo Vallino y se producen frecuentes inundaciones que afectan al núcleo urbano de forma significativa, en particular en la plaza de toros, el colegio público, el centro de salud, la carretera autonómica CA-510 y el Polígono Industrial de Marrón. Este punto se corresponde con el Área con Riesgo Potencial Significativo de Inundación ES018-CAN-5-1.



Fig. 13: Río Asón a su paso por Ampuero y encuentro con el arroyo Vallino.

- **A escala urbana**, existen diversos problemas de carácter irreversible, cuyo análisis requiere indicadores ambientales, económicos y sociales desde una perspectiva de gestión integrada. Como medidas generales, son recomendables:

- Reordenación de usos en las zonas con mayor riesgo, favoreciendo aquellos compatibles con la inundabilidad, aprovechando la posición limítrofe de Ampuero entre el mundo urbano y rural, promoviendo la mejora y conservación de los valores naturales y paisajísticos de la zona y respondiendo a la creciente demanda ciudadana de lugares de contacto con la naturaleza.

- Intervenciones encaminadas a favorecer la transparencia hidráulica, es decir, el paso libre del agua sin obstruir su movimiento natural, de modo que la dirección longitudinal de los edificios coincida con la dirección principal de la corriente.

Las estrategias basadas en la retirada implicarían la reubicación y tendrían, en este caso, consecuencias económicas y sociales inasumibles. Las estrategias basadas en la protección a través de costosas infraestructuras están sometidas a la incertidumbre derivada del cambio climático. Frente a ellas, la resiliencia propone el uso de soluciones mixtas y flexibles que trabajen a favor del ecosistema, la mejora de los sistemas de alerta temprana y la adaptación de las edificaciones e infraestructuras. Se plantea un enfoque multiescalar basado en transformaciones lentas a nivel global, pero garantizando respuestas ante las alteraciones rápidas a nivel local, para las que en las condiciones actuales no existe capacidad de respuesta.



Fig. 14: Comparativa vuelos Americano Serie A 1945-1946, Interministerial 1973-1986 y PNOA 2017. Instituto Geográfico Nacional.

Para abordar esta compleja problemática, El *Estudio de soluciones de mitigación de la inundabilidad en el Polígono Industrial de Marrón*, elaborado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, plantea una solución que impida la inundación hasta el periodo de retorno de 100 años.



Fig. 15: Máxima crecida ordinaria y escenarios T10, T50, T100 y T500. Estudio de soluciones de mitigación de la inundabilidad en el Polígono Industrial de Marrón. Instituto de Hidráulica Ambiental. Universidad de Cantabria.

Se propone la ampliación del denominado canal de Viesgo, originalmente de uso hidroeléctrico, de forma que permita gestionar el riesgo de inundación. La propuesta se basa en ensanchamiento, siguiendo el trazado actual, con el fin de aliviar el caudal del río Asón a través de un cauce secundario. En la zona de entrada al canal se instalaría una compuerta de control para permitir el paso del caudal excedente ante eventos de avenida.

El estudio recomienda además la creación de una lámina de caudal que circule de forma permanente, incluyendo zonas verdes y parques lineales, planteando una solución integral con diferentes beneficios ecosistémicos y concebida como una infraestructura verde y azul.



Fig. 16: T=100 estimado antes y después de la intervención. Estudio de soluciones de mitigación de la inundabilidad en el Polígono Industrial de Marrón. Instituto de Hidráulica Ambiental. Universidad de Cantabria.



Fig. 17: Azud y canal de Viesgo. Google Maps (2013).

- **A escala arquitectónica**, las acciones encaminadas a minimizar la cantidad de agua que entra en las construcciones (evitar y resistir), a minimizar los daños una vez que el agua ha penetrado en los edificios (tolerar) y a trasladar los usos cuando el riesgo es inasumible (retirar), permiten reducir de forma muy significativa la vulnerabilidad de las zonas ocupadas ante eventos de gran magnitud.

De forma paralela y complementaria a otras medidas con mayor escala y alcance, las administraciones locales, la colaboración público-privada y la iniciativa individual juegan un papel decisivo en la mitigación de las consecuencias de las inundaciones mediante medidas no estructurales que incrementen la resiliencia de las zonas expuestas. En combinación con la mejora de los sistemas de alerta temprana constituyen medidas de gran eficacia, pero que exigen un esfuerzo de planificación y autoorganización.

Especial relevancia adquieren edificios que albergan equipos e instalaciones de coste elevado, como es el caso de los **POLÍGONOS INDUSTRIALES**. Además de las consecuencias ambientales (posible vertido de sustancias contaminantes) y sociales (interrupción de las actividades), las inundaciones generan en esta tipología un impacto económico muy elevado, y los análisis beneficio/coste de las estrategias de adaptación arrojan resultados muy favorables.



Fig. 18: Noticia El Diario Montañés 06/02/2019.

3. FICHA DE LA EDIFICACIÓN

NOMBRE	Polígono Industrial de Marrón
DIRECCIÓN	Polígono Industrial de Marrón 1, Ampuero. Cantabria
REFERENCIA CATASTRAL	6095909VN6969N0001UP (Teknia)
FECHA DE LA REUNIÓN	29/11/2019
CONTACTO	Teknia

4. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

La construcción de las diferentes edificaciones del Polígono Industrial de Marrón se ha realizado por fases. Mecanor (actual Teknia) se instala en 1995, mientras que la nave industrial correspondiente a la actividad de Bravo & Bippus se construye en 2002. Al noreste del recinto se ubica el Complejo Polideportivo Municipal de Ampuero, que consta de un pabellón cubierto, un parque de patinaje y un campo de fútbol. El muro de contención de altura variable que delimita el recinto al este finaliza su recorrido a la altura del pabellón cubierto. Al sur se encuentra un grupo de naves que alberga otras empresas dedicadas a actividades diversas, y al oeste, la línea de ferrocarril Santander-Bilbao y la estación de Marrón-Ampuero.

Entre las zonas norte y sur del polígono existe una diferencia de cota de 1.20 metros, siendo la zona sur la más afectada por los episodios de avenida (en la inundación de 2015, el agua alcanzó los 0.50 metros en la parte más alta y los 1.70 metros en la parte más baja).

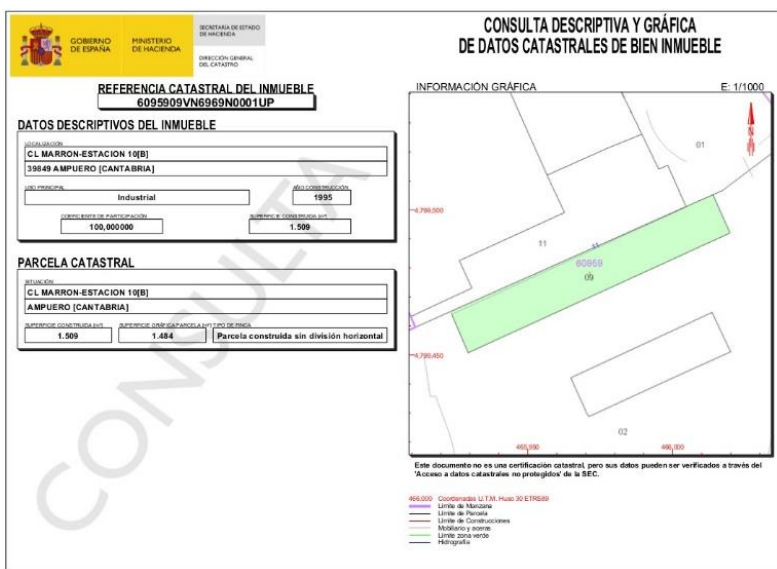


Fig. 19: Polígono Industrial de Marrón: Teknia. Consulta de datos catastrales de bienes inmuebles. Ministerio de Hacienda.

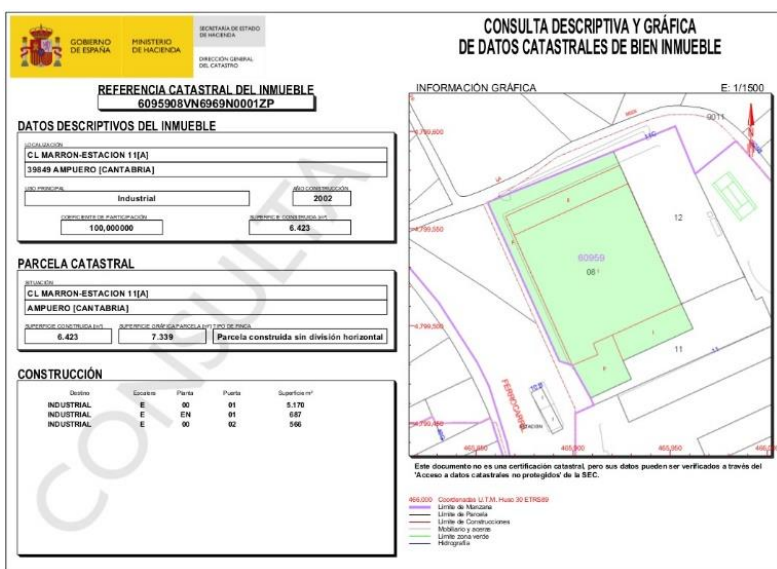


Fig. 20: Polígono Industrial de Marrón: Bravo & Bippus. Consulta de datos catastrales de bienes inmuebles. Ministerio de Hacienda.

- Características:

- Superficie total: 25.000 m²
- Número de parcelas: 55
- Altura máxima de construcción: 7 m
- Superficie total de las parcelas: 19.740 m²
- Red viaria: 1.245 m²
- Red de abastecimiento: 12.520 m
- Red de saneamiento: 4.545 m
- Red de distribución eléctrica: 5.656 m
- Unidades de iluminación: 855
- Canalización de alumbrado: 4.411 m
- Canalización de gas: 125.632 m
- Canalización de comunicaciones: 1.500 m

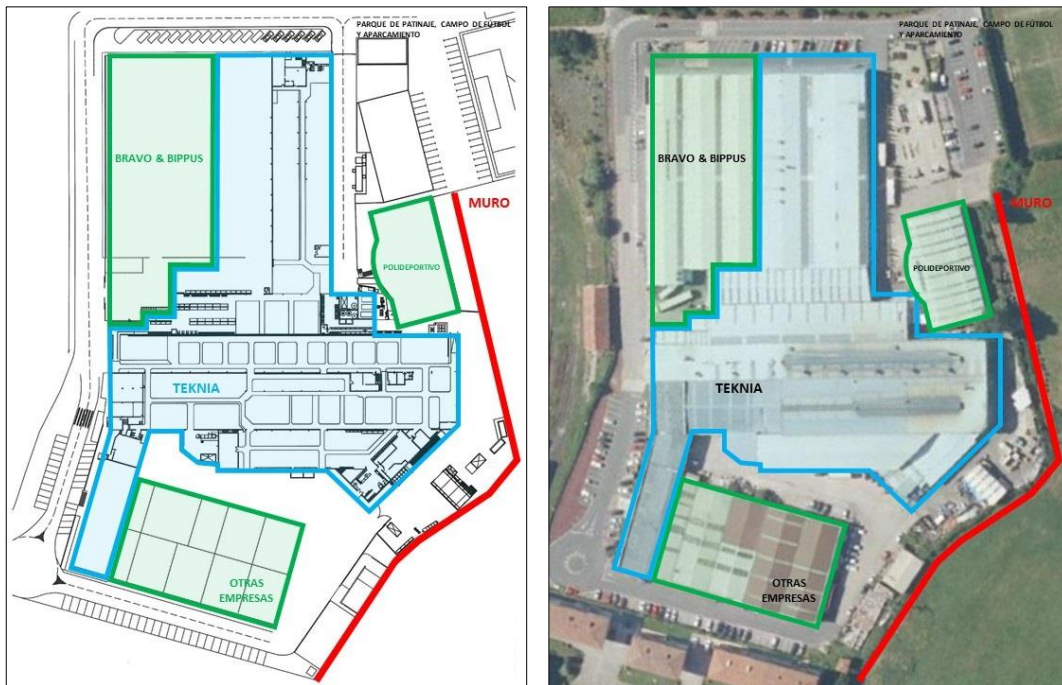


Fig. 21: Polígono Industrial de Marrón.

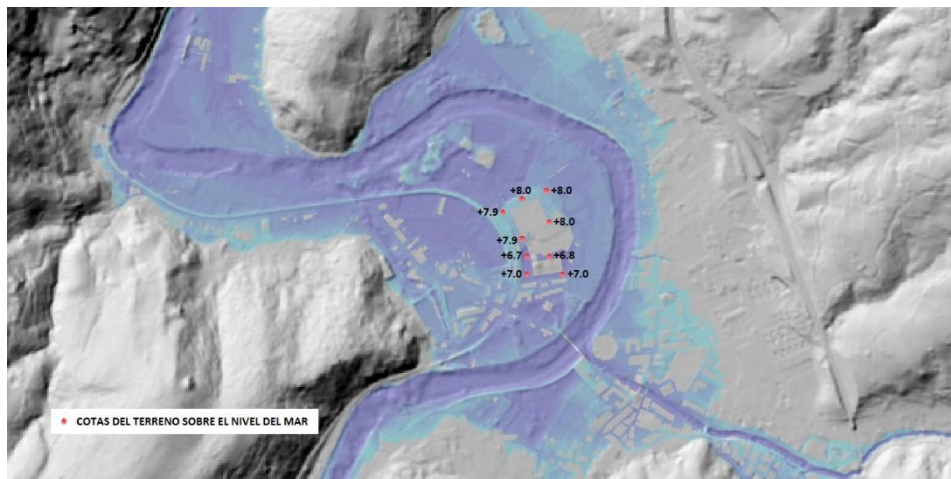
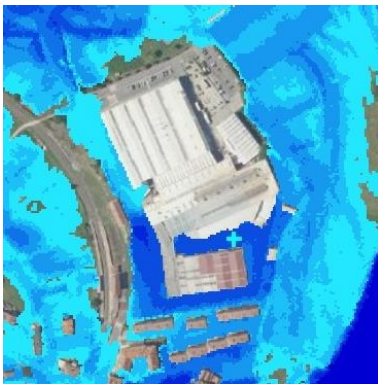


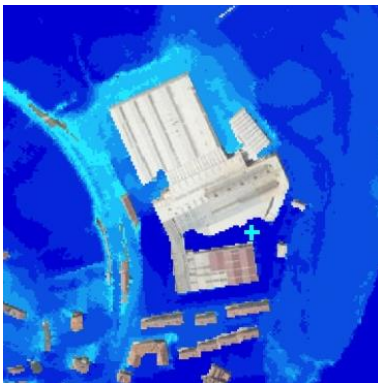
Fig. 22: Cotas del terreno sobre el nivel del mar. PNOA MDT05 (CNIG) y zona inundable T=500 (MITECO).

5. PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN FLUVIAL



Peligrosidad por inundación fluvial T=10

Profundidad del agua (metros)	1.20
-------------------------------	------



Peligrosidad por inundación fluvial T=500

Profundidad del agua (metros)	2.20
-------------------------------	------

Fig. 23: EPI Gijón: peligrosidad T=10 (probabilidad alta) y T=500 (probabilidad baja). SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

- **Procedencia del agua**

- **En las crecidas ordinarias**, el agua entra en contacto con el muro de contención sin rebasarlo. Las filtraciones a través de sus grietas, fisuras y discontinuidades, unidas al desbordamiento de la canalización situada al suroeste y a la acumulación de la escorrentía en las partes bajas del recinto por las fuertes precipitaciones in situ, provocan la inundación del polígono industrial.

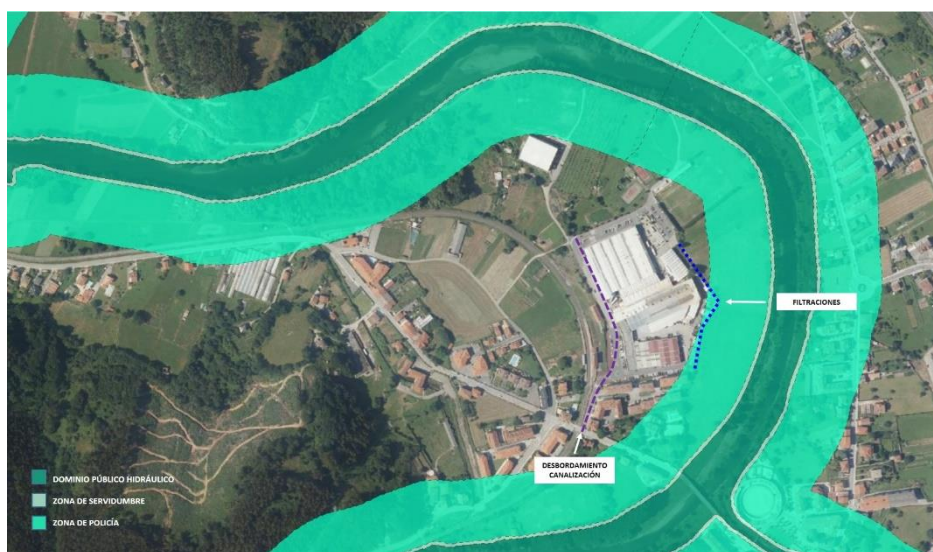


Fig. 24: EPI Gijón: peligrosidad T=10 (probabilidad alta) y T=500 (probabilidad baja). SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

- **Para la avenida del periodo de retorno de 10 años (probabilidad alta)**, se produce el desbordamiento lateral del río. El muro de contención protege el polígono hasta una altura variable en torno a los 50 centímetros, superada la cual el agua penetra con gran virulencia. Además, el agua puede entrar directamente desde aguas abajo a través de la urbanización, cuyo cerramiento es permeable. La vía férrea al oeste y el aparcamiento al norte, elevados respecto al recinto, generan barreras que impiden el paso del agua, si bien puede producirse su retorno a través del camino situado en la esquina noroeste. La altura de calado en el punto más desfavorable alcanza en este escenario cotas en torno a los 1.20 metros.

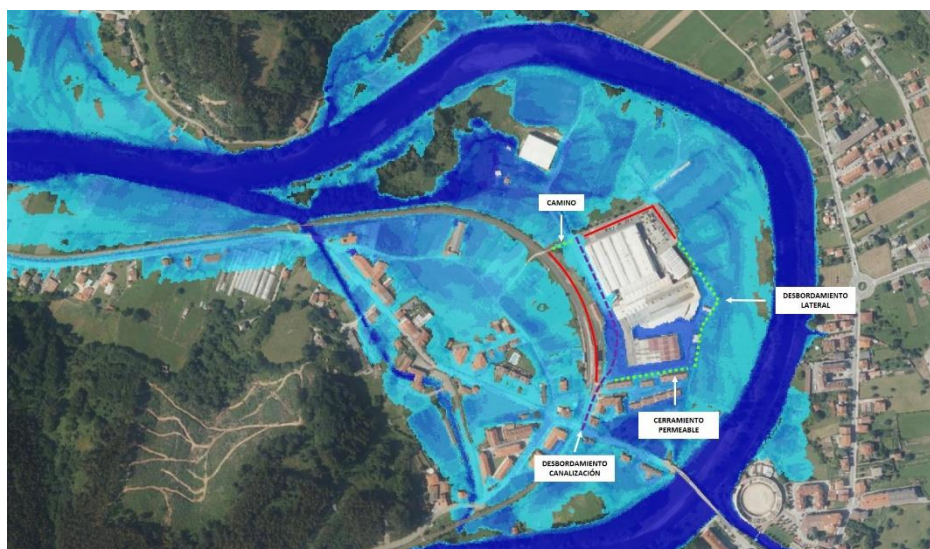


Fig. 25: EPI Gijón: peligrosidad T=10 (probabilidad alta) y T=500 (probabilidad baja). SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

- **Para la avenida del periodo de retorno de 500 años (probabilidad baja)**, la vía férrea y el aparcamiento norte se ven rebasados, y la diferencia de cota incrementa considerablemente la velocidad del agua. La altura de calado en el punto más desfavorable alcanza los 2.20 metros, siendo de 2 metros al nivel del muro. El agua puede penetrar por múltiples direcciones, por lo que es preciso plantear una barrera perimetral que aisle la totalidad del recinto para evitar el contacto del agua con los edificios, o bien resistir su entrada protegiéndolos uno a uno.



Fig. 26: EPI Gijón: peligrosidad T=10 (probabilidad alta) y T=500 (probabilidad baja). SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

- **Principales puntos de entrada de agua**

Para reducir la probabilidad de que el interior de un edificio se inunde es fundamental identificar los posibles puntos de entrada de agua. Las rutas que esta tome dependerán de la altura alcanzada, las condiciones del terreno y el tipo de construcción.

La problemática principal se vincula al desbordamiento y las filtraciones a través del muro de contención. Este muro bordea el margen izquierdo del río Asón a su paso por Ampuero con altura variable. Su mal estado de conservación plantea el riesgo de ruptura en diversos puntos del núcleo urbano. Para reducir el riesgo a la población y a las actividades económicas, es preciso garantizar su correcta impermeabilización y mantenimiento, así como estudiar la posibilidad de recrecerlo, valorando las posibles repercusiones.



Fig. 27: Muro de contención en el margen izquierdo del río Asón a su paso por Ampuero.

En el caso del polígono industrial, el muro de contención delimita el este del recinto con una altura que oscila en torno a 50 centímetros. El agua procedente del desbordamiento o las filtraciones se acumula en los puntos más bajos del recinto y penetra en las naves a través de puertas, ventanas o cerramientos vulnerables.

Respecto al resto de frentes, la fachada sur está separada de la urbanización colindante por una barrera permeable, por lo que se halla directamente expuesta a las inundaciones y requiere estrategias orientadas a evitar el contacto con el agua o resistir su entrada. En el frente oeste, interrumpido por un acceso de vehículos, se han implementado medidas de protección en los huecos con el fin de resistir la entrada de agua. Al norte existe un murete, interrumpido por un acceso peatonal, que protege hasta la cota de 50 centímetros.



Fig. 28: Fachada sur.



Fig. 29: Fachada oeste.



Fig. 30: Fachada norte.



- **Daños potenciales**

En el caso de Mecanor (actual Teknia), los daños registrados en la inundación de 2015 en sus instalaciones del Polígono Industrial de Marrón (13.000 m²) se estimaron en **24.964.000 €**, distribuidos en:

- **Coste estimado de los daños en el edificio:** 280.000 €

- **Coste estimado de los daños en el equipamiento (maquinaria e instalaciones):** 11.552.000 €

- **Coste estimado de los daños en mercancías:** 650.000 €

- **Coste estimado de los daños por cese de la actividad:** 12.482.000 €

6. PROPUESTAS DE ADAPTACIÓN

• Medidas generales 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*. Las siguientes actuaciones son medidas generales aplicables a todas las edificaciones situadas en zona inundable:

¿Qué hacer para estar preparado en caso de inundación?

- **Proteger a las personas**
 - i. Identificar los teléfonos de emergencia y darse de alta en servicios de alertas de inundación: Protección Civil, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, medios de comunicación, redes sociales y apps.
 - ii. Contratar una póliza de seguros de la propiedad, actividades y vehículos.
 - iii. Contar con un Plan de Autoprotección y practicar la evacuación.
 - iv. Familiarizarse con el INUNCANT (Plan Especial de Protección Civil de Cantabria ante el Riesgo de Inundaciones).

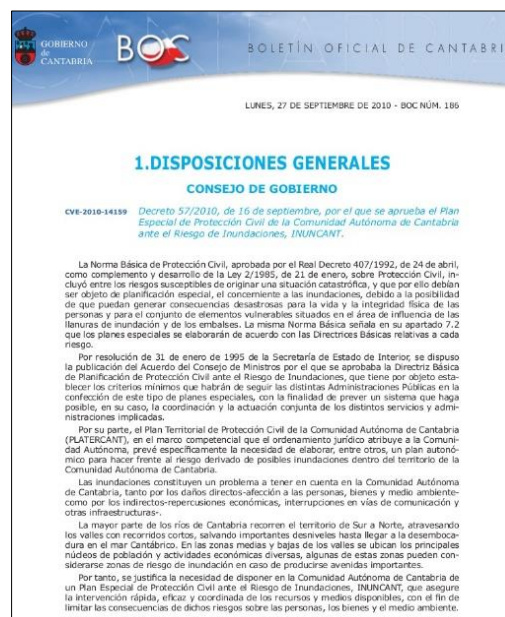
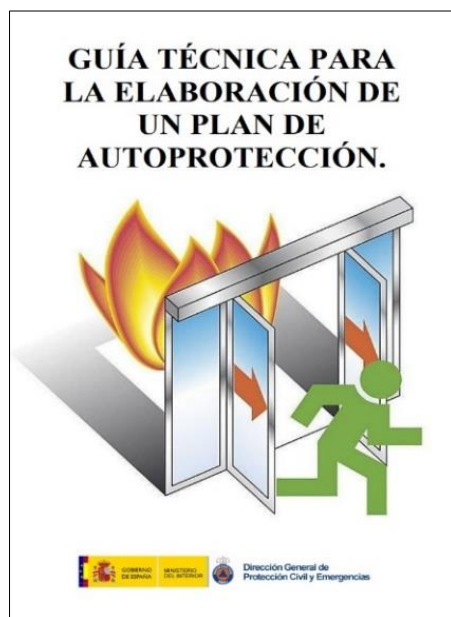


Fig. 31: Guía técnica de elaboración de un Plan de Autoprotección. Dirección General de Protección Civil y Emergencias. INUNCANT (Plan Especial de Protección Civil de Cantabria ante el Riesgo de Inundaciones). Gobierno de Cantabria.

- **Proteger la edificación y su equipamiento**
 - i. Identificar los puntos débiles del edificio por los que puede entrar el agua.
 - ii. Realizar el diagnóstico de daños potenciales.
 - iii. Identificar posibles soluciones para reducir la vulnerabilidad del edificio y su contenido.
 - iv. Averiguar dónde obtener barreras temporales, sistemas antirretorno, bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida, y practicar su instalación.

¿Qué hacer si se espera una inundación en la zona y se dispone de tiempo de reacción?

- a. Estar informado de la evolución de la inundación y atento a los avisos de evacuación.
- b. Revisar las vías de evacuación evitando obstáculos.
- c. Revisar la red de drenaje evitando taponamientos.
- d. Instalar barreras temporales en las zonas por las que puede entrar el agua.
- e. Instalar sistemas antirretorno para evitar el refluo de aguas residuales.
- f. Apagar los suministros de electricidad, agua y gas.
- g. Desconectar los equipos eléctricos y desplazarlos a zonas seguras.
- h. Retirar muebles, alfombras y cortinas, y asegurar los elementos sueltos.
- i. Colocar los productos contaminantes fuera del alcance del agua.
- j. Desplazar los coches fuera de la zona de riesgo de inundación con el primer aviso.
- k. Seguir las indicaciones de las autoridades.

• **Mitigación de daños en la edificación**

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.

1. EVITAR que el agua alcance el edificio	1.1 ADECUACIÓN DEL ENTORNO
	1.2 BARRERAS PERMANENTES
	1.3 BARRERAS TEMPORALES
2. RESISTIR la entrada de agua en el edificio	2.1 IMPERMEABILIZACIÓN
	2.2 PROTECCIÓN DE HUECOS
3. TOLERAR la inundación adaptando el interior	3.1 INSTALACIONES
	3.2 ORGANIZACIÓN ESPACIAL
	3.3 ESPACIOS SEGUROS
4. RETIRAR el edificio de la zona inundable	4.1 ELEVACIÓN
	4.2 TRASLADO
	4.3 ABANDONO/DEMOLICIÓN

Fig. 32: Criterios de actuación en edificios existentes. Recomendaciones para la construcción y rehabilitación de edificaciones en zonas inundables. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 2019.

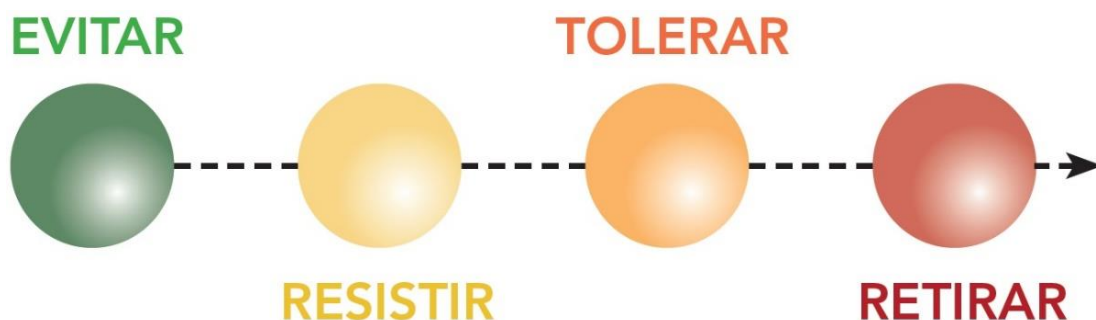


Fig. 33: Metodología para la mitigación de daños en la edificación. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Consorcio de Compensación de Seguros. 2017.

- **Medidas implantadas**

A raíz de las lecciones aprendidas en el episodio de 2015, Teknia ha implementado un plan de contingencia basado en la monitorización constante del cauce del río, la capacitación específica para los profesionales y una serie de medidas de autoprotección entre las que destacan las barreras temporales, los sistemas antirretorno y las bombas de achique con sistemas de alimentación ininterrumpida.

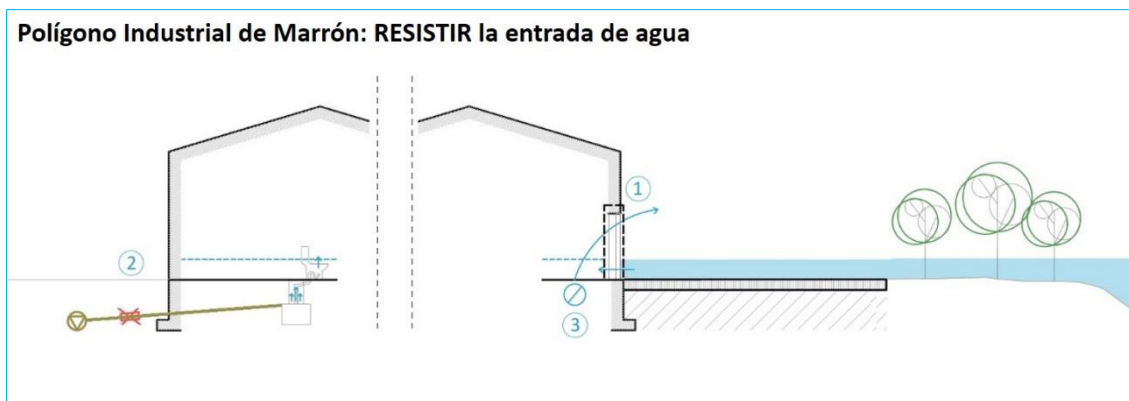


Fig. 34: Medidas implantadas: 1 barreras temporales, 2 sistemas antirretorno y 3 bombas de achique y SAI.

- **Barreras temporales**

Dispositivos que impiden la entrada de agua en el edificio. Requieren disponer del tiempo suficiente para su montaje, y técnicos con conocimientos y capacidad física para su instalación. El material debe almacenarse en un lugar fácilmente accesible y conocido por los usuarios, siendo recomendable, además, la realización de pruebas de montaje con relativa frecuencia. La altura debe ser superior a la cota máxima de inundación prevista, y se deben tener en cuenta la presión hidrostática y la posibilidad de recibir impactos de los elementos arrastrados por el agua. No eliminan la necesidad de evacuar el edificio.



Fig. 35: Ejemplos de barreras temporales: desmontables, apilables, deslizantes o abatibles. Flood Control International.

En el caso de Teknia se ha optado por la protección frente al riesgo de inundación mediante portones metálicos desmontables instalados sobre guías, situados en cada uno de los accesos al interior de las naves industriales. La implantación de estos elementos, destinados a resistir la entrada de agua una vez que esta ha entrado en contacto con el edificio, se ha desarrollado en dos fases, con un coste de 76.418 € y 28.635 € respectivamente (**105.053 €** en total).



Fig. 36. Medidas de autoprotección en Teknia: portones metálicos desmontables y guías para su instalación.

Para casos similares, se proponen también los siguientes modelos, o equivalentes:

- Barrera temporal FLOODGATE:

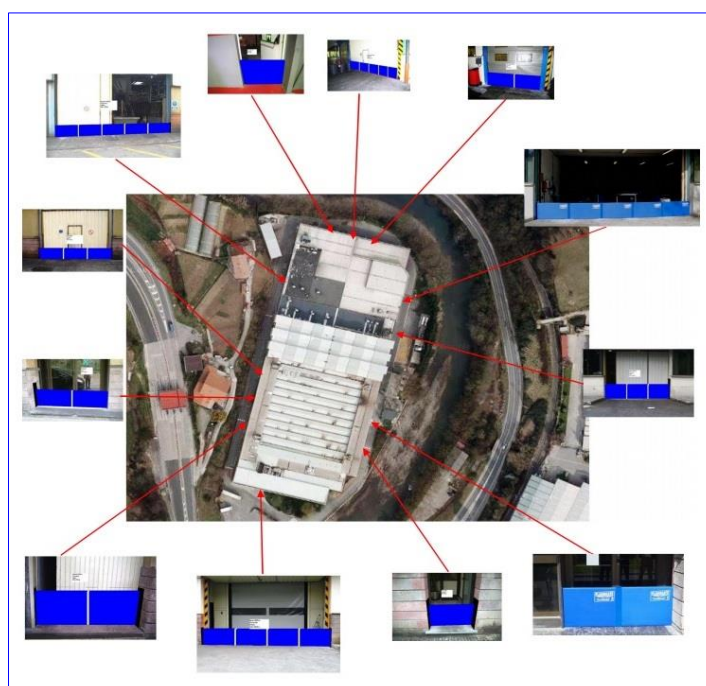


Fig. 37: Ejemplo de barreras temporales FLOODGATE en zona industrial de Elgoibar (Gipuzkoa). CAG Canalizaciones.

Dispositivo de bloqueo temporal compuesto por un marco de acero de 2.5 cm de grosor que se expande en el plano horizontal y vertical, rodeado de una funda de neopreno que forma un sello estanco. Resulta de fácil y rápida colocación y retirada, y se adapta a un rango de medidas. Requiere un ajuste para asegurar la impermeabilidad, pero no precisa obra previa.

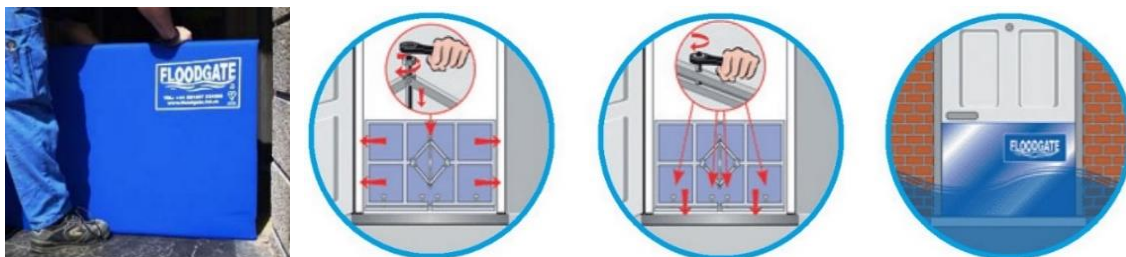


Fig. 38: Barreras temporales FLOODGATE. CAG Canalizaciones.

- Barrera temporal DPS 2000:

Paneles ligeros de aluminio de 20 cm de altura apilados entre guías y soportes incrustados en base de hormigón. Para su instalación se apilan y quedan sellados de forma automática, ofreciendo una seguridad máxima frente a daños mecánicos derivados de elementos arrastrados, y permitiendo alcanzar cotas elevadas.



Fig. 39: Barreras temporales DPS 2000. CAG Canalizaciones.

- Barrera temporal SCFB (Self Closing Flood Barrier):

Compuertas deslizantes ocultas bajo tierra y levantadas automáticamente por presión en caso de inundación. No requieren sensores ni fuente de energía. Resultan pertinentes en determinados casos, al no requerir anticipación ni personal para su montaje, si bien presentan un coste más elevado.



Fig. 40: Barreras temporales SCFB. Aggères.

○ **Sistemas antirretorno**

La instalación de sistemas antirretorno evita el reflujó de aguas residuales a través de la red de saneamiento y drenaje en caso de inundación.

Las válvulas antirretorno evitan el paso del fluido en sentido contrario al deseado. Cuando el sentido es el correcto la válvula se mantiene abierta. Cuando el fluido pierde velocidad o presión, se cierra evitando así el flujo en el sentido opuesto:



Fig. 41: Válvula antirretorno. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. 2017.

Las válvulas de guillotina cortan el paso del fluido en ambos sentidos. Su accionamiento puede ser manual o automático:

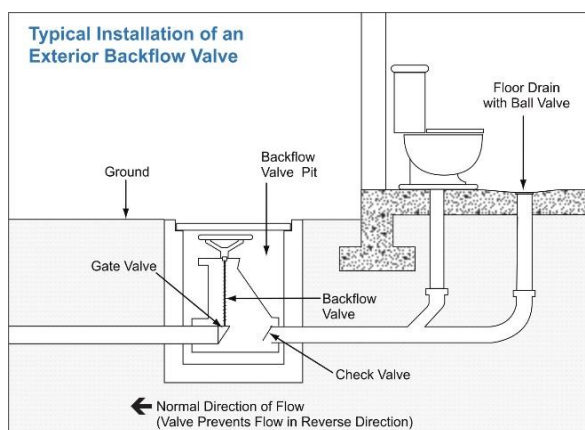


Fig. 42: Válvula de guillotina. Homeowner's Guide to Retrofitting. Six Ways to Protect Your Home From Flooding. FEMA.

En el caso de Teknia, la implantación de estos sistemas ha tenido un coste total de **2.950 €**.



Fig. 43: Medidas de autoprotección en Teknia: válvulas antirretorno en la red de saneamiento y drenaje, y válvula de guillotina en la arqueta principal.

○ **Bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida**

Es recomendable disponer de bombas de achique que permitan evacuar el agua acumulada y reducir el tiempo de permanencia de la inundación. En el caso de las bombas eléctricas, es preciso asegurar el suministro eléctrico en caso de cortes de energía mediante sistemas de alimentación ininterrumpida.

En el caso de Teknia, la reacción inmediata del personal y la adquisición de maquinaria de primer nivel permitió realizar labores de achique con rapidez y eficacia durante el episodio de 2019. Las bombas se adquirieron a lo largo de dos fases con un coste de 4.319 € y 15.196 € respectivamente. Para garantizar su operatividad durante el episodio, se implantaron también sistemas de alimentación ininterrumpida con un coste total de 17.538 € (**37.053 €** en total).



Fig. 44: Medidas de autoprotección en Teknia: bombas de achique.

○ **Otras medidas**

- Acciones puntuales

Las anteriores medidas se completan con acciones puntuales como la construcción de muretes para salvaguardar los accesos o antepechos para proteger los cerramientos vulnerables. En los huecos situados por debajo de la cota de inundación se ha optado, según los casos, por su sellado permanente o por la instalación de cristales blindados.



Fig. 45. Otras medidas en Teknia: muretes de protección, antepechos, sellado de huecos y cristales blindados.

- Barreras inflables

Con el fin de aislar el perímetro de las naves industriales y evitar el contacto del agua con las edificaciones, el Polígono Industrial de Marrón ha previsto la implantación de barreras temporales inflables. Este tipo de barreras se inflan con aire mediante un compresor y se desinflan y almacenan de forma sencilla después de la inundación. El sistema utiliza el propio peso del agua para conseguir una alta estanqueidad y un eficaz anclaje a la superficie, y destaca por su alta versatilidad, ya que se monta sobre cualquier superficie. El diámetro máximo disponible es un metro. Existen también modelos inflables con agua mediante una bomba, que pueden apilarse y proteger frente a calados superiores.

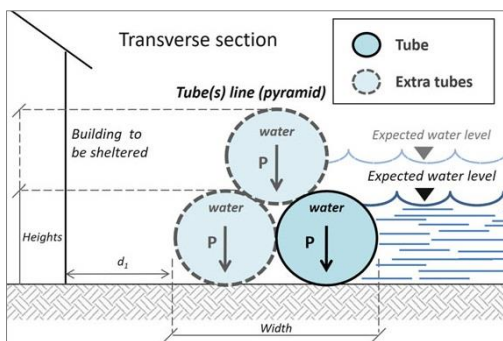
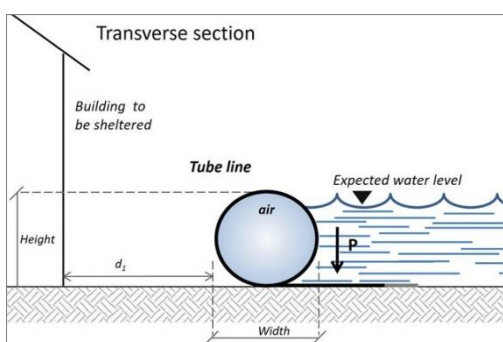


Fig. 46: Ejemplos de barreras temporales inflables. Flood proofing in urban areas. 2019.

- Sacos de arena

Aunque pueden deteriorarse y no garantizan un sellado hermético, los sacos de arena son una medida muy económica que ofrece una protección eficaz y versátil en huecos de poca altura.



Fig. 47: Sacos de arena en el Polígono Industrial de Marrón.

- **Medidas complementarias**

Las medidas implementadas, orientadas a resistir la entrada de agua en los edificios, no solucionan el hecho de que la parcela se inunda, dificultando o interrumpiendo las actividades del polígono durante días o semanas y ocasionando pérdidas directas o indirectas. Se proponen por lo tanto medidas orientadas a evitar el contacto del agua con los edificios.

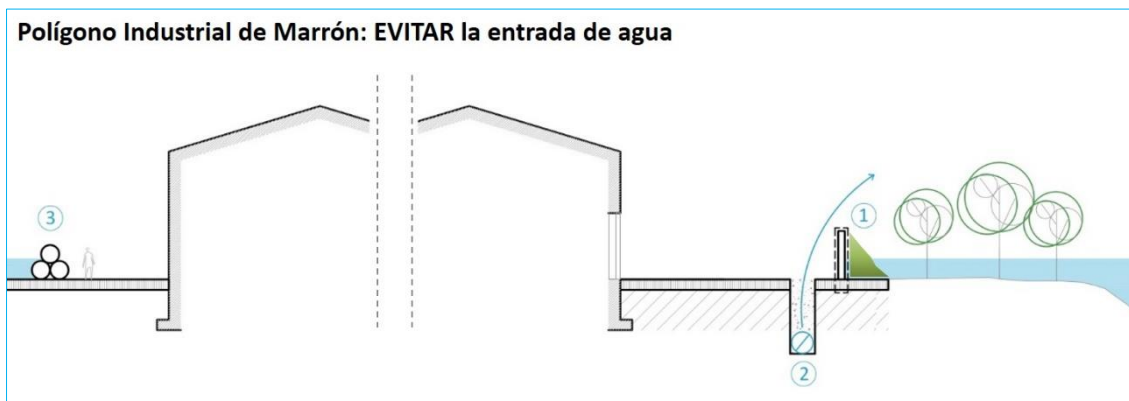


Fig. 48: Medidas complementarias: 1 recrecimiento del muro e integración en el paisaje, 2 arquetón drenante y 3 barreras perimetrales temporales o permanentes.

En relación con el entorno, resulta recomendable promover vallados permeables (preferiblemente con vegetación autóctona) y usos compatibles con la inundación, como el parque de patinaje o el campo de fútbol. En el caso de este, la ocupación del espacio bajo las gradas y la construcción de nuevos volúmenes en sentido perpendicular al flujo interrumpe en la actualidad la transparencia hidráulica. Por otra parte, se estudiará la influencia en las inundaciones del arrastre de cantos rodados y la acumulación de sedimentos en el meandro.



Fig. 49: Entorno: vallados permeables, usos inundables, transparencia hidráulica y acumulación de sedimentos.

- **Recrecimiento del muro e integración en el paisaje**

La presencia de fisuras, grietas y discontinuidades en el muro de contención provoca la entrada de agua en el recinto. Las tareas de impermeabilización y mantenimiento son por lo tanto necesarias para evitar las filtraciones producidas por las crecidas ordinarias. Por otra parte, su reducida altura no protege ante desbordamientos en situaciones de avenidas importantes. Las estrategias orientadas a evitar el contacto del agua permiten que las edificaciones y el área protegida no se vean alcanzadas por la inundación, evitando daños provocados por el agua, la presión hidrodinámica, la erosión o el impacto de elementos arrastrados. No requieren cambios significativos en los edificios y permiten que las actividades no se vean interrumpidas, evitando daños indirectos por cese de producción.

Teknia ha planteado un nuevo muro, adosado al actual y con una altura de 2 metros, para evitar desbordamientos hasta el periodo de retorno de 500 años (probabilidad baja). Se propone a lo largo de los 260 metros que delimitan al este el Polígono Industrial de Marrón y la urbanización situada al sur del mismo, ofreciendo protección a ambos. El coste total, incluyendo excavación, zapata y muro de hormigón armado se ha estimado en **57.000 €**. Para mitigar el impacto ambiental y paisajístico de los muros, que alteran el ecosistema y conducen la energía de la corriente a tramos no defendidos, pueden plantearse respuestas mixtas que combinen soluciones propias de la ingeniería con otras basadas en la naturaleza.



Fig. 50: Ejemplos de barreras permanentes integradas en el paisaje.

- **Arquetón drenante**

Para evacuar tanto la escorrentía como el agua procedente de las filtraciones del muro, se ha planteado un arquetón drenante situado en el punto más bajo de la parcela (extremo sureste), que facilite las labores de bombeo y permita achicar el agua de manera eficaz. Como alternativa, pueden disponerse varios arquetones, distribuidos por la cara interior del muro, conectados mediante una zanja drenante rellena de material filtrante, que traslade el agua hacia los puntos de evacuación. El sistema puede incorporar tuberías porosas que aumenten la velocidad de transporte y eviten la posible colmatación de la zanja.

- **Barreras perimetrales temporales o permanentes**

Además del muro de contención al este de la parcela, en caso de crecidas de gran magnitud existen otros posibles puntos de entrada de agua en el recinto. Por ello es preciso complementar esta medida con el cierre perimetral de todo el polígono industrial mediante barreras temporales (que requieren sistemas de alerta temprana y protocolos eficaces) o permanentes (que plantean mayor coste económico, tramitación administrativa, obra e impacto en el medio).

- **Mitigación de daños en el equipamiento**

Ante eventos extremos en los que soluciones planteadas no impidan la entrada de agua en el edificio, se propone **TOLERAR** la entrada de agua, minimizando los costes directos en el edificio y asumiendo costes indirectos derivados de la interrupción de la actividad, mediante la reubicación de los equipos más costosos en plantas superiores no expuestas.

Las medidas para reducir la vulnerabilidad del equipamiento de los edificios se engloban en tres tipos de acciones: **ELEVAR**, que consiste en subir el equipamiento por encima del nivel de protección; **REUBICAR**, que consiste en modificar el emplazamiento del equipamiento, generalmente a una planta superior; y **PROTEGER**, que consiste en mantener la ubicación del equipamiento, pero tomando las medidas necesarias para limitar el daño.

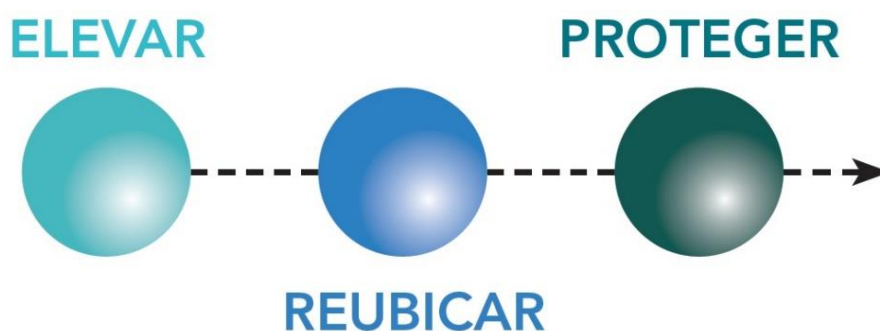


Fig. 51: Metodología para la mitigación de daños en el equipamiento. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. 2017.

En cada planta inundable se tendrá en cuenta:

- Desconexión de todas las instalaciones de electricidad y gas ante el riesgo de inundación.
- Garantía de estanqueidad en todas las estancias vulnerables (protección de puertas, ventanas, rejillas, patinillos, etc.) garantizando la correcta ventilación.
- Elevación sobre plintos o reubicación todos los elementos de valor.
- Elevación de todos los elementos no fijos (extintores, etc.) por encima de la cota de inundación.
- Elevación de enchufes por encima del nivel de inundación para evitar daños en la instalación eléctrica, o protección mediante sistemas de cierre hermético que garanticen la estanqueidad.
- Tratamientos impermeabilizantes en puertas que eviten daños en caso de inundación, o sustitución por otras desmontables o resistentes al agua.
- Seguimiento de los protocolos de actuación y traslado de los vehículos fuera de la zona de riesgo de inundación con el primer aviso.



Fig. 52: Equipamientos protegidos: maquinaria y centros de transformación.

- **Sistemas urbanos de drenaje sostenible**

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

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) son una herramienta preventiva de gestión del agua de lluvia que contribuye a minimizar los efectos de las inundaciones. Su estrategia se basa en dos objetivos principales: reducir la cantidad de agua que llega al punto final de vertido, y mejorar la cantidad y calidad del agua que se vierte e infiltra al medio natural.



Fig. 53: Tipología de SUDS. Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible. 2019.

La Agenda Urbana Española propone incorporar a la gestión urbanística el concepto de infraestructuras verdes y azules: soluciones multifuncionales basadas en la naturaleza con beneficios ambientales, económicos y sociales. Como complemento a las infraestructuras grises, son útiles en la gestión del riesgo de inundación, aportando además nuevos valores. Las necesidades de mantenimiento y gestión propician la participación ciudadana y el desarrollo de actividades productivas vinculadas al ocio y la educación ambiental, contribuyendo a fijar la población al territorio e impulsando comunidades sostenibles. La valoración de su impacto requiere por lo tanto nuevos indicadores cuantitativos y cualitativos, con aportaciones procedentes de las ciencias naturales y sociales.



Fig. 54: 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.

○ **Cubiertas verdes, pavimentos permeables y zanjas drenantes**

El Polígono Industrial de Marrón puede incorporar diversos tipos de sistemas urbanos de drenaje sostenible pueden con el fin de detener, ralentizar, almacenar e infiltrar el agua, reduciendo así la escorrentía y contribuyendo a restaurar el ciclo natural del agua.

○ **Corredores verdes-azules y laminación de avenidas**

Los corredores verdes-azules, generados a partir de la restauración de cauces naturales o su creación de manera artificial con criterios de conectividad ecológica, se justifican en la mayor capacidad de desagüe de los cursos a cielo abierto y en su valor paisajístico.

La laminación de avenidas, mediante la eliminación de obstáculos y la alteración topográfica que facilite el desagüe posterior, permite que parte del caudal quede remansado y llegue mermado a las zonas vulnerables.

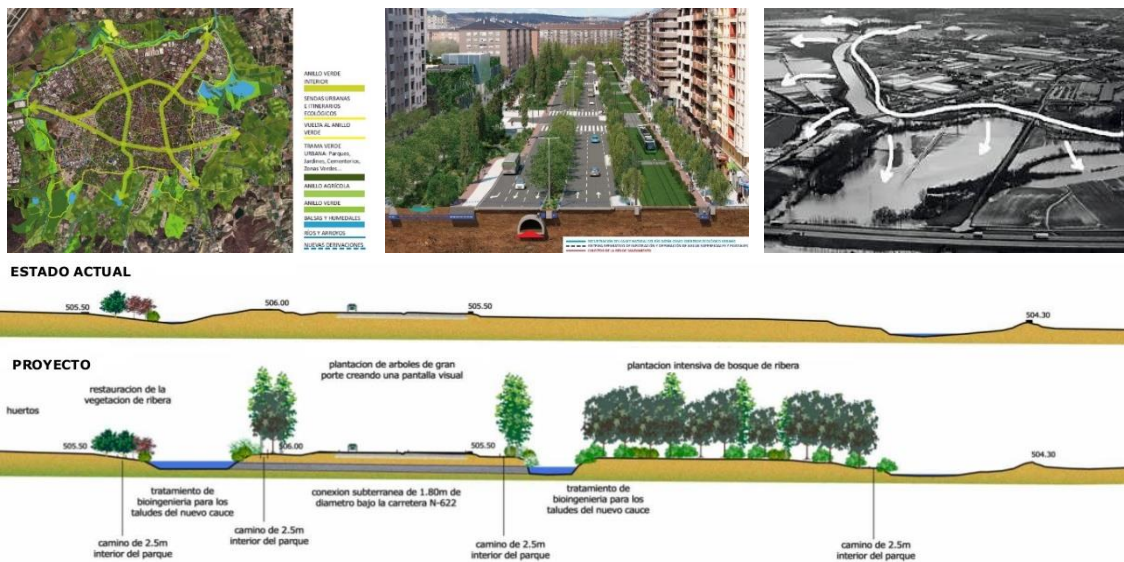


Fig. 55: Ejemplos de buenas prácticas: El anillo verde interior: hacia una infraestructura verde urbana en Vitoria-Gasteiz. Intervención en Avenida Gasteiz – Río Batán. Laminación de avenidas, adecuación hidráulica y restauración ambiental del río Zadorra. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

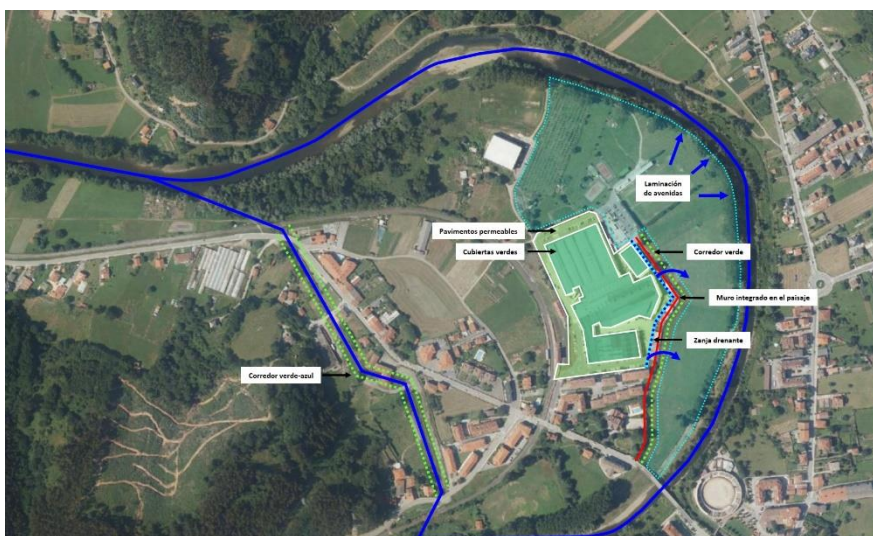


Fig. 56: Propuestas de SUDS e infraestructuras verdes y azules en el Polígono Industrial de Marrón.

7. 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.

8. RESUMEN

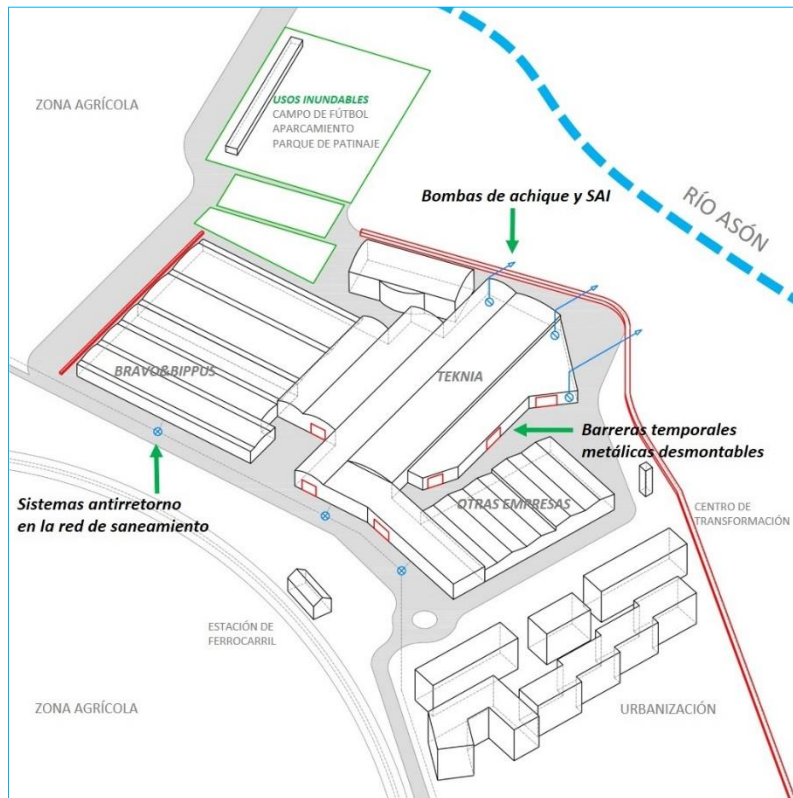


Fig. 57: Esquema resumen de las medidas implementadas: RESISTIR la entrada de agua,

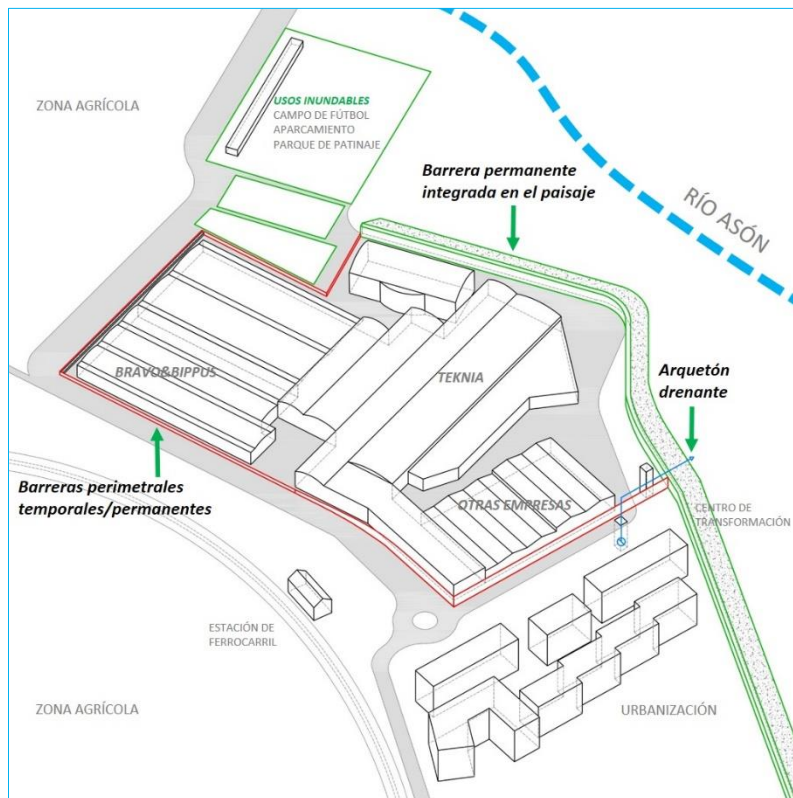


Fig. 58: Esquema resumen de las medidas complementarias: EVITAR la entrada de agua.

9. 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 una estrategia preventiva y su coste estimado de ejecución, y se determinan la reducción del riesgo y la relación beneficio/coste. 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 obtener las pérdidas totales estimadas que se producirían en situación actual en caso de inundación se utiliza la siguiente tabla, basada en el coste estimado de los daños en los edificios, en el equipamiento y por el cese de la actividad derivados del episodio de 2015 en los 13.000 m² correspondientes a las instalaciones de Mecanor, actual Teknia (24.964.000 € para h=1.70m).

DAÑOS TOTALES EN SITUACIÓN ACTUAL	COSTE ESTIMADO €	Afección por nivel de agua		
		0,5m	1,5m	3m
GENERAL (ESTIMADO POR m²)				
Pavimento	15 €	0%	25%	40%
Limpieza y gestión de residuos	10 €	30%	100%	100%
GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Fachadas	30 €	0%	0%	30%
Paramentos interiores	9 €	25%	60%	95%
Puertas	6 €	75%	100%	100%
Vidrios	6 €	0%	40%	80%
INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Instalación eléctrica y luminarias	30 €	10%	50%	70%
Fontanería y saneamiento	20 €	0%	40%	80%
Clima y ventilación	20 €	0%	0%	100%
Gas	10 €	0%	10%	40%
CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)				
Maquinaria	14.000.000 €	50%	75%	100%
Mercancía	800.000 €	50%	75%	100%
Mobiliario	60.000 €	50%	100%	100%
Equipos informáticos	60.000 €	50%	100%	100%
ACTIVIDAD (COSTE ESTIMADO POR INUTILIZACIÓN HASTA RECUPERACIÓN)				
Cese de actividad	16.000.000 €	50%	75%	100%

Fig. 59: Estimación de daños totales por niveles de agua.

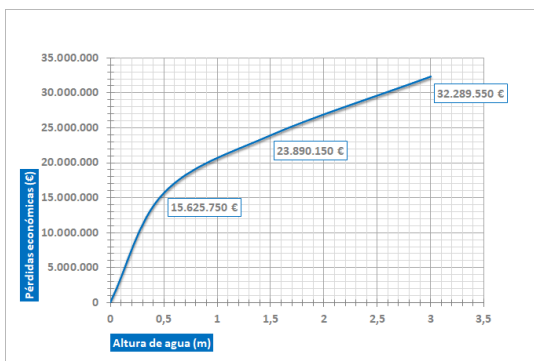
Daños totales en situación actual estimados por nivel de agua (superficie Teknia: 13.000 m²):

- 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 EN SITUACIÓN ACTUAL	COSTE ESTIMADO €	COSTE ESTIMADO € 13.000 m ²	Nivel de agua					
			0,5m		1,5m		3m	
			A (%)	P (€)	A (%)	P (€)	A (%)	P (€)
GENERAL (ESTIMADO POR m²)								
Pavimento	15 €	195.000 €	0%	0 €	25%	48.750 €	40%	78.000 €
Limpieza y gestión de residuos	10 €	130.000 €	30%	39.000 €	100%	130.000 €	100%	130.000 €
GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)								
Fachadas	30 €	390.000 €	0%	0 €	0%	0 €	30%	117.000 €
Paramentos interiores	9 €	117.000 €	25%	29.250 €	60%	70.200 €	95%	111.150 €
Puertas	6 €	78.000 €	75%	58.500 €	100%	78.000 €	100%	78.000 €
Vidrios	6 €	78.000 €	0%	0 €	40%	31.200 €	80%	62.400 €
INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)								
Instalación eléctrica y luminarias	30 €	390.000 €	10%	39.000 €	50%	195.000 €	70%	273.000 €
Fontanería y saneamiento	20 €	260.000 €	0%	0 €	40%	104.000 €	80%	208.000 €
Clima y ventilación	20 €	260.000 €	0%	0 €	0%	0 €	100%	260.000 €
Gas	10 €	130.000 €	0%	0 €	10%	13.000 €	40%	52.000 €
CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)								
Maquinaria	14.000.000 €	14.000.000 €	50%	7.000.000 €	75%	10.500.000 €	100%	14.000.000 €
Mercancía	800.000 €	800.000 €	50%	400.000 €	75%	600.000 €	100%	800.000 €
Mobiliario	60.000 €	60.000 €	50%	30.000 €	100%	60.000 €	100%	60.000 €
Equipos informáticos	60.000 €	60.000 €	50%	30.000 €	100%	60.000 €	100%	60.000 €
ACTIVIDAD (COSTE ESTIMADO POR INUTILIZACIÓN HASTA RECUPERACIÓN)								
Cese de actividad	16.000.000 €	16.000.000 €	50%	8.000.000 €	75%	12.000.000 €	100%	16.000.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €		32.948.000 €		15.625.750 €		23.890.150 €		32.289.550 €

Daños totales en situación actual estimados por periodo de retorno:

- Para calcular el valor estimado correspondiente a cada periodo de retorno se aplica una regla proporcional utilizando los datos de la tabla anterior. 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.



DAÑOS TOTALES SITUACIÓN ACTUAL	Periodo de retorno		
	T=10	T=100	T=500
Altura de agua (m)	1,2	1,7	2,2
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
Daño	22.000.000 €	25.000.000 €	28.000.000 €
Daño incremental	1.100.000,00 €	2.115.000,00 €	212.000,00 €
Daño anual medio			3.427.000,00 €
Daño acumulado en 30 años			102.810.000,00 €

Alternativas de adaptación:

- Se obtiene el coste total de las medidas implantadas, y el coste estimado de las medidas complementarias planteadas.

MEDIDAS IMPLANTADAS		
BARRERAS TEMPORALES	Barreras temporales metálicas en las entradas a las naves	105.000 €
INSTALACIONES	Válvula antirretorno en la acometida de la red de saneamiento	3.000 €
	Bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida	37.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €		145.000 €

MEDIDAS COMPLEMENTARIAS - ALTERNATIVA 1		
BARRERA PERMANENTE	Recrecimiento muro este e integración en el paisaje, h=2.2m, l=260m	130.000 €
	Muro noreste h=1m, l=100m	20.000 €
	Recrecimiento muro norte h=1m, l=100m	10.000 €
BARRERAS TEMPORALES	Barreras desmontables metálicas en las entradas a las naves	105.000 €
	2 Barreras tipo DPS 2000 h=1m, l=4.5m (noreste+norte)	20.000 €
	Barrera temporal inflable oeste tramo 1, h=1m, l=120m	12.000 €
	Barrera temporal inflable oeste tramo 2, h=2.2m, l=100m	20.000 €
	Barrera temporal inflable sur, h=2.2m, l=100m	20.000 €
	4 Elementos de anclaje	8.000 €
	Válvula antirretorno en la acometida de la red de saneamiento	3.000 €
INSTALACIONES	Bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida	37.000 €
	Arquetón drenante en extremo sureste	10.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €		395.000 €

MEDIDAS COMPLEMENTARIAS - ALTERNATIVA 2		
BARRERA PERMANENTE	Recrecimiento muro este e integración en el paisaje, h=2.2m, l=260m	130.000 €
	Muro noreste h=1m, l=100m	20.000 €
	Recrecimiento muro norte h=1m, l=100m	10.000 €
	Muro oeste tramo 1, h=1m, l=120m	24.000 €
	Muro oeste tramo 2, h=2.2m, l=100m	40.000 €
	Muro sur, h=2.2m, l=100m	40.000 €
BARRERAS TEMPORALES	Barreras desmontables metálicas en las entradas a las naves	105.000 €
	3 Barreras tipo DPS 2000 h=1m, l=4.5m (noreste+norte+oeste)	30.000 €
	1 Barrera tipo DPS 2000 h=2.2m, l=4.5m (sur)	20.000 €
INSTALACIONES	Válvula antirretorno en la acometida de la red de saneamiento	3.000 €
	Bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida	37.000 €
	Arquetón drenante en extremo sureste	10.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €		469.000 €

Análisis beneficio/coste:

- Se calcula el daño residual o valor estimado de los daños en función de la altura del agua tras implementar cada paquete de medidas, y se obtienen las pérdidas potenciales durante un periodo de 30 años utilizando el procedimiento anterior. Por último, se estudia la reducción del riesgo y la relación beneficio/coste que ofrece cada alternativa:

MEDIDAS IMPLANTADAS (145.000 €)	T=10	T=100	T=500
Daño	2.800.000 €	3.500.000 €	4.800.000 €
Daño incremental	140.000,00 €	283.500,00 €	33.200,00 €
Daño anual medio			456.700,00 €
Daño acumulado en 30 años			13.701.000,00 €
Reducción teórica del riesgo			86,67%
Beneficio/Coste			614,54

MEDIDAS COMPLEMENTARIAS – 1 (395.000 €)	T=10	T=100	T=500
Daño	0 €	0 €	0 €
Daño incremental	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Daño anual medio			0,00 €
Daño acumulado en 30 años			0,00 €
Reducción teórica del riesgo			100,00%
Beneficio/Coste			260,28

MEDIDAS COMPLEMENTARIAS – 2 (469.000 €)	T=10	T=100	T=500
Daño	0 €	0 €	0 €
Daño incremental	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Daño anual medio			0,00 €
Daño acumulado en 30 años			0,00 €
Reducción teórica del riesgo			100,00%
Beneficio/Coste			219,21

- Las **medidas implantadas**, basadas en RESISTIR la entrada de agua, ofrecen una relación beneficio/coste muy favorable. Sin embargo, la reducción teórica del riesgo no es total: no evitan la inundación del recinto (existen pérdidas por limpieza y gestión de residuos, daños en fachadas, cese de actividad, etc.), dependen del correcto funcionamiento de todas las intervenciones (el fallo en alguna de ellas invalidaría la propuesta), y de los protocolos de actuación y sistemas de alerta temprana, sujetos a un elevado grado de incertidumbre debido a las características de los cauces de montaña.
- La **medidas complementarias – alternativa 1**, basadas en el recrecimiento del muro este y en EVITAR el contacto del agua mediante BARRERAS TEMPORALES, ofrecen una reducción teórica total del riesgo, pero dependen del buen funcionamiento de los protocolos de actuación y sistemas de alerta temprana, sujetos a un elevado grado de incertidumbre debido a las características de los cauces de montaña.
- La **medidas complementarias – alternativa 2**, basadas en el recrecimiento del muro este y en EVITAR el contacto del agua mediante BARRERAS PERMANENTES, ofrecen una reducción teórica total del riesgo, pero implican un mayor coste económico, tramitación administrativa y obra, además del impacto en el entorno, que deberá apoyarse en las correspondientes pruebas de modelización hidráulica.

10. REFERENCIAS

- **Estudio de soluciones de mitigación de la inundabilidad en el Polígono Industrial de Marrón.**
Instituto de Hidráulica Ambiental. Universidad de Cantabria. 2016.

- **Resiliencia territorial ante catástrofes en el cantábrico español.**
Marquínez García, Jorge; Fernández Iglesias, Elena; Colina Vuelta, Arturo; García de la Fuente, Laura.
Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT). Universidad de Oviedo.
ROP 2017, 164 (3587): 54-63.

- **Un plan de contingencia evita el cese de actividad en Teknia por el temporal.**
El Diario Montañés, 06.02.2019
<https://www.eldiariomontanes.es/economia/empresas/plan-contingencia-evita-20190206202724-ntvo.html>

- **El Asón se desborda y anega el centro de Ampuero y el Polígono Industrial de Marrón.**
El Diario Montañés, 25.01.2019
<https://www.eldiariomontanes.es/cantabria/ason-inunda-zonas-20190124105335-nt.html>

- **Teknia compra Mecanor, con factoría en Ampuero.**
El Diario Montañés, 27.03.2018
<https://www.eldiariomontanes.es/economia/empresas/teknia-compra-mecanor-20180327215729-ntvo.html>