

ADAPTACIÓN AL RIESGO DE INUNDACIÓN

EDIFICACIONES

CASO PILOTO

TIPOLOGÍAS DE VIVIENDA UNIFAMILIAR (LOS ALCÁZARES, MURCIA)



Septiembre 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

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 y el Reto Demográfico (MITECO) 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 a dos casos tipo generales de vivienda unifamiliar en el municipio de Los Alcázares (Murcia), cuya población es de 15.674 habitantes (INE, 2018).



Fig. 01: Inundación en Los Alcázares en septiembre de 2019. Confederación Hidrográfica del Segura.

- **Marco geográfico**

El municipio de Los Alcázares se sitúa en la ribera del Mar Menor y su clima es de tipo mediterráneo, con una temperatura media anual de 18,2°C. Su régimen pluvial se caracteriza por las lluvias escasas, esporádicas y muy intensas. El término municipal limita al sur con el cauce de la Rambla del Albujión. El casco urbano se ubica en la zona de confluencia entre la Rambla de la Maraña y diversos ramblizos, que provocan la entrada de agua de manera muy laminada y dispersa, sin que exista un cauce principal definido por el que discurran las aguas.

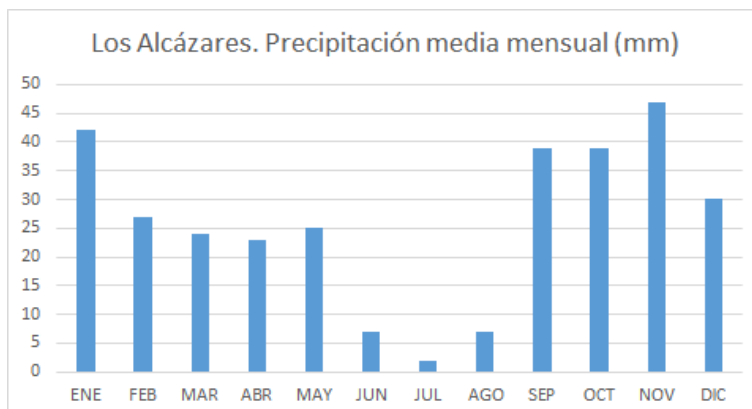


Fig. 02: Pluviograma de Los Alcázares (Estación de San Javier-Aeropuerto). Precipitación media anual: 312mm. AEMET

- **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: Los Alcázares: peligrosidad T=500. SNCZI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico



Fig. 04: Los Alcázares: 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.



Fig. 05: Los Alcázares: 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 Segura, en 2015 se definieron las siguientes:

MEDIDA RD 903/2010	MEDIDA PGRI SEGURA
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 - 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 - Actividades de Protección Civil en la fase de recuperación tras un episodio de inundación - 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 y urbanismo. Limitaciones a los usos del suelo en la zona inundable. Criterios para considerar el territorio no urbanizable. Criterios constructivos para edificaciones en zona inundable. Medidas para adaptar el planeamiento urbanístico
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, aguas costeras 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 Segura

- **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, cinco de los objetivos hacen referencia directa al caso de estudio:



Fig. 07: Objetivos de desarrollo sostenible 6, 11, 13, 14 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. 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

Una larga historia de alteración antrópica del paisaje, vinculada a la agricultura y el urbanismo, ha incrementado la vulnerabilidad de Los Alcázares ante el riesgo de inundación. Esta situación se ve agravada por los fenómenos naturales como la DANA (depresión aislada en niveles altos), y la mayor frecuencia de este tipo de eventos debido al cambio climático. La estructura de la ya de por sí compleja red hidrológica del Campo de Cartagena ha sido desfigurada con el tiempo; la lógica de la escorrentía se ha visto alterada por un conjunto de fenómenos con fuerte impacto individual y las sinergias derivadas de su acumulación, a lo que se añade la intensidad de las precipitaciones in situ.

- **Episodios recientes**

Los Alcázares ha sufrido recientemente varios episodios de inundación que han generado cuantiosos daños materiales y económicos. Los más virulentos han sido los siguientes:

- El 18 de septiembre de 2016 las lluvias torrenciales generaron una grave inundación en Los Alcázares. Los importantes volúmenes de agua acumulados desde finales de noviembre habían mermado la capacidad de absorción del suelo, que se encontraba relativamente saturado, y la escorrentía fluyó superficialmente hasta la localidad. El cauce de la Rambla de la Maraña se encuentra en la actualidad difuminado, provocando el discurso de agua a manta a través del núcleo urbano. Adicionalmente, diversas infraestructuras lineales contribuyeron a alterar el curso del agua: la capacidad del canal de drenaje D-7, que transcurre perpendicular a las ramblas, se vio superada; los embalsamientos generados en la autovía AP-7 provocaron cursos con gran energía a través de pasos subterráneos de insuficiente capacidad hidráulica, y diversos muros de contención cuya altura o capacidad resistente se vieron sobrepasadas aumentaron la virulencia del evento.



Fig. 09: Siniestros derivados de la inundación de septiembre de 2016 en Los Alcázares. Consorcio de Compensación de Seguros.



Fig. 10: Litoral de Los Alcázares: dirección de la escorrentía (2016). RTVE.

- El 12 de septiembre de 2019, recién finalizadas las obras de reparación de 2016, se produjo la entrada de una DANA que desencadenó un episodio excepcional de lluvias. En esta ocasión se produjo además el desbordamiento de la Rambla del Albuñón, inundando la parte sur del término municipal. El evento afectó gravemente al Ayuntamiento y otros edificios públicos como el Polideportivo, la Biblioteca y diversos centros de enseñanza.

- Escalas de intervención

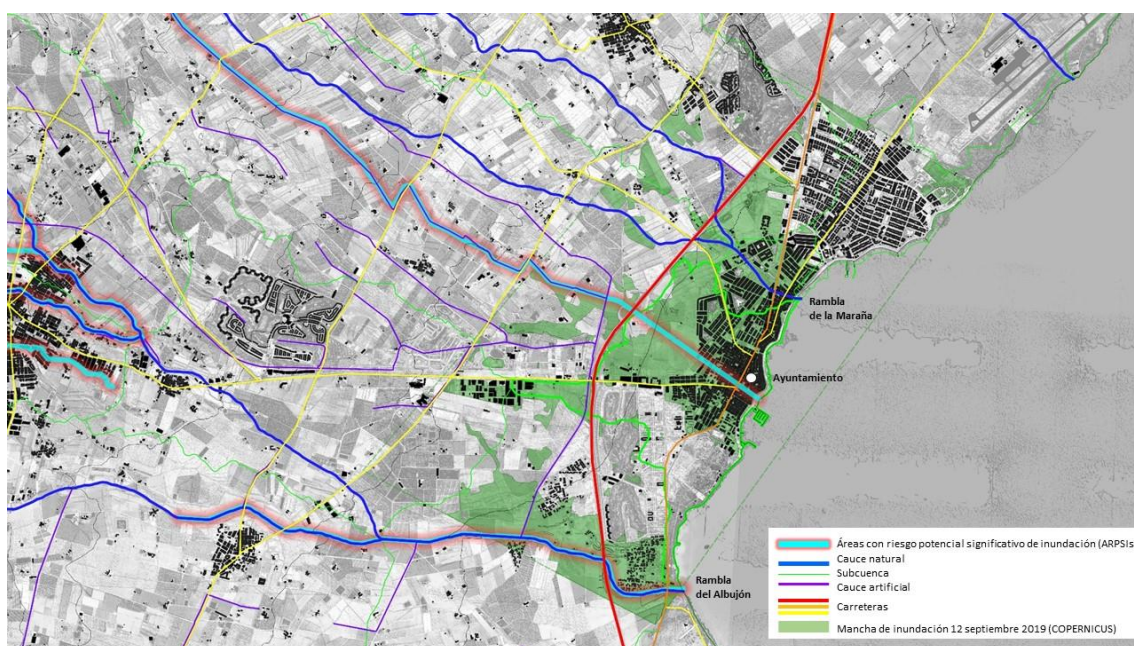
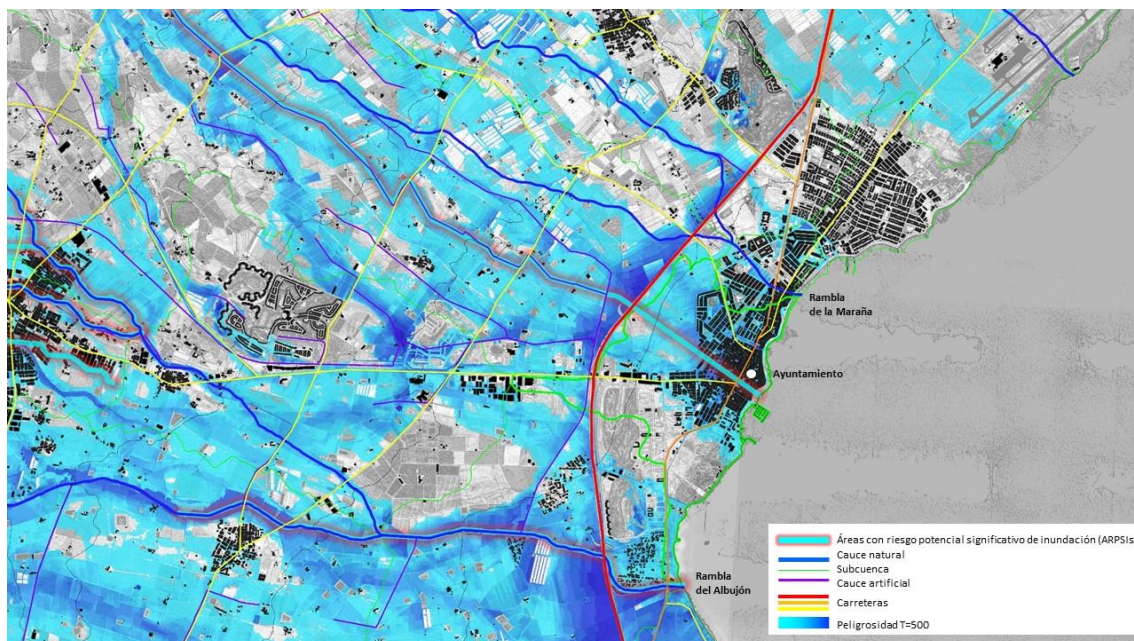


Fig. 11: Comparativa entre peligrosidad T=500 (SNZCI, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) y mancha de la inundación del 12 de septiembre de 2019 (Copernicus, Agencia Espacial Europea). Datos: Centro Nacional de Información Geográfica

- **A escala de cuenca hidrográfica**, el área conocida como el Campo de Cartagena es una llanura con suave pendiente hacia el este, con precipitaciones escasas, esporádicas y muy intensas, rodeada por sierras de mediana altitud pero fuertes pendientes que le confieren un índice de torrencialidad alto. La red de drenaje se caracteriza por la ausencia de corrientes continuas: está compuesta por una serie de ramblas (cauces con caudales temporales) que desembocan en el Mar Menor. La llegada de las aguas del trasvase Tajo-Segura permitió evolucionar desde los sistemas agrícolas extensivos de secano a los intensivos de regadío. La conectividad del sistema de drenaje natural se vio alterada: los cauces son difícilmente reconocibles y discurren de manera difusa, afectando a más superficie.

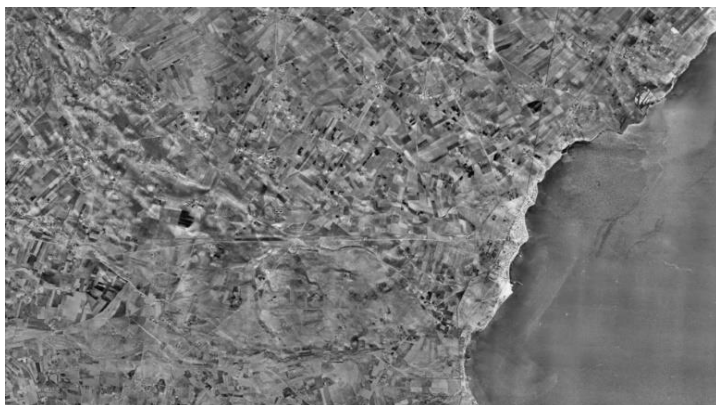


Fig. 12: Comparativa entre Vuelo Americano Serie B 1956-1957 y OLISTAT 1997-1998. Instituto Geográfico Nacional.

- **A escala urbana**, existen diversos problemas de carácter irreversible, y otros que requieren importantes operaciones de cirugía urbana destinadas a devolver espacio a las ramblas. Para valorar la viabilidad de estas, es precisa una evaluación rigurosa de los costes y beneficios, incorporando nuevos indicadores ambientales, económicos y sociales desde una perspectiva de gestión integrada.

El dinamismo económico de las zonas de nuevos regadíos, unido al desarrollo turístico del entorno del Mar Menor, generó un importante incremento de la población. Los Alcázares se triplicó, desde los 5.501 habitantes en 1996 a los 15.674 de la actualidad. Durante este proceso, el comportamiento irregular de los cauces favoreció la ocupación de zonas inundables para usos urbanos: la rambla se impermeabiliza e integra en la trama de la ciudad como una vía más, sin las necesarias intervenciones de adaptación.



Fig. 13: Vuelo PNOA 2016. Instituto Geográfico Nacional.

Para abordar esta compleja problemática, el *Plan Especial de infraestructuras contra inundaciones, para la protección del municipio de Los Alcázares y de su litoral del Mar Menor*, actualmente en elaboración, se encamina a garantizar la protección física de las personas, bienes e infraestructuras del municipio y su entorno medioambiental, abordando los fenómenos de inundación desde la escala del paisaje y la ciudad en una apuesta integral orientada además a la protección y recuperación del Mar Menor.

El plan plantea una serie de estructuras de retención de escorrentías que laminen las avenidas, combinadas con la evacuación controlada hacia la laguna a través de cauces superficiales ejecutados en el casco urbano, que entrarían en funcionamiento en episodios de lluvia excepcionales permitiendo aliviar el agua sobrante, planteados como parques lineales ajardinados en una concepción de infraestructura verde y azul.



Fig. 14: Plan especial de infraestructuras contra inundaciones, para la protección del municipio de Los Alcázares y de su litoral del Mar Menor (en elaboración). Ayuntamiento de Los Alcázares.

- **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 juegan un papel decisivo en la mitigación de las consecuencias de las inundaciones mediante este tipo de medidas no estructurales que incrementan significativamente la resiliencia de las zonas expuestas.

3. FICHA DE LA EDIFICACIÓN

NOMBRE	Tipologías de vivienda unifamiliar
FECHA DE LA REUNIÓN	29/10/2019
CONTACTO	Arquitecto municipal

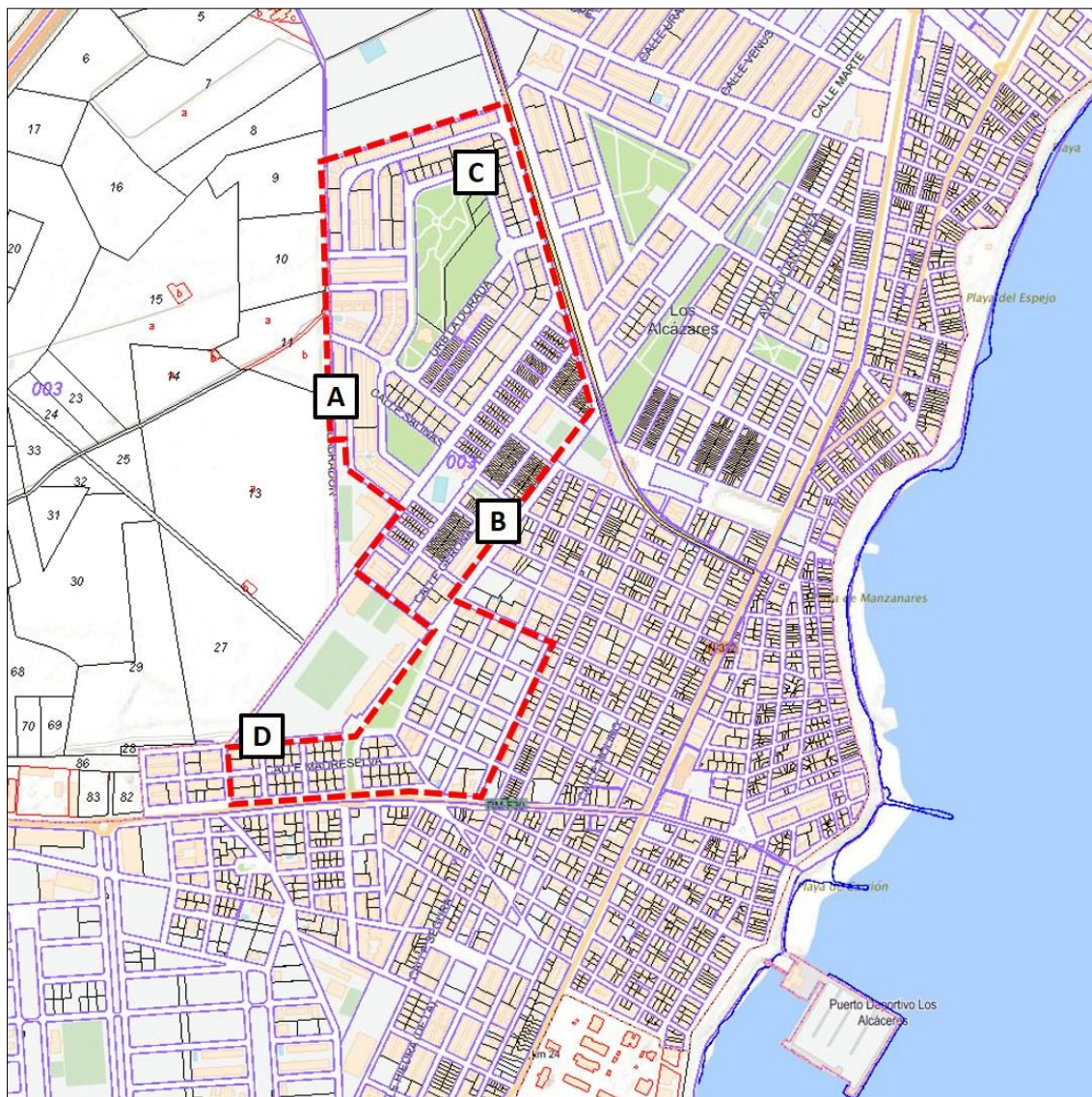


Fig. 15: Ámbito de estudio. Consulta gráfica de datos catastrales de bien inmueble. Ministerio de Hacienda.

4. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El ámbito de estudio se ubica en el límite oeste del término municipal de Los Alcázares, y limita con el Instituto de Educación Secundaria Antonio Menárguez Costa y el Polideportivo Municipal.

Las tipologías de vivienda unifamiliar predominantes son:

- Adosados con planta alta y garaje (ejemplo: zonas A y B, en general más recientes).
- Chalets en planta baja (ejemplos: zonas C y D, en general de mayor antigüedad).



Fig. 16: Ejemplos de tipologías de vivienda. Consulta gráfica de datos catastrales de bien inmueble. Ministerio de Hacienda.

Atendiendo a las tipologías más habituales en la zona estudiada (chalets en planta baja y adosados con planta alta y garaje), se consideran 2 casos tipo:

- **CASO TIPO 1: VIVIENDA UNIFAMILIAR PLANTA BAJA:** se considera una vivienda de referencia de 100 m² útiles, distribuida del siguiente modo: recibidor, salón/comedor, tres dormitorios, dos baños, cocina y terraza.
- **CASO TIPO 2: VIVIENDA UNIFAMILIAR PLANTA BAJA + PRIMERA + SÓTANO:** se considera un segundo caso tipo de 200 m² útiles, que incluye además una planta alta (50 m²) y un garaje bajo rasante (50 m²).

5. PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN

- **Procedencia del agua**



Fig. 17: Situación y T=500. Centro Nacional de Información Geográfica. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

La escorrentía se interrumpe con el límite de la urbanización, configurado mediante una medianera de 450 metros con escasas interrupciones para el paso de agua; así como con el muro del polideportivo municipal, de 275 metros, que tampoco permite la transparencia hidráulica. Esta circunstancia provoca el embalsamiento del agua y el colapso de las barreras.



Fig. 18: Comparativa entre Vuelo Americano Serie B 1956-1957 y PNOA 2016. Instituto Geográfico Nacional.

Tomando como referencia la zona A, expuesta directamente a la escorrentía, según los datos reflejados por los mapas de peligrosidad, la altura de calado estimada para el periodo de retorno de 10 años supera los 0.5 metros en el punto más desfavorable. Para el periodo de retorno de 500 años se alcanzan los 0.9 metros.

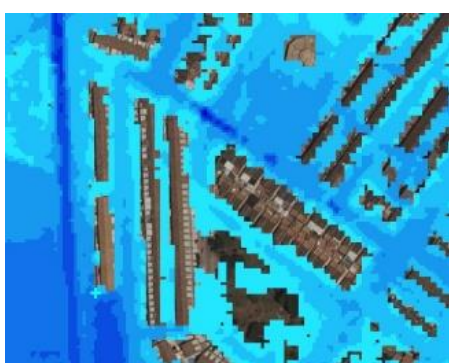
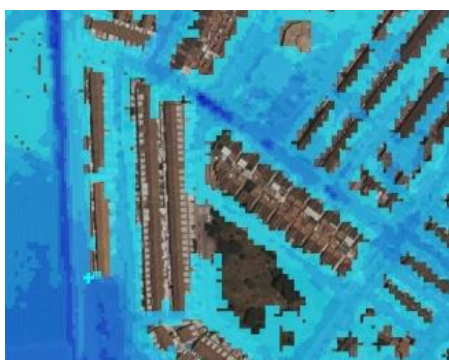


Fig. 19: Peligrosidad T=10, T=100 y T=500. SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

- **Principales puntos de entrada de agua**

Los puntos de entrada de agua más habituales en las viviendas son:

- **Puertas y ventanas**
- **Sistemas de ventilación**
- **Tuberías de saneamiento**

A estos puntos hay que añadir las posibles filtraciones por falta de impermeabilización en muros de sótano, solera y cimentación; o a través de fisuras o juntas en fachadas, tomas de servicios y equipamientos, moquetas o patinillos, etc.

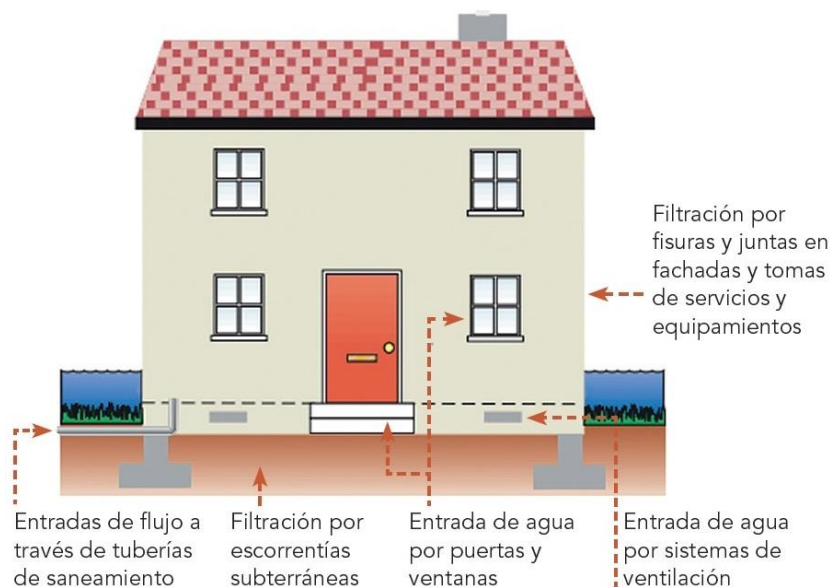


Fig. 20. Puntos de entrada de agua. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. Dirección General del Agua y Consorcio de Compensación de Seguros. 2017. / Office of the Deputy Prime Minister. Reino Unido, 2013.

- **Daños potenciales**

Los daños en caso de inundación dependerán, entre otros factores, de la altura de agua alcanzada y del tiempo de permanencia en el interior de la vivienda. Se distinguen:

- **Daños directos:** producidos sobre el edificio (continente y contenido), daños en vehículos, daños personales, etc.
- **Daños indirectos:** derivados de la gestión de residuos, alojamiento hasta la recuperación, consecuencias ambientales, económicas y sociales, etc.



Fig. 21. Viviendas afectadas por la inundación de 2019. Ayuntamiento de Los Alcázares.

6. PROPUESTAS DE ADAPTACIÓN

6.1. 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 Segura, 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 INUNMUR (Plan Especial de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia).



Fig. 22: Guía técnica de elaboración de un Plan de Autoprotección. Dirección General de Protección Civil y Emergencias. INUNMUR (Plan Especial de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia).

- **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.

6.2. 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. 23: Criterios de actuación en edificios existentes. Recomendaciones para la construcción y rehabilitación de edificaciones en zonas inundables. 2019.

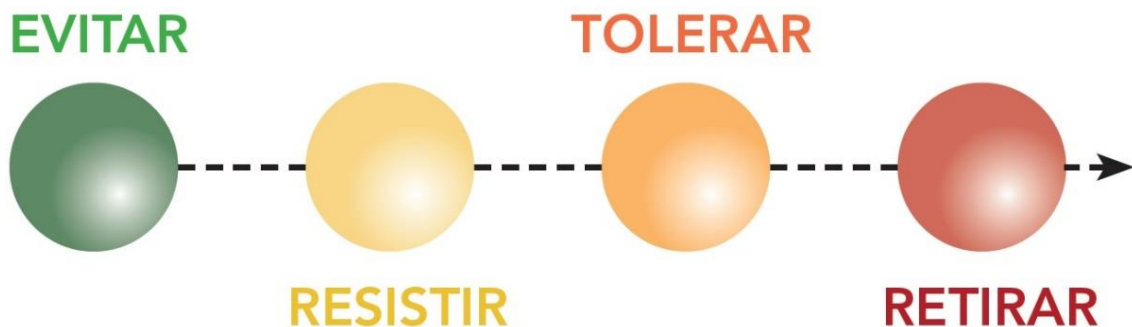


Fig. 24: Metodología para la mitigación de daños en la edificación. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. Dirección General del Agua y Consorcio de Compensación de Seguros. 2017.

Se plantean cuatro alternativas de actuación:

- **EVITAR:** impedir que el agua alcance el edificio, mediante barreras permanentes o muros que aislen las parcelas. Estas soluciones crean, de forma temporal, una diferencia en el nivel del agua entre dos espacios, generando una carga hidráulica para la que deben estar correctamente dimensionadas, ya que un eventual colapso agravaría las consecuencias de la inundación. Implican un impacto en el entorno urbano, al alterar la dinámica de la escorrentía y trasladar el problema hacia zonas no defendidas. Además, en el caso de Los Alcázares, resultan incompatibles con la actual normativa urbanística.



Fig. 25: Muro de protección. Grupo Tragsa.

- **RESISTIR:** impedir que el agua entre en el edificio, una vez que ha llegado al exterior del mismo. En este caso, constituye la opción más recomendable. Requiere aceptar que el agua alcanzará las viviendas y proteger todos los posibles puntos de entrada de agua.

- **TOLERAR:** admitir la entrada del agua en el edificio adoptando medidas para limitar el daño y reducir el tiempo de vuelta a la normalidad. Se descarta en las viviendas en planta baja. En el caso de aquellas con planta alta, podrá plantearse, según los casos, la reubicación de todo el equipamiento vulnerable en la planta superior, y el desarrollo de usos compatibles con la inundabilidad en la planta baja.

- **RETIRAR:** cambiar el edificio de ubicación, o incluso demolerlo en aquellos casos en los que el riesgo es demasiado elevado. En este caso, se descarta por sus costes inasumibles y por las diversas posibilidades de adaptación existentes.

- **Medidas de tipo RESISTIR**

Para las tipologías de vivienda unifamiliar estudiadas, RESISTIR la entrada del agua constituye la opción más recomendable, al tratarse de medidas de fácil instalación, nulo impacto en el entorno urbano y muy favorable relación beneficio-coste. Se basan en la protección de la envolvente del edificio, identificando y protegiendo los posibles puntos vulnerables, aunque requieren plantear la compatibilidad de las parcelas con la inundabilidad. Incluyen:

○ **Barreras temporales en los accesos**

Las barreras temporales ofrecen una solución sencilla y versátil para RESISTIR el riesgo de inundación. Existen diversos modelos disponibles en el mercado, o bien pueden ser autoconstruidas por los usuarios o en talleres locales, pero para ser efectivas, deberán cumplir una serie de requisitos:

- **Altura superior a la máxima cota de inundación prevista**
- **Estanqueidad**
- **Resistencia tanto a la presión del agua como al impacto de elementos arrastrados**
- **Disponibilidad tanto de tiempo como de recursos suficientes para su instalación**

Resultan muy apropiadas en zonas con poco espacio, como los núcleos urbanos consolidados, y no requieren cambios significativos en la estructura del edificio. Deben almacenarse en un lugar fácilmente accesible y conocido por los usuarios, siendo recomendable, además, la realización de pruebas de montaje con relativa frecuencia. No eliminan la necesidad de evacuación, por lo que, tras ser instaladas, es preciso abandonar el edificio. Después de un episodio de inundación prolongado, es conveniente realizar una inspección que garantice su correcto mantenimiento.

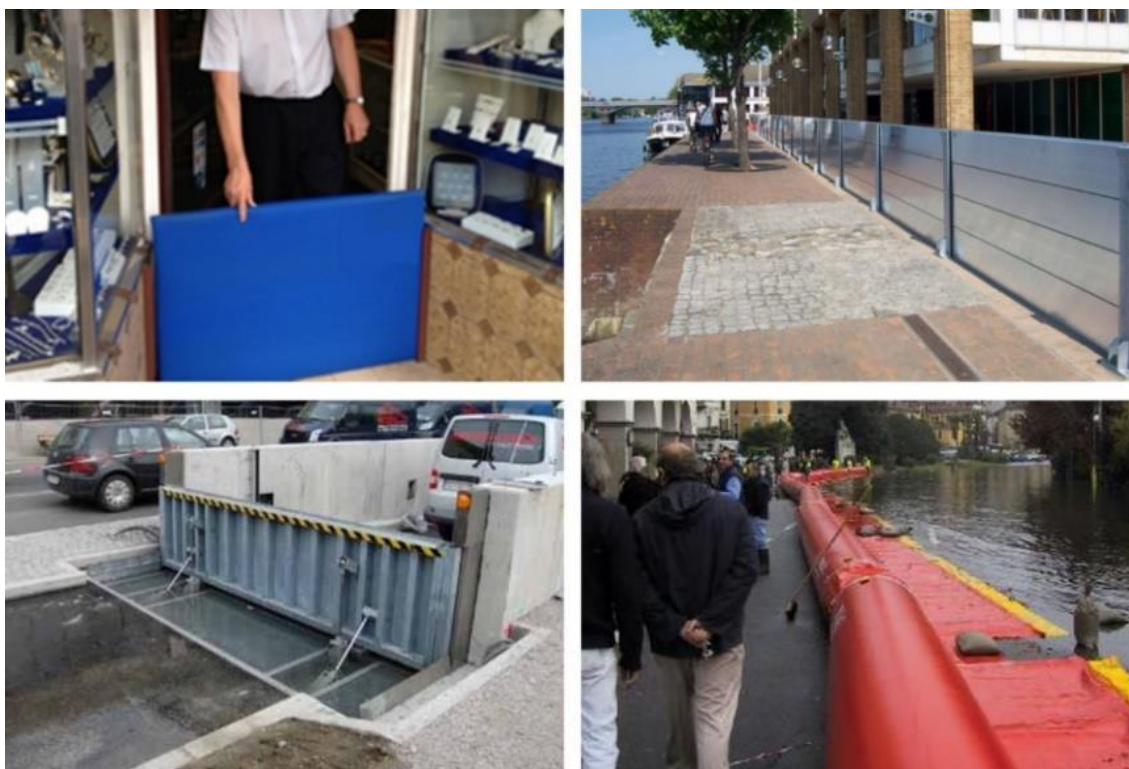


Fig. 26: Ejemplos de barreras temporales. Desmontables (Fuente: CAG Canalizaciones), apilables (Fuente: Flood Control International), abatibles (Fuente: Aggères), e hinchables (Fuente: Tandem HSE).

Se proponen los siguientes modelos, o equivalentes:

- **BARRERAS TEMPORAL FLOODGATE:** 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.

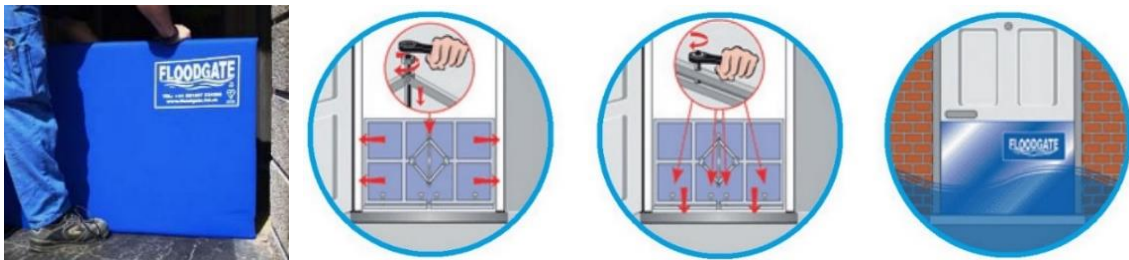


Fig. 27: Barreras temporales FLOODGATE. CAG Canalizaciones.

- **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. 28: Barreras temporales DPS 2000. CAG Canalizaciones.

○ **Dispositivos de sellado puntual en los huecos de ventilación**

Para el caso de las rejillas y huecos de ventilación, pueden emplearse dispositivos de sellado puntual provisional para impedir la entrada de agua. Al igual que las barreras temporales, requieren disponer del tiempo suficiente para su montaje, y técnicos con conocimientos y capacidad física para su instalación. Deberán estar asimismo diseñados para soportar tanto la presión como los posibles impactos de elementos arrastrados, y garantizar la estanqueidad.



Fig. 29: Ejemplos de sellado puntual provisional. Flood proofing in urban areas. 2019.

○ **Válvula antirretorno en la acometida de la red de saneamiento**

Un fenómeno habitual en episodios de lluvias torrenciales es el de las inundaciones producidas debido a los problemas de evacuación de la red de saneamiento hacia los colectores generales. La instalación de válvulas antirretorno en la acometida evita el refluo de aguas residuales: 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. 30: Válvula antirretorno. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. Dirección General del Agua y Consorcio de Compensación de Seguros. 2017.

○ Medidas complementarias

Las estrategias orientadas a RESISTIR la entrada de agua implican un programa de medidas complejo, ya que en caso de que alguna intervención falle o aparezcan puntos de entrada imprevistos la propuesta quedará invalidada y el agua podrá entrar en el edificio a gran velocidad ante un evento extremo. Además del paquete de medidas básicas propuesto (barreras temporales en los accesos, dispositivos de sellado puntual en los huecos de ventilación y válvula antirretorno en la acometida de la red de saneamiento, se propone:

- Disponer de **bombas de achique** de primer nivel que permitan evacuar el agua acumulada con eficacia y rapidez, reduciendo 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**.

- Completar la protección de la envolvente del edificio mediante un **zócalo perimetral de impermeabilización**. Debe realizarse preferentemente por la cara exterior del elemento, y se puede ejecutar mediante una lámina impermeabilizante colocada sobre el paramento existente y protegida mediante hoja de ladrillo o aplacado. Se deberá comprobar que la cimentación existente es capaz de soportar la nueva hoja del cerramiento. En caso contrario, se realizará una cimentación propia. Adicionalmente, deberá instalarse un **tubo drenante** en la base de la impermeabilización.



Fig. 31: Esquema de impermeabilización de fachadas. Recomendaciones para la construcción y rehabilitación de edificaciones en zonas inundables. 2019.

- Si además se han detectado filtraciones por capilaridad y subpresión durante los episodios de inundación a través de **muros de sótano, solera y cimentación**, es aconsejable impermeabilizar la cara exterior de estos elementos. Si no es posible (por elevado coste y complejidad de ejecución, normativa, construcciones contiguas, peligro de derrumbamiento, etc.), se realizará por la cara interior, aunque la efectividad será menor.

- Se estudiará la pertinencia de sellar **tomas de servicios y equipamientos, moquetas o patinillos** mediante poliuretano, silicona, espumas expansivas, etc.

- Otras acciones orientadas a RESISTIR serían la construcción de **muretes** de protección para salvaguardar posibles puntos de entrada de agua, **antepechos** para proteger los cerramientos vulnerables, **cristales blindados** para soportar el empuje del agua y los posibles impactos o el **sellado permanente** total o parcial de huecos por debajo de la cota de inundación.



Fig. 32. Ejemplo de medidas de autoprotección en el Polígono Industrial de Marrón (Ampuero, Cantabria): muretes de protección, antepechos, cristales blindados y sellado permanente de huecos.

- Una vez implementadas las medidas, será preciso abandonar el edificio, por lo que cobra especial importancia la **garantía de evacuación**. En el caso de las viviendas en planta baja, es recomendable crear un espacio seguro en la cubierta, que además de servir como zona de resguardo, permita la evacuación aérea. Por otra parte, si las ventanas cuentan con rejas, estas deberán ser practicables desde el interior, para no representar un obstáculo en caso de evacuación o de intervención de los servicios de emergencia.

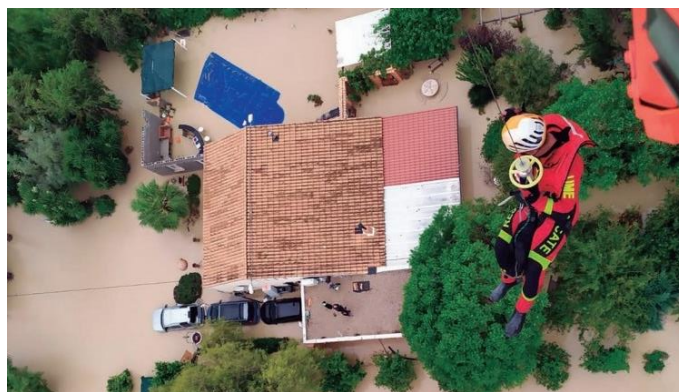


Fig. 33. Tareas de rescate de la Unidad Militar de Emergencias en septiembre de 2019. Revista Española de Defensa Nº365 / UME.

6.3. Mitigación de daños en el equipamiento

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

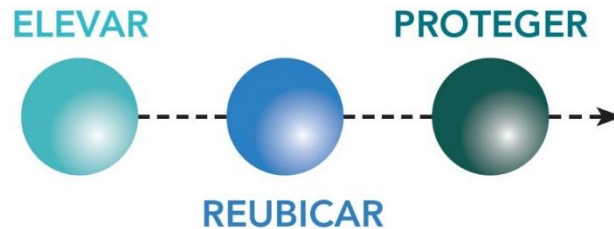


Fig. 34: Metodología para la mitigación de daños en el equipamiento. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. Dirección General del Agua y Consorcio de Compensación de Seguros. 2017.

Se plantean las siguientes medidas para minimizar los daños:

- Garantía de estanqueidad en todas las estancias vulnerables (protección de puertas, ventanas, rejillas, patinillos, etc.) garantizando la correcta ventilación.
- Elevación de todos los elementos no fijos (extintores, etc.) por encima de la cota de inundación.
- Elevación de enchufes por encima de la cota de inundación para evitar daños en la instalación eléctrica, o protección mediante sistemas de cierre hermético que garanticen la estanqueidad.
- Elevación de todos los elementos de valor (aire acondicionado, caldera, electrodomésticos, objetos personales, etc.) por encima de la cota de inundación, o protección in situ mediante muretes asegurando su estanqueidad.
- Para aquellas tipologías en las que sea posible, reubicación de todos los elementos de valor en la planta superior.
- Seguimiento de los protocolos de actuación y traslado de los vehículos fuera de la zona de riesgo de inundación con el primer aviso.

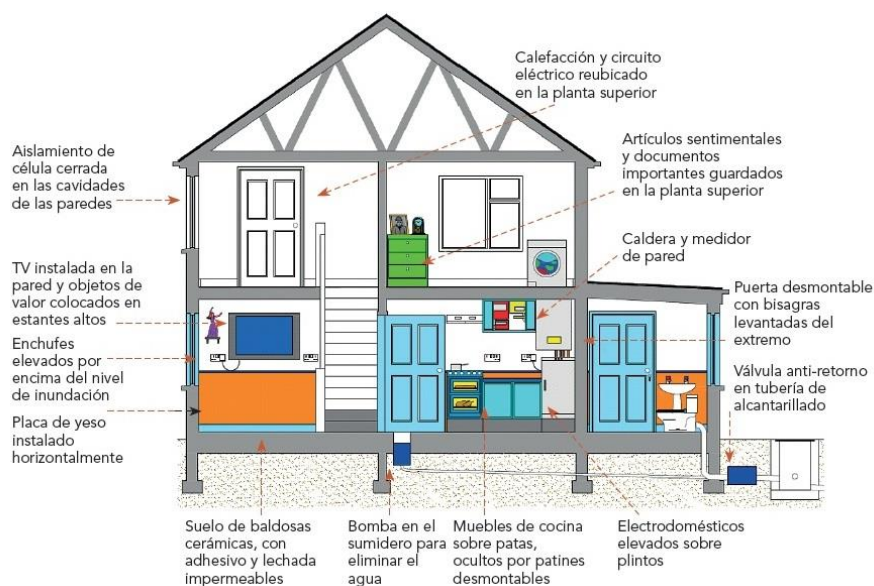


Fig. 35. Vivienda adaptada. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. Dirección General del Agua y Consorcio de Compensación de Seguros. 2017. / Department for Environment, Food and Rural Affairs, Reino Unido. 2016.

6.4. 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. 36: Tipología de SUDS. Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible. 2019.

Debido al déficit hídrico característico del Campo de Cartagena se han desarrollado desde la antigüedad sistemas vernáculos para garantizar la captación y acumulación de agua. Los aljibes o las galerías con lumbreras permitían hacer frente a la escorrentía, la evaporación y la escasez de recursos propios, garantizando la disponibilidad de agua a lo largo del año y mitigando las crecidas. Teniendo en cuenta las características climáticas, la permeabilidad del terreno y la saturación derivada de precipitaciones prolongadas, se proponen:

- **Cubiertas verdes y aljibes:** las cubiertas vegetadas son capaces de almacenar grandes cantidades de agua en el propio sustrato vegetal, o mediante aljibes que permitan el acopio para usos que no requieran agua potable. Este espacio de detención y almacenamiento se puede materializar mediante distintos sistemas constructivos, como las cajas de materiales plásticos o los plots regulables. Los beneficios son múltiples (mejora del rendimiento del aislamiento térmico; reducción de pérdidas energéticas; captación de polvo, CO₂ y otros elementos en suspensión o regulación de la humedad y del efecto “isla de calor”), si bien es preciso evaluar las cargas que el nuevo sustrato genera en la cubierta existente.
- **Zanjas drenantes:** empleo de materiales filtrantes para ralentizar la escorrentía y conducirla de forma pausada hacia una tubería porosa conectada a la red. Como relleno se emplean gravas o celdas modulares de polipropileno, y se envuelve mediante un geotextil.
- **Pavimentos permeables:** en el caso de los aparcamientos, es recomendable combinar zonas impermeables de circulación con zonas permeables de estacionamiento, reduciendo el riesgo de embalsamiento en las grandes áreas pavimentadas, e incorporando sistemas que permitan el tratamiento de residuos.
- **Franjas de vegetación:** zonas ajardinadas con especies autóctonas orientadas a la ralentización del flujo del agua, y jardines de biorretención para su tratamiento e infiltración.

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. La valoración de su impacto requiere por lo tanto nuevos indicadores cuantitativos y cualitativos, con aportaciones procedentes de las ciencias naturales y sociales.



Fig. 37: 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.

○ **Laminación de avenidas**

La laminación de avenidas, mediante la eliminación de obstáculos aguas arriba y una ligera pendiente que facilite el desagüe posterior, permite que parte del caudal quede remansado y llegue mermado a las zonas urbanas. En el caso del Campo de Cartagena, el uso de humedales para depurar el agua, situados en puntos estratégicos, ejercería también un papel en el control de las inundaciones, reteniendo las aguas y ralentizando la velocidad del flujo.

○ **Corredores verdes y azules**

Restaurar los cauces de agua naturales con criterios de conectividad ecológica, 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 adaptación de las ramblas puede realizarse mediante apuestas multifuncionales, generando infraestructuras verdes y azules urbanas capaces de canalizar el agua hacia zonas verdes y hacia el propio Mar Menor.



Fig. 38: El anillo verde interior: hacia una infraestructura verde urbana en Vitoria-Gasteiz. Laminación de avenidas del río Zadorra e intervención en la Avenida Gasteiz – Río Batán. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

○ **Matriz urbana**

Las soluciones basadas en la naturaleza plantean integrar en la gestión tanto los riesgos como las oportunidades que ofrece el territorio, y avanzar hacia una delimitación de la infraestructura verde que permita establecer una relación de sostenibilidad con el medio.

Identificando oportunidades en espacios existentes (parques, jardines, zonas verdes en vías públicas, solares en desuso, etc.) y teniendo en cuenta las características climáticas y la permeabilidad del terreno, es posible establecer una matriz urbana estructurada en nodos y corredores. La planificación, diseño y conexión de la red de espacios verdes permite combinar zonas de inundación controlada y ejes de canalización que reduzcan el riesgo en áreas vulnerables.

La resiliencia urbana ante inundaciones puede incrementarse mediante este tipo de estrategias integrales, articuladas con la movilidad sostenible y la conectividad de usos, que aportan beneficios sociales y económicos vinculados a la regeneración y revalorización urbana.

Los Alcázares tiene además la oportunidad de incorporar otros elementos de la agenda de la sostenibilidad en los edificios existentes, en particular los sistemas de generación distribuida de origen renovable y autoconsumo de energía, y la descentralización de la gestión de los recursos hídricos.



Fig. 39: Red de espacios verdes.

○ **Transparencia hidráulica**

En zonas inundables urbanizadas, es conveniente potenciar la transparencia hidráulica, es decir, el paso libre del agua 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 de los edificios coincida con la dirección principal de la corriente y se minimice la presión hidrostática sobre muros y cerramientos.

La presencia de edificios puede desempeñar un papel importante en las inundaciones al alterar la dinámica del agua, y por ello es conveniente incorporar medidas compensatorias orientadas a limitar o suprimir los impactos que genera su presencia, para no aumentar la altura del agua ni reducir la superficie de expansión de las crecidas. Entre las posibles medidas están: alteraciones topográficas que prevean la existencia de espacios que se inundan voluntariamente, eliminación de obstáculos y elementos susceptibles de ser arrastrados, espacios públicos que permitan ralentizar y canalizar el agua hacia zonas verdes o estanques de retención, etc.

Un aspecto importante a la hora de diseñar nuevas edificaciones para zonas de riesgo o adaptar las existentes es considerar la posibilidad de albergar usos compatibles con la inundación, contribuyendo al desarrollo de una cultura del riesgo en lugar de ocultarlo: espacios públicos, zonas verdes, uso deportivos y recreativos o aparcamientos (combinados con alternativas de estacionamiento en zonas no inundables a las que trasladar los vehículos con el primer aviso de riesgo de inundación).

La elevación sobre pilares resulta aún menos agresiva con la dinámica del agua y permite liberar las plantas bajas para usos compatibles con la inundación. Es preciso garantizar la resistencia de la estructura frente a impactos y aplicar medidas de protección que eviten la socavación. Asimismo, los arriostramientos utilizados para proporcionar estabilidad (riesgo sísmico, etc.) deben causar la menor obstrucción y reducir la posibilidad de atrapar elementos arrastrados.



Fig. 40: Ejemplo de transparencia hidráulica: Cité Fluviale de Matra (Romorantin-Lanthenay, Francia). Éric Daniel-Lacombe.

7. POSIBLES FUENTES DE FINANCIACIÓN DE ESTRATEGIAS INTEGRALES

De cara a su implementación, los propietarios valorarán la viabilidad de las medidas de adaptación en función de los costes y limitaciones técnicas de su ejecución, los daños potenciales que pueden evitar y la relación beneficio/coste.

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

○ CASO TIPO 1: VIVIENDA UNIFAMILIAR PLANTA BAJA

Medidas básicas

1. Barreras temporales desmontables metálicas en los accesos a la vivienda
2. Dispositivos de sellado temporal de rejillas de ventilación
3. Válvula antirretorno en la acometida de la red de saneamiento

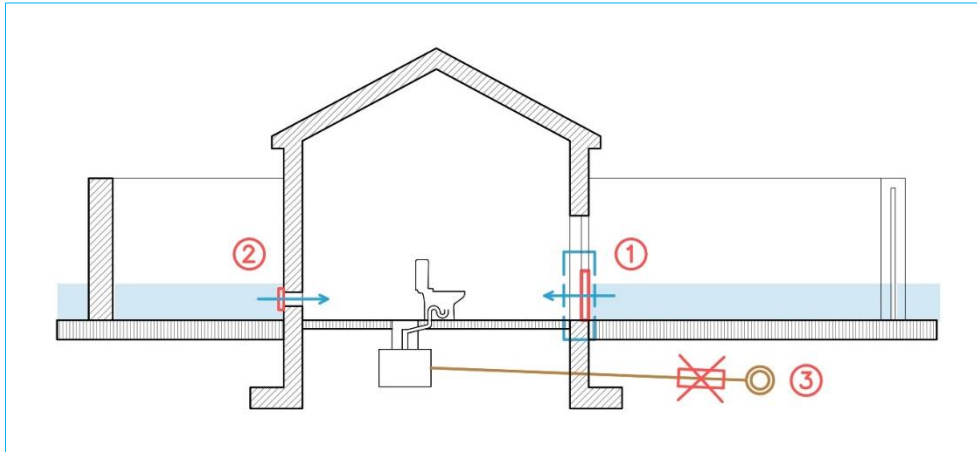


Fig. 41: Caso tipo 1, esquema de medidas básicas.

Medidas complementarias

1. Elevación/protección de instalaciones y otros elementos de valor
2. Bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida
3. Zócalo perimetral de impermeabilización y tubo drenante
4. Garantía de evacuación (cubierta accesible, rejas practicables, etc.)

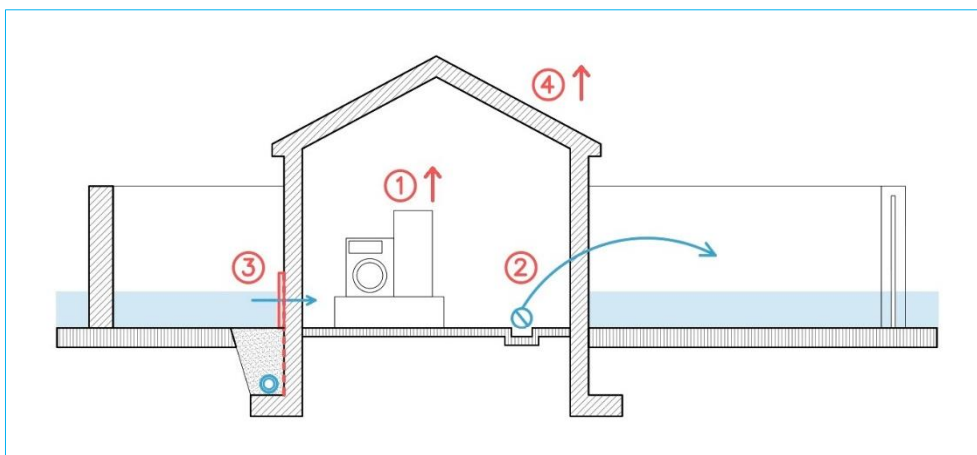


Fig. 42: Caso tipo 1, esquema de medidas complementarias.

Otros

1. Asegurar la propiedad
2. Elaborar un plan de autoprotección familiar

○ **CASO TIPO 2: VIVIENDA UNIFAMILIAR PLANTA BAJA + PRIMERA + SÓTANO**

Medidas básicas

1. Barreras temporales desmontables metálicas en los accesos a la vivienda
2. Barrera temporal desmontable metálica en el acceso al sótano
3. Dispositivos de sellado temporal de rejillas de ventilación
4. Válvula antirretorno en la acometida de la red de saneamiento

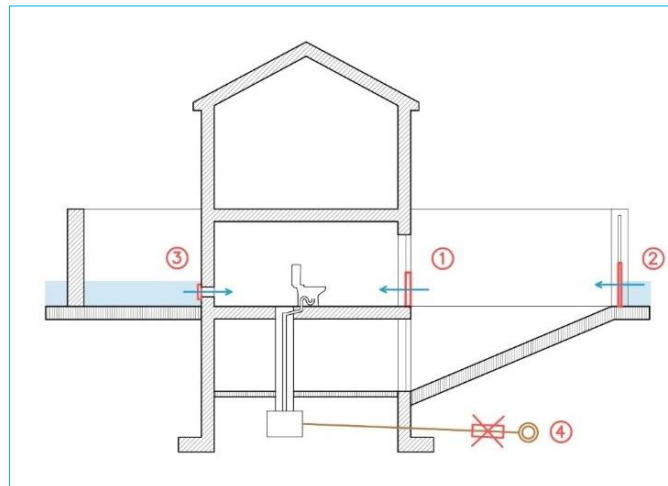


Fig. 43: Caso tipo 2, esquema de medidas básicas.

Medidas complementarias

1. Reubicación en planta superior de instalaciones y otros elementos de valor
2. Bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida
3. Zócalo perimetral de impermeabilización y tubo drenante

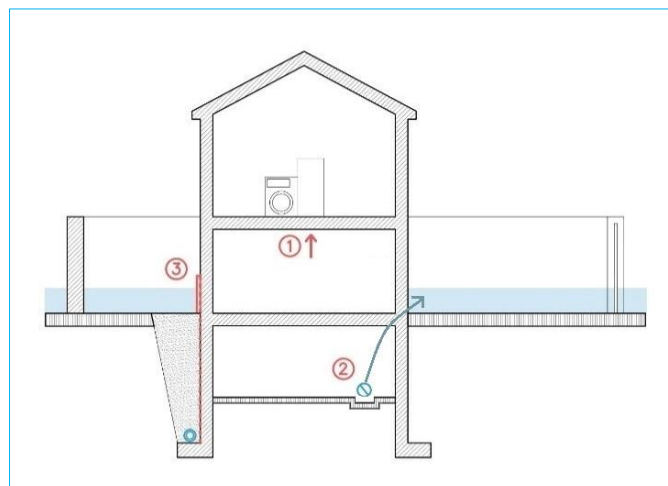


Fig. 44: Caso tipo 1, esquema de medidas complementarias.

Otros

1. Asegurar la propiedad
2. Elaborar un plan de autoprotección familiar

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 asegurar la propiedad y elaborar un plan de autoprotección familiar, con el fin de salvaguardar al máximo la seguridad de las personas, los bienes más sensibles y la capacidad de recuperación.

Para una obtener las pérdidas totales estimadas que se producirían en situación actual en caso de inundación, se utilizan los datos reflejados en la siguiente tabla:

DAÑOS TOTALES EN SITUACIÓN ACTUAL	COSTE ESTIMADO €	Afección por nivel de agua		
		0,5 m	1 m	1,5 m
GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Pavimento tarima (80 m ² x 60 €)	4.800 €	100%	100%	100%
Pavimento cerámico (20 m ² x 45 €)	900 €	0%	10%	15%
Pavimento cerámico sótano (50 m ² x 45 €)	2.250 €	25%	25%	25%
Paramentos	9.000 €	25%	50%	60%
Puertas	3.000 €	75%	90%	100%
Vidrios y carpinterías	4.000 €	0%	20%	40%
INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Instalación eléctrica y luminarias	7.000 €	10%	30%	50%
Fontanería y saneamiento	7.000 €	0%	25%	40%
Gas	650 €	0%	15%	25%
Datos, telefonía y TV	700 €	20%	50%	80%
Calefacción y caldera	7.500 €	0%	15%	25%
Clima y ventilación	3.500 €	0%	0%	0%
CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)				
Mobiliario/equipamiento cocina	11.400 €	50%	75%	100%
Mobiliario/equipamiento salón/comedor	5.200 €	50%	75%	100%
Mobiliario/equipamiento terraza	900 €	50%	75%	100%
Mobiliario/equipamiento dormitorios chalé	10.000 €	50%	75%	100%
Mobiliario/equipamiento dormitorios planta baja adosado	5.000 €	50%	75%	100%
Otros enseres chalé	15.000 €	25%	50%	100%
Otros enseres planta baja adosado	7.500 €	25%	50%	100%
Mobiliario/equipamiento sótano	3.000 €	100%	100%	100%
OTROS (COSTE ESTIMADO TOTAL)				
Alojamiento hasta recuperación	1.000 €	50%	75%	100%
Gestión residuos, limpieza y desinfección vivienda	2.000 €	50%	75%	100%
Gestión residuos, limpieza y desinfección sótano	1.500 €	100%	100%	100%
Automóvil privado en sótano	12.000 €	100%	100%	100%

Fig. 45: Estimación de daños totales por niveles de agua.

Daños totales en situación actual estimados por nivel de agua: se realiza una estimación de los daños totales en situación actual para 0,5 m, 1 m y 1,5 m, calculando las pérdidas (P) en función del porcentaje de afección (A).

○ **CASO TIPO 1: VIVIENDA UNIFAMILIAR PLANTA BAJA (100 m²)**

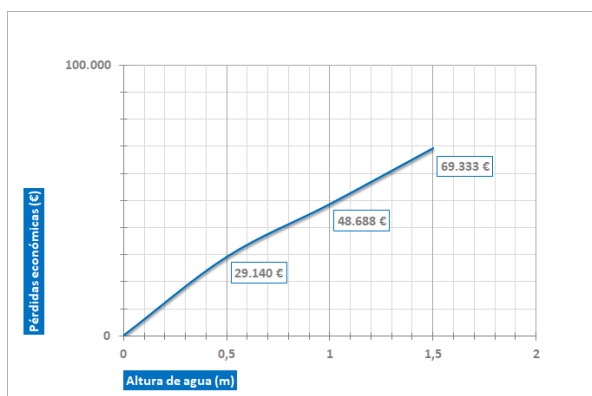
DAÑOS TOTALES EN SITUACIÓN ACTUAL	COSTE ESTIMADO €	Nivel de agua					
		0,5 m		1 m		1,5 m	
		A (%)	P (€)	A (%)	P (€)	A (%)	P (€)
GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)							
Pavimento tarima (80 m ² x 60 €)	4.800 €	100%	4.800 €	100%	4.800 €	100%	4.800 €
Pavimento cerámico (20 m ² x 45 €)	900 €	0%	0 €	10%	90 €	15%	135 €
Paramentos	9.000 €	25%	2.250 €	50%	4.500 €	60%	5.400 €
Puertas	3.000 €	75%	2.250 €	90%	2.700 €	100%	3.000 €
Vidrios y carpinterías	4.000 €	0%	0 €	20%	800 €	40%	1.600 €
INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)							
Instalación eléctrica y luminarias	7.000 €	10%	700 €	30%	2.100 €	50%	3.500 €
Fontanería y saneamiento	7.000 €	0%	0 €	25%	1.750 €	40%	2.800 €
Gas	650 €	0%	0 €	15%	98 €	25%	163 €
Datos, telefonía y TV	700 €	20%	140 €	50%	350 €	80%	560 €
Calefacción y caldera	7.500 €	0%	0 €	15%	1.125 €	25%	1.875 €
Clima y ventilación	3.500 €	0%	0 €	0%	0 €	0%	0 €
CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)							
Mobiliario/equipamiento cocina	11.400 €	50%	5.700 €	75%	8.550 €	100%	11.400 €
Mobiliario/equipamiento salón/comedor	5.200 €	50%	2.600 €	75%	3.900 €	100%	5.200 €
Mobiliario/equipamiento terraza	900 €	50%	450 €	75%	675 €	100%	900 €
Mobiliario/equipamiento dormitorios chalé	10.000 €	50%	5.000 €	75%	7.500 €	100%	10.000 €
Otros enseres chalé	15.000 €	25%	3.750 €	50%	7.500 €	100%	15.000 €
OTROS (COSTE ESTIMADO TOTAL)							
Alojamiento hasta recuperación	1.000 €	50%	500 €	75%	750 €	100%	1.000 €
Gestión residuos, limpieza y desinfección vivienda	2.000 €	50%	1.000 €	75%	1.500 €	100%	2.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €	93.550 €		29.140 €		48.688 €		69.333 €

○ **CASO TIPO 2: VIVIENDA UNIFAMILIAR PLANTA BAJA + PRIMERA + SÓTANO (100 m² + 50 m² + 50 m²)**

DAÑOS TOTALES EN SITUACIÓN ACTUAL	COSTE ESTIMADO €	Nivel de agua					
		0,5 m		1 m		1,5 m	
		A (%)	P (€)	A (%)	P (€)	A (%)	P (€)
GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)							
Pavimento tarima (80 m ² x 60 €)	4.800 €	100%	4.800 €	100%	4.800 €	100%	4.800 €
Pavimento cerámico (20 m ² x 45 €)	900 €	0%	0 €	10%	90 €	15%	135 €
Pavimento cerámico sótano (50 m ² x 45 €)	2.250 €	25%	563 €	25%	563 €	25%	563 €
Paramentos	9.000 €	25%	2.250 €	50%	4.500 €	60%	5.400 €
Puertas	3.000 €	75%	2.250 €	90%	2.700 €	100%	3.000 €
Vidrios y carpinterías	4.000 €	0%	0 €	20%	800 €	40%	1.600 €
INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)							
Instalación eléctrica y luminarias	7.000 €	10%	700 €	30%	2.100 €	50%	3.500 €
Fontanería y saneamiento	7.000 €	0%	0 €	25%	1.750 €	40%	2.800 €
Gas	650 €	0%	0 €	15%	98 €	25%	163 €
Datos, telefonía y TV	700 €	20%	140 €	50%	350 €	80%	560 €
Calefacción y caldera	7.500 €	0%	0 €	15%	1.125 €	25%	1.875 €
Clima y ventilación	3.500 €	0%	0 €	0%	0 €	0%	0 €
CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)							
Mobiliario/equipamiento cocina	11.400 €	50%	5.700 €	75%	8.550 €	100%	11.400 €
Mobiliario/equipamiento salón/comedor	5.200 €	50%	2.600 €	75%	3.900 €	100%	5.200 €
Mobiliario/equipamiento terraza	900 €	50%	450 €	75%	675 €	100%	900 €
Mobiliario/equipamiento dormitorios planta baja adosado	5.000 €	50%	2.500 €	75%	3.750 €	100%	5.000 €
Otros enseres planta baja adosado	7.500 €	25%	1.875 €	50%	3.750 €	100%	7.500 €
Mobiliario/equipamiento sótano	3.000 €	100%	3.000 €	100%	3.000 €	100%	3.000 €
OTROS (COSTE ESTIMADO TOTAL)							
Alojamiento hasta recuperación	1.000 €	50%	500 €	75%	750 €	100%	1.000 €
Gestión residuos, limpieza y desinfección vivienda	2.000 €	50%	1.000 €	75%	1.500 €	100%	2.000 €
Gestión residuos, limpieza y desinfección sótano	1.500 €	100%	1.500 €	100%	1.500 €	100%	1.500 €
Automóvil privado en sótano	12.000 €	100%	12.000 €	100%	12.000 €	100%	12.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €	99.800 €		41.828 €		58.250 €		73.895 €

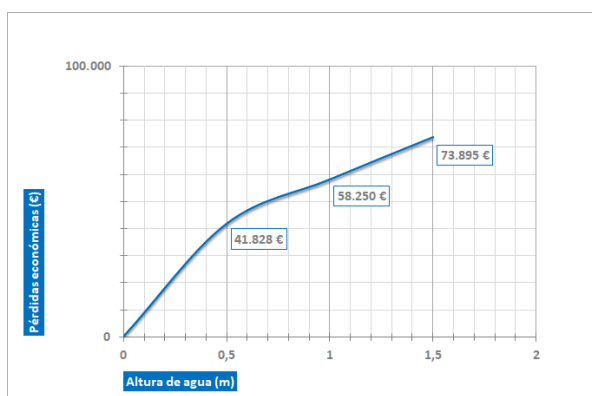
Daños totales en situación actual estimados por periodo de retorno: para calcular el valor estimado correspondiente a cada periodo de retorno se aplica una regla proporcional utilizando los datos de la tabla anterior. A continuación, se calcula el daño anual medio mediante la suma del daño incremental 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.

○ CASO TIPO 1: VIVIENDA UNIFAMILIAR PLANTA BAJA (100 m²)



DAÑOS TOTALES SITUACIÓN ACTUAL	Periodo de retorno		
	T=10	T=100	T=500
Altura de agua (m)	0,52	0,71	0,90
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
Daño	33.000 €	38.000 €	45.000 €
Daño incremental	1.650,00 €	3.195,00 €	332,00 €
Daño anual medio	5.177,00 €		
Daño acumulado en 30 años	155.310,00 €		

○ CASO TIPO 2: VIVIENDA UNIFAMILIAR PLANTA BAJA + PRIMERA + SÓTANO (100 m² + 50 m² + 50 m²)



DAÑOS TOTALES SITUACIÓN ACTUAL	Periodo de retorno		
	T=10	T=100	T=500
Altura de agua (m)	0,52	0,71	0,90
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
Daño	43.000 €	50.500 €	55.500 €
Daño incremental	2.150,00 €	4.207,50 €	424,00 €
Daño anual medio	6.781,50 €		
Daño acumulado en 30 años	203.445,00 €		

Propuesta de adaptación: para cada caso tipo, se plantea una estrategia de intervención y su coste estimado de ejecución:

CASO TIPO 1: VIVIENDA PLANTA BAJA	
Instalación de 2 barreras temporales desmontables metálicas en los accesos a la vivienda 1m x 1m	1.500 €
Instalación de 1 válvula antirretorno en la acometida de la red de saneamiento	3.000 €
Instalación de 3 dispositivos de sellado temporal de rejillas de ventilación	900 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €	5.400 €

CASO TIPO 2: VIVIENDA PLANTA BAJA + PRIMERA + SÓTANO	
Instalación de 2 barreras temporales desmontables metálicas en los accesos a la vivienda 1m x 1m	1.500 €
Instalación de 1 barrera temporal desmontable metálica en el acceso al sótano 3m x 1m	2.000 €
Instalación de 1 válvula antirretorno en la acometida de la red de saneamiento	3.000 €
Instalación de 3 dispositivos de sellado temporal de rejillas de ventilación	900 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €	7.400 €

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:

CASO TIPO 1: 5.400 €	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			28,76

CASO TIPO 2: 7.400 €	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			27,49

- **Conclusiones**

Las tipologías de vivienda unifamiliar estudiadas se encuentran en una ubicación muy vulnerable ante inundaciones, y conviene por tanto adoptar medidas de adaptación para prevenirlas. Como complemento a las transformaciones territoriales a largo plazo, la adaptación de edificios ofrece respuestas inmediatas frente a eventos para los que, en condiciones actuales, no existe capacidad de respuesta. Dado su carácter recurrente, y su mayor frecuencia e intensidad debido a los efectos del cambio climático, es preciso considerar las pérdidas potenciales que se producirían en ausencia de adaptación, lo que justifica la inversión.

La estrategia propuesta, basada en RESISTIR la entrada de agua en los edificios, sigue el enfoque de la RESILIENCIA, combinando resistencia y flexibilidad. Plantea un paquete de medidas básicas, económicas y de fácil instalación, con una relación beneficio/coste muy favorable (cercana a 30:1), si bien requiere adaptar el resto de la parcela para hacerlo compatible con la inundabilidad, y está sujeta al buen funcionamiento de los protocolos de actuación. De forma complementaria, resulta conveniente elevar, proteger o reubicar los elementos de valor, así como contar con bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida. Por último, se garantizará la existencia de espacios seguros de evacuación y rescate, y se valorará caso por caso la pertinencia de otras acciones puntuales (zócalo perimetral y tubo drenante, etc.)