

ADAPTACIÓN AL RIESGO DE INUNDACIÓN

EDIFICACIONES

CASO PILOTO

AYUNTAMIENTO DE LOS ALCÁZARES (MURCIA)



Enero 2020

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

- Marco geográfico
- Marco normativo
- Marco estratégico

2. PROBLEMÁTICA Y ANTECEDENTES

3. FICHA DE LA EDIFICACIÓN

4. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

5. PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN FLUVIAL

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. RESUMEN DE MEDIDAS

8. 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 al edificio del Ayuntamiento de Los Alcázares, municipio ubicado en la Región de 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 Albujón. 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.

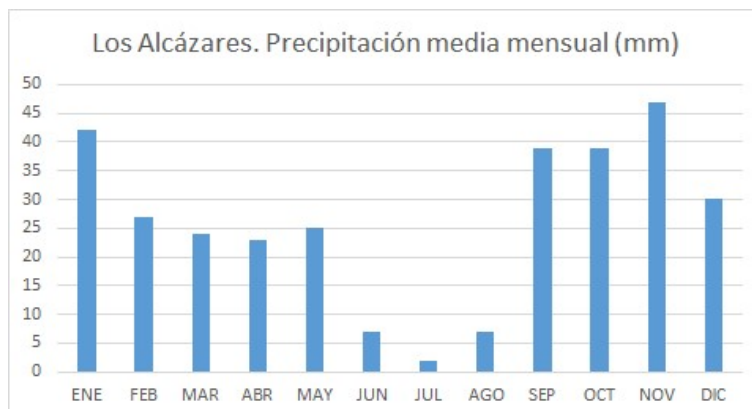


Fig. 02: Pluviograma de Los Alcázares (Estación de San Javier-Aeropuerto). Precipitación media anual: 312mm. AEMET

- **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. PROBLEMÁTICA Y ANTECEDENTES

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.

Los Alcázares ha sufrido recientemente varios episodios de inundación que han generado cuantiosos daños materiales y económicos, en concreto en octubre de 2000, septiembre de 2009, diciembre de 2016, septiembre de 2019, diciembre de 2019 y enero de 2020. 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.

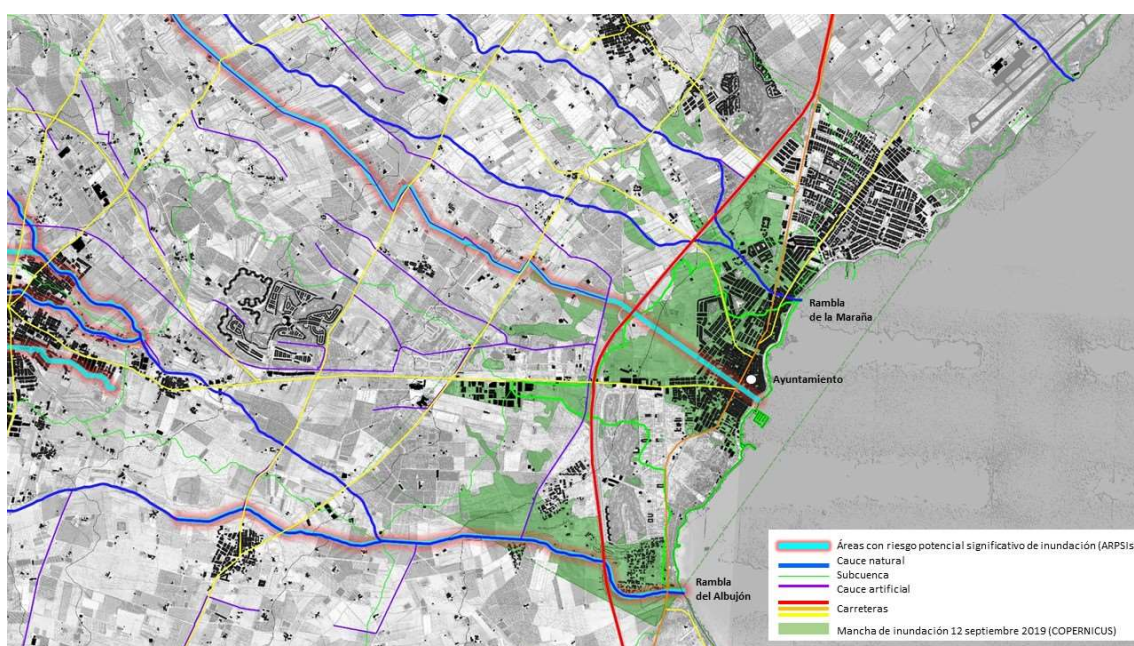
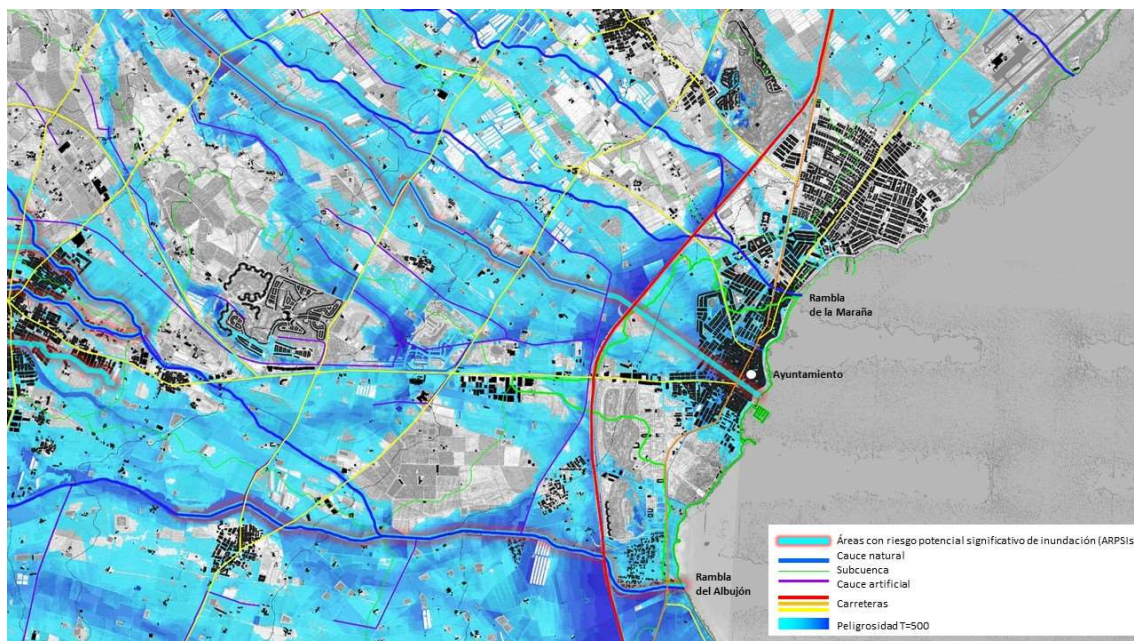


Fig. 11: Comparativa entre peligrosidad T=500 (SNZCI, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) y mancha de la inundación del 12 de septiembre de 2019 (Copernicus, Agencia Espacial Europea). Datos: Centro Nacional de Información Geográfica

- **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, una laguna costera de 135 km² que forma parte de la Red Natura 2000.

El 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.

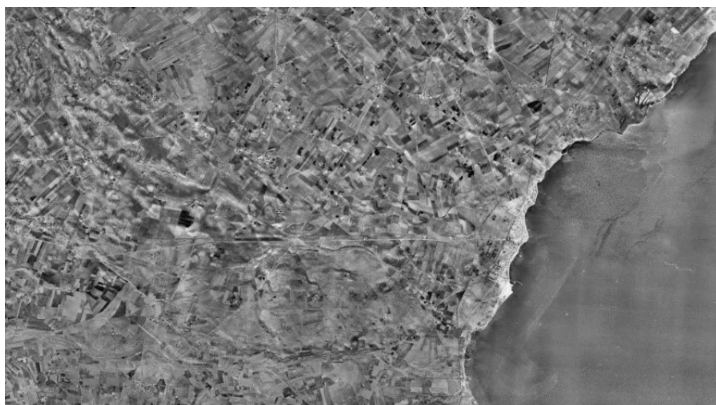


Fig. 12: Comparativa entre Vuelo Americano Serie B 1956-1957 y OLISTAT 1997-1998. Instituto Geográfico Nacional.

- **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.

- **Problemática específica: aparcamientos subterráneos**

El episodio de septiembre del 2019 dejó unos daños estimados en 109.000 € en el edificio del Ayuntamiento, elevado respecto a la cota de inundación (en torno a 1 metro), ya que el acceso se produce a través de una plataforma escalonada. Los daños generados en los dos aparcamientos subterráneos, de 6.245m² y 6.594 m² respectivamente, provocaron unas pérdidas económicas estimadas en 964.000 €.



Fig. 15: Daños en el edificio del Ayuntamiento por la inundación de septiembre de 2019. Ayuntamiento de Los Alcázares.

Las Normas Subsidiarias de Los Alcázares (1991), basadas en la legislación regional, no han incorporado nuevos articulados vinculados al riesgo de inundación. Esta normativa puede ser adaptada al escenario actual siguiendo otros ejemplos de buenas prácticas.

La Modificación Aislada Nº50 del *Plan General de Ordenación Urbana* de Fraga (Huesca) incorpora a la normativa municipal las limitaciones que se desprenden del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre. Entre otras restricciones, se prohíben los nuevos usos residenciales por debajo de la cota de inundación para T=500 años, de forma que la superficie de la planta inundable quede destinada a aparcamientos o almacenes, y se prohíben también las plantas sótano.

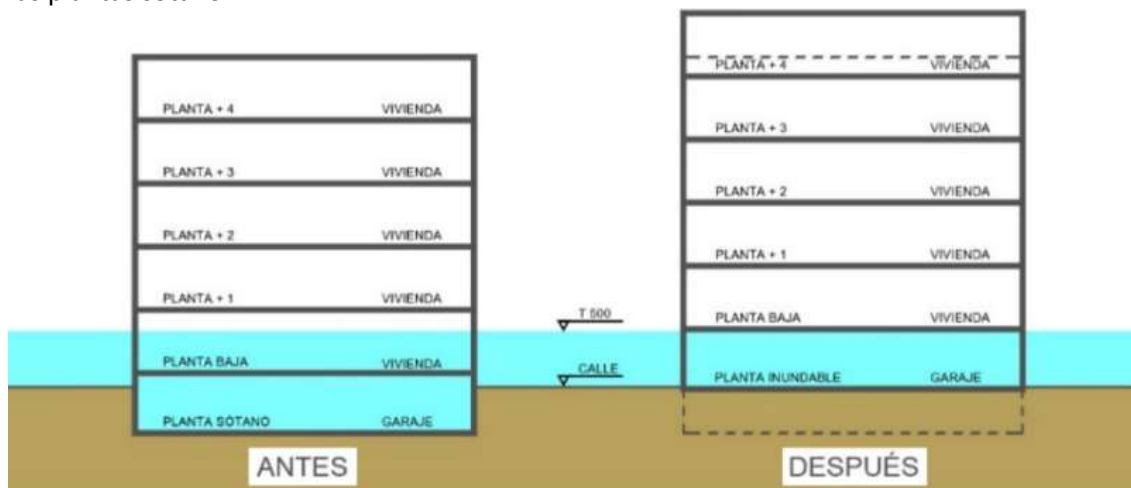


Fig. 16: Regulación de la planta inundable establecida en la Modificación Nº50 del PGOU. Ayuntamiento de Fraga.

Los Alcázares cuenta con un gran número de plantas sótano destinadas a aparcamientos subterráneos. Ante esta situación heredada, para el edificio del Ayuntamiento de Los Alcázares se plantea una **solución escalable y replicable** en otros casos, basada en resistir la entrada de agua, con el objetivo de incrementar la protección física de las personas, bienes e inmuebles y aumentar la resiliencia del municipio ante el riesgo de inundación.

3. FICHA DE LA EDIFICACIÓN

NOMBRE	Ayuntamiento
DIRECCIÓN	Avenida de la Libertad, 40. Los Alcázares (Murcia)
REFERENCIA CATASTRAL	9392401XG8799A0002IW
FECHA DE LA VISITA	29/10/2019
PERSONA DE CONTACTO	Arquitecto Municipal

4. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Construido en 2005, el Ayuntamiento de Los Alcázares es un inmueble de 12.312 m² construidos, distribuidos en dos plantas sótano de en torno a 4.000 m² destinadas a aparcamientos, y cuatro niveles sobre rasante de en torno a 1.000 m².

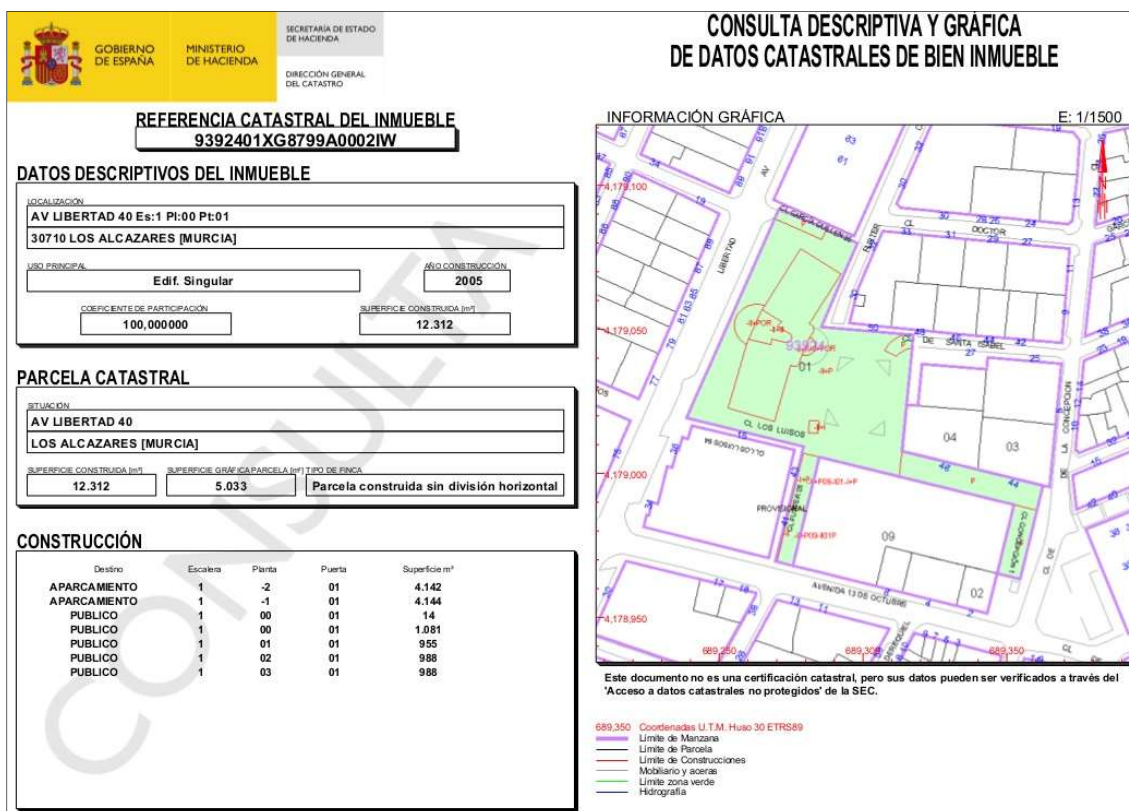


Fig.17: Comparativa Vuelo Americano Serie B 1956-1957, OLSTAT 1997-1998 y PNOA 2016. Instituto Geográfico Nacional.

Para analizar la vulnerabilidad del edificio respecto al riesgo de inundación, es preciso tener en cuenta que los aparcamientos se comparten con un segundo inmueble, separado del Ayuntamiento por una plaza peatonal, de 14.667 m² construidos, distribuidos en dos plantas sótano de en torno a 2.500 m² destinadas a almacenes y aparcamiento, y cinco niveles sobre rasante de en torno a 2000 m² de uso comercial y hotelero.

De esta forma, ambos edificios conforman una única unidad constructiva delimitada por un muro pantalla, generando en total dos plantas sótano de 6.245m² y 6.594 m².

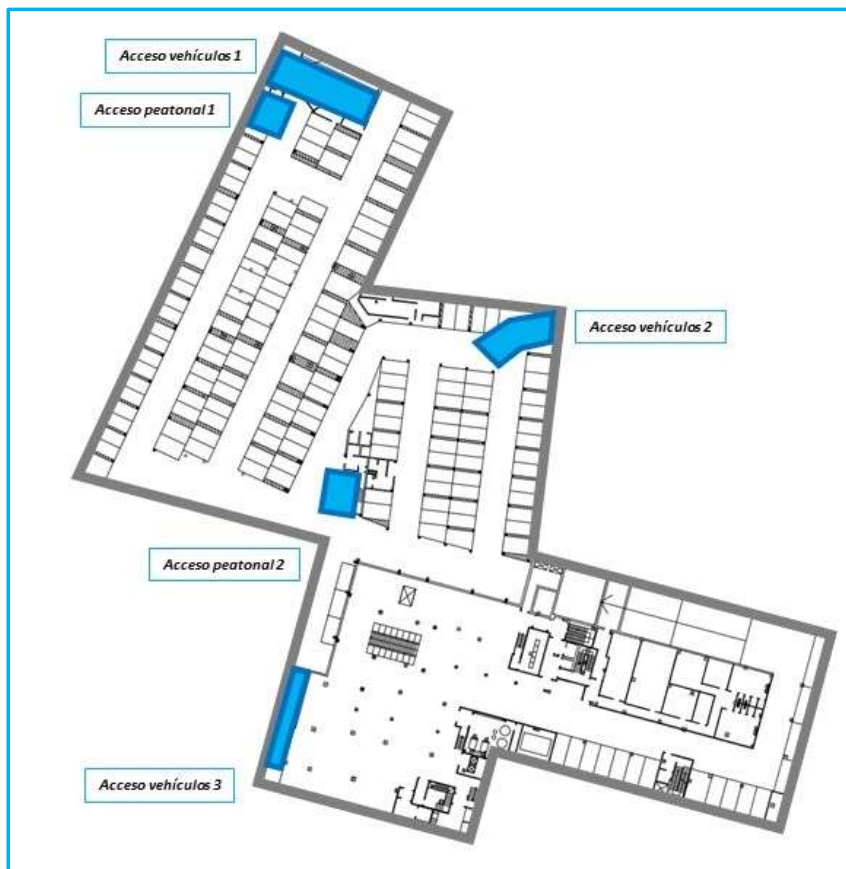


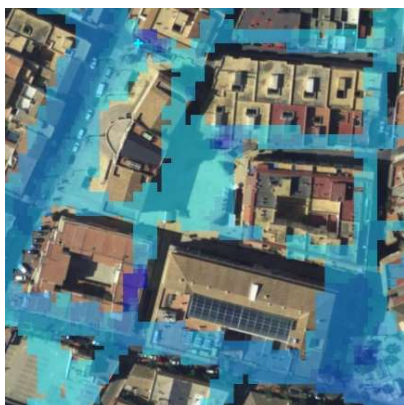
Fig. 18: Área de actuación.

- **Principales puntos de entrada de agua**
 - Aparcamiento: accesos (3 para vehículos, 2 para peatones).
 - Ayuntamiento: huecos de ventilación del aparcamiento.
 - Hotel: entrada a través de huecos y juntas, y salida de agua procedente del aparcamiento.



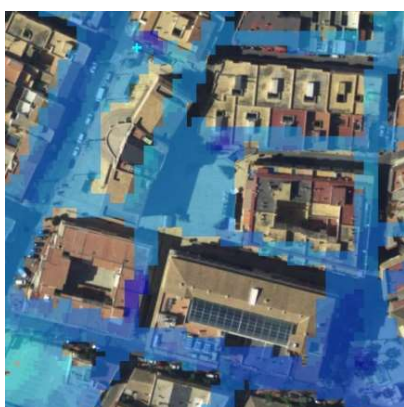
Fig. 19: Principales puntos de entrada de agua.

5. PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN FLUVIAL



Peligrosidad por inundación fluvial T=10

Profundidad del agua (metros)	0.20
-------------------------------	------



Peligrosidad por inundación fluvial T=500

Profundidad del agua (metros)	0.80
-------------------------------	------

Fig. 20: Peligrosidad T=10 (probabilidad alta) y T=500 (baja). SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

El Ayuntamiento de Los Alcázares se sitúa en zona inundable. La altura de calado para el periodo de retorno de 10 años alcanza los 0.2 metros en el entorno del edificio, una cota reducida pero que puede generar graves consecuencias en los aparcamientos subterráneos si no están protegidos. Especial atención requiere el acceso de vehículos 1, al encontrarse directamente expuesto a la dirección de la escorrentía.



Fig. 21: Entorno del Ayuntamiento de Los Alcázares: dirección de la escorrentía.



Fig. 22: Acceso peatonal y acceso de vehículos.

Para $T=500$ se alcanzan los 0.8 metros, afectando a los huecos de ventilación e incrementando considerablemente las pérdidas. La construcción de tabiquillos temporales puede resultar eficaz ante pequeñas inundaciones, pero no resiste el posible impacto de elementos arrastrados. En el interior del aparcamiento, a pesar de que los vehículos hayan sido evacuados, la inundación genera pérdidas muy elevadas en las instalaciones.

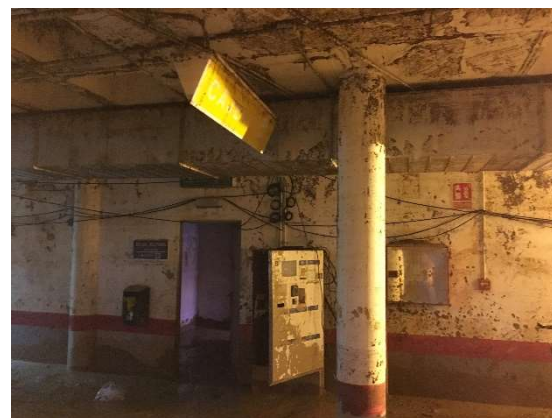


Fig. 23: Aparcamiento: huecos de ventilación e instalaciones.

En el caso de hotel adyacente, la inundación del aparcamiento genera subpresiones en la planta baja del edificio. El agua asciende y sale al exterior, generando desperfectos en juntas y fachadas, y provocando el arrastre del pavimento debido a la filtración de agua bajo la tela asfáltica.



Fig. 24: Daños en fachadas, juntas y pavimento.

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).

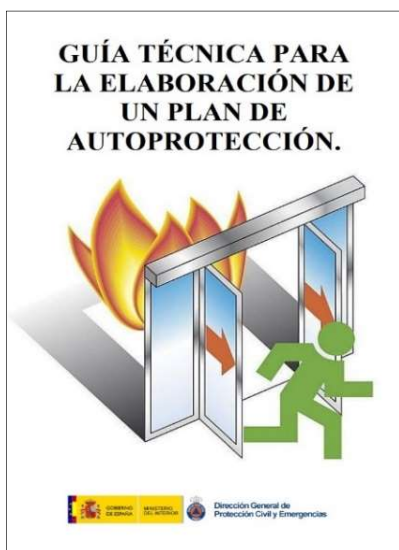


Fig. 25. Guía técnica de elaboración de un Plan de Autoprotección. Dirección General de Protección Civil y Emergencias. INUNMUR (Plan Especial de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia).

- **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. 26: Criterios de actuación en edificios existentes. Recomendaciones para la construcción y rehabilitación de edificaciones en zonas inundables. 2019.

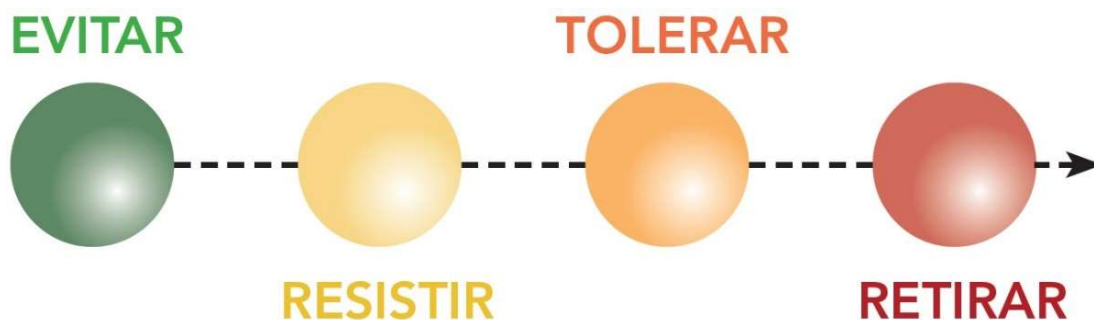


Fig. 27: Metodología para la mitigación de daños en la edificación. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. 2017.

- **Medidas principales**

1. Instalación de **BARRERAS TEMPORALES** en los accesos.
2. Instalación de dispositivos de **SELLADO PUNTUAL** en los huecos de ventilación.
3. Incorporación de una **VÁLVULA ANTIRRETORNO** en la acometida de la red de saneamiento.

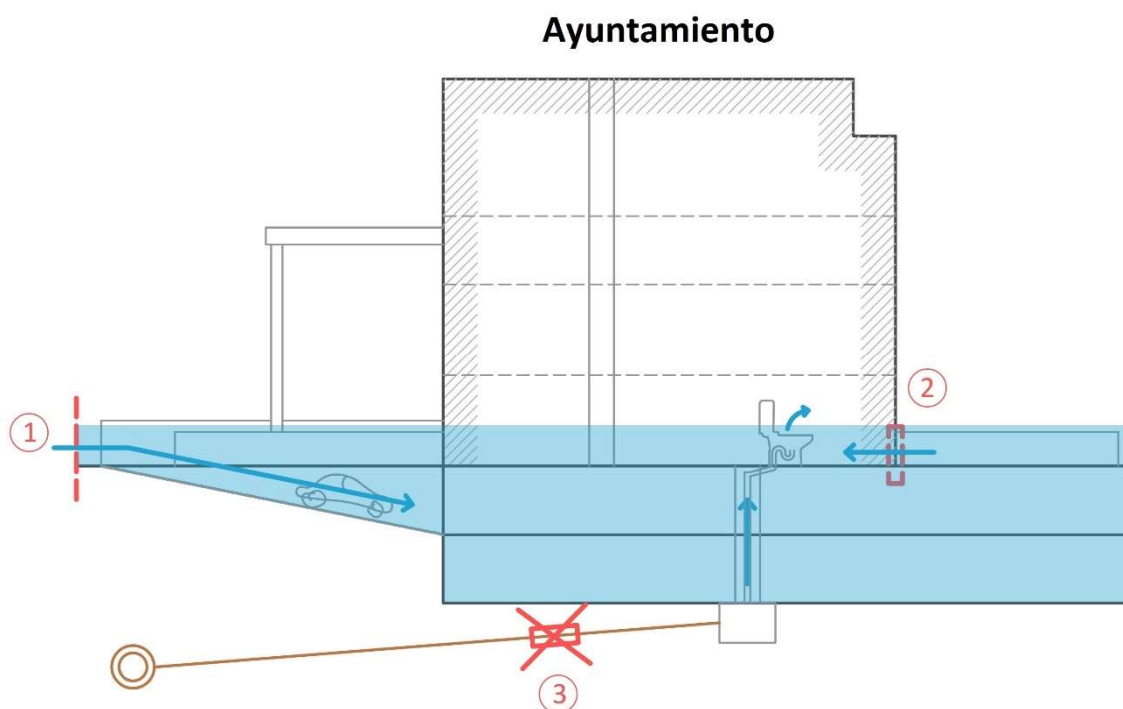


Fig. 28: Medidas principales: 1 barreras temporales, 2 sellado puntual y 3 válvula antirretorno.

- **Medidas complementarias**

4. En el caso del hotel, aceptando que el agua alcanzará el edificio y dado que los posibles puntos de entrada son múltiples (gran parte de la fachada está acristalada, existen puertas, ventanas, juntas y rejillas de ventilación, además de la problemática asociada a las subresiones y la red de saneamiento), se plantea un **ZÓCALO PERIMETRAL** hasta T=500, interrumpido por barreras temporales en los accesos.
5. En ambos edificios, se estudiará la pertinencia de realizar un **SELLADO DE PATINILLOS DE INSTALACIONES** (mediante poliuretano, silicona, espumas expansivas, etc.) para evitar el ascenso de agua por presión, que podría generar eventualmente daños elevados distribuidos por toda la planta.
6. Para reducir las consecuencias de la inundación y facilitar la evacuación, se recomienda disponer de **BOMBAS DE ACHIQUE Y SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA**.
7. Para evitar daños en la instalación eléctrica, se recomienda la especial **PROTECCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**.

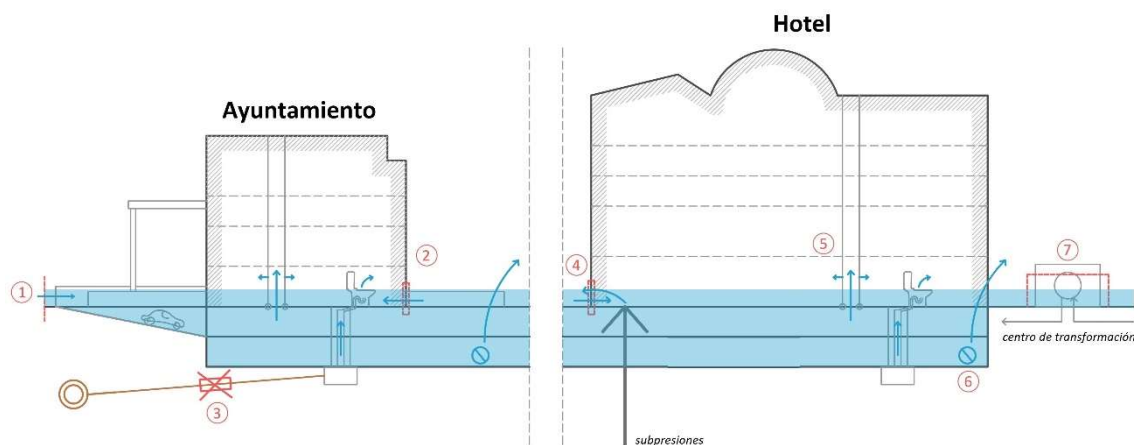


Fig. 29: Medidas complementarias: 4 zócalo perimetral, 5 sellado de patinillos de instalaciones, 6 bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida, y 7 protección del centro de transformación.

○ Barreras temporales

Barreras de carácter temporal que impiden la entrada de agua en el edificio. Resultan apropiadas en zonas con poco espacio, como los núcleos urbanos consolidados, y no requieren cambios significativos en la estructura.

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. No eliminan la necesidad de evacuar el edificio.

En todos los casos, la altura de las barreras debe ser superior a la cota máxima de inundación prevista, y se debe tener en cuenta la presión hidrostática y la posibilidad de recibir impactos de los elementos arrastrados por el agua. En el caso de los aparcamientos, es preciso garantizar además que los muros perimetrales al acceso estén también correctamente dimensionados.

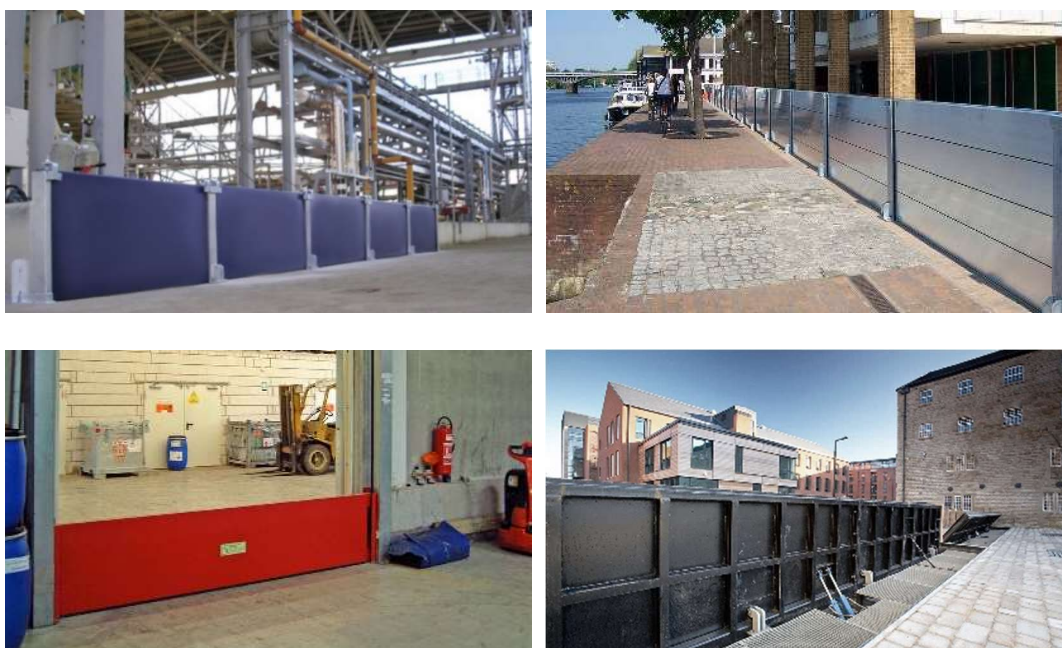


Fig. 28: Ejemplos de barreras temporales: desmontables, apilables, deslizantes o abatibles. Flood Control International.

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. Todas las unidades tienen 68 cm de alto, insuficiente para la cota de T=500 en circunstancias actuales del Ayuntamiento de Los Alcázares.

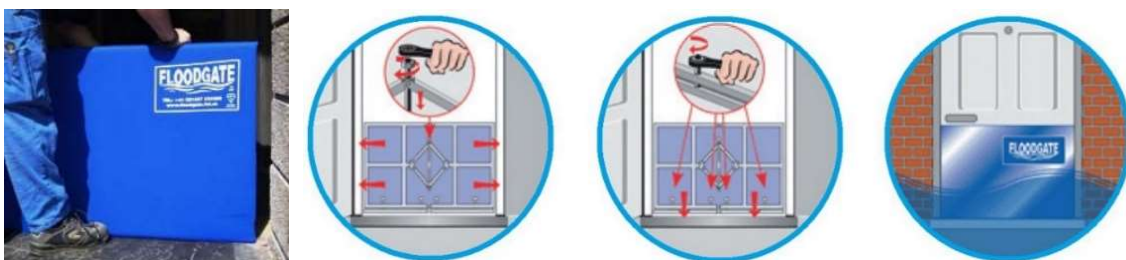


Fig. 29: Barreras temporales FLOODGATE. CAG Canalizaciones.

- **BARRERA SCFB (Self Closing Flood Barrier):** compuertas abatibles neumáticas, ocultas bajo tierra y levantadas por presión en caso de inundación. Resultan pertinentes en determinados casos, al activarse automáticamente y no requerir anticipación ni personal para su montaje, si bien presentan un coste más elevado.



Fig. 30: Barreras automáticas SCFB. Aggères.

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



Fig. 32: Propuesta de implantación de barreras temporales DPS 2000 o equivalentes en el Ayuntamiento de Los Alcázares.

○ **Sellado puntual**

Dispositivos de carácter temporal instalados en las rejillas y huecos de ventilación del edificio. 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.

Como alternativa, puede construirse un murete perimetral que sirva de barrera permanente.



Fig. 33: Barreras automáticas SCFB. Aggères.

○ **Válvulas antirretorno**

Dispositivos instalados en la acometida de la red de saneamiento para evitar el reflujó de aguas residuales, evitando que estas entren en el edificio a través de los aparatos sanitarios de las plantas bajas.



Fig. 34: Válvulas antirretorno. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. 2017.

6.3. 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.

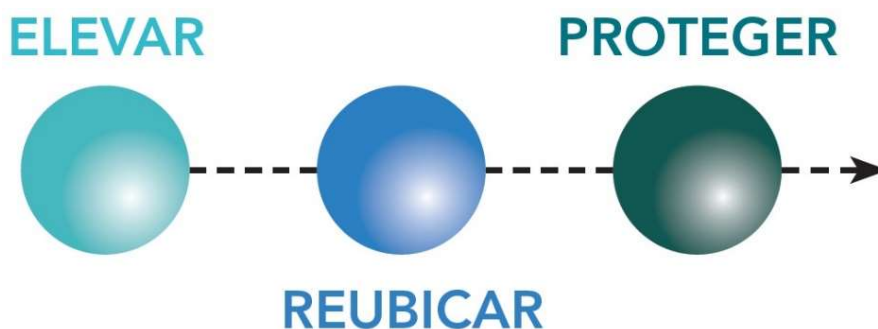


Fig. 35: Metodología para la mitigación de daños en el equipamiento. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. 2017.

En cada planta inundable se tendrá en cuenta:

- 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. 36: Vehículos afectados por la inundación de diciembre de 2019 en el entorno del Ayuntamiento de Los Alcázares. RTVE.

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.

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.

En la actualidad, 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. 37: Tipología de SUDS. Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible. 2019.

Por otra parte, las infraestructuras verdes y azules son soluciones multifuncionales basadas en la naturaleza con beneficios ambientales, sociales y económicos, de forma que su gestión se concibe desde una perspectiva sistémica. Como complemento a las infraestructuras grises, son útiles en la gestión del riesgo de inundación, aportando además múltiples beneficios ecosistémicos. La valoración de su impacto requiere nuevos indicadores cuantitativos y cualitativos, con aportaciones procedentes de las ciencias naturales y sociales.

Para materializar estas ideas, 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).

Por otra parte, 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.



Fig. 38: 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.



Fig. 39: Ejemplo: laminación de avenidas del río Zadorra y anillo verde interior. El anillo verde interior: hacia una infraestructura verde urbana en Vitoria-Gasteiz.

- **Corredores verdes y azules**

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.

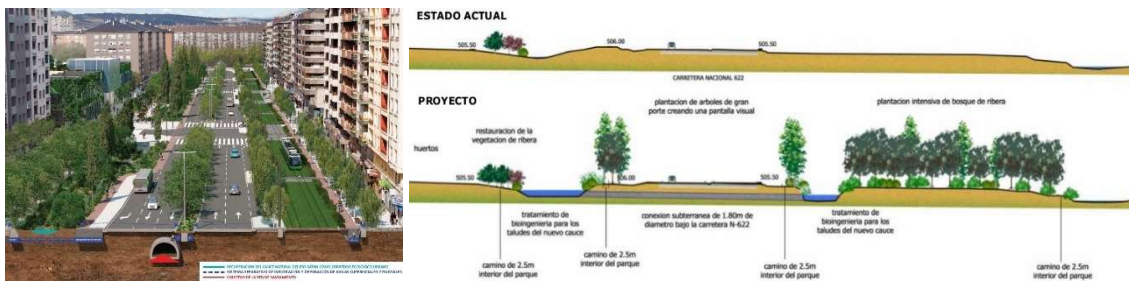


Fig. 40: Ejemplos: intervención en la Avenida Gasteiz – Río Batán. El anillo verde interior: hacia una infraestructura verde urbana en Vitoria-Gasteiz, y Plan de adecuación hidráulica y restauración ambiental del río Zadorra. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz

7. RESUMEN

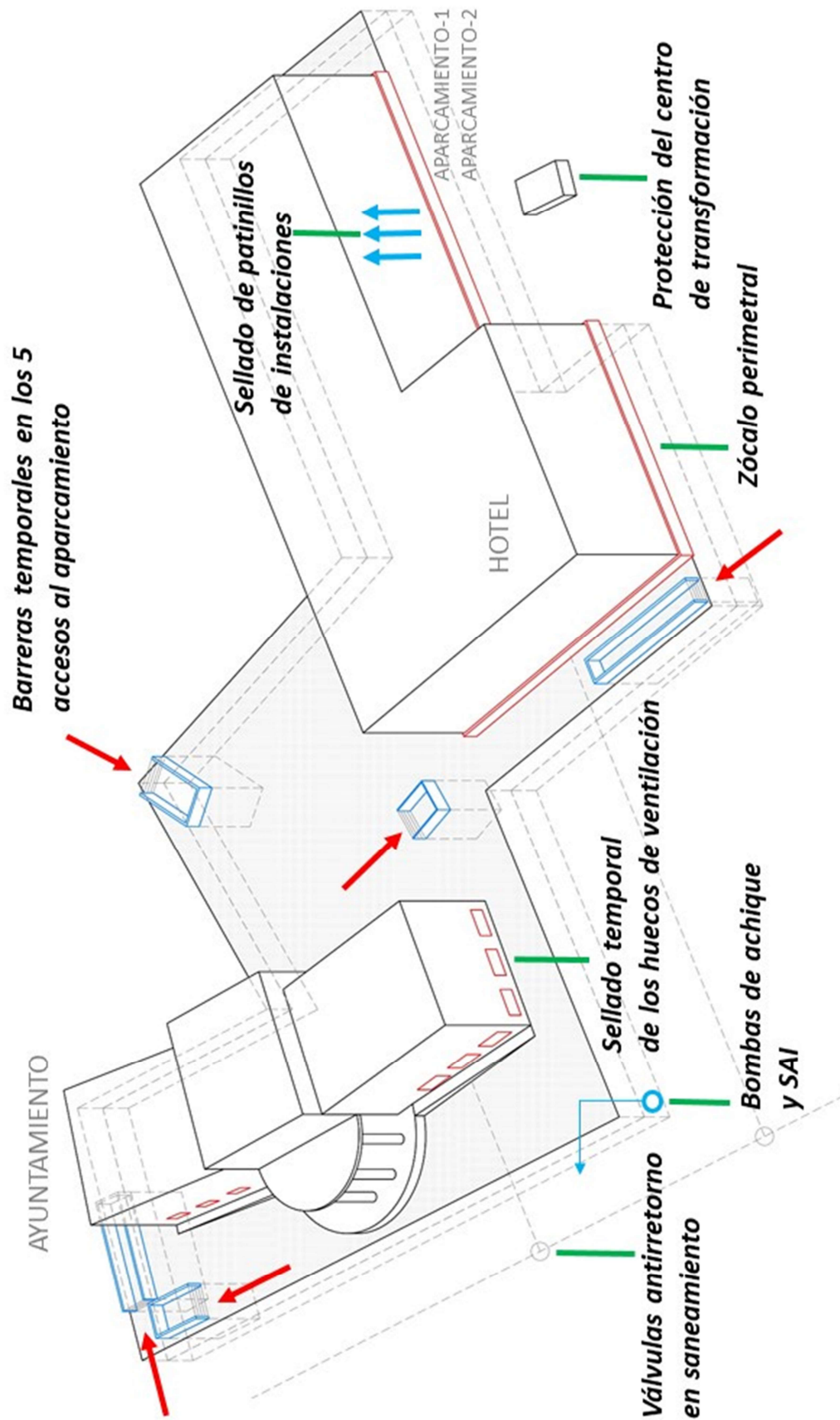


Fig. 41: Esquema resumen de la propuesta de actuación.

8. 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 (D) 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.

En el caso de los aparcamientos no defendidos, la magnitud de los daños es independiente de la cota de inundación en el exterior, ya que en todos los casos el agua invadirá la totalidad de los espacios situados bajo rasante.

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

DAÑOS TOTALES EN APARCAMIENTO	COSTE ESTIMADO €	Nivel de agua		
		T10	T100	T500
		Afección	Afección	Afección
GENERAL (ESTIMADO POR m²)				
Pavimento	10 €	30%	30%	30%
Limpieza y gestión de residuos	16 €	100%	100%	100%
GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Paramentos	6 €	100%	100%	100%
Puertas	3 €	100%	100%	100%
INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Instalación eléctrica y luminarias	27 €	70%	70%	70%
Fontanería y saneamiento	15 €	80%	80%	80%
Sistema de ventilación	10 €	100%	100%	100%

Fig. 42: Estimación de daños totales por niveles de agua.

A los datos anteriores habría que añadir, en su caso, la presencia en el aparcamiento de vehículos que no hayan sido evacuados, y el coste estimado por inutilización del servicio hasta la recuperación.

Estimación de daños totales en situación actual (14.000 m² en total, nivel-1 y nivel-2): se calculan las pérdidas en función del porcentaje de afección en situación actual para el escenario T=500.

DAÑOS TOTALES EN SITUACIÓN ACTUAL	COSTE ESTIMADO €	COSTE ESTIMADO € 14.000 m ²	Inundación aparcamientos	
			Afección (%)	Pérdidas (€)
GENERAL (ESTIMADO POR m²)				
Pavimento	10 €	140.000 €	30%	42.000 €
Limpieza y gestión de residuos	16 €	224.000 €	100%	224.000 €
GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Paramentos	6 €	84.000 €	100%	84.000 €
Puertas	3 €	42.000 €	100%	42.000 €
INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Instalación eléctrica y luminarias	27 €	378.000 €	70%	264.600 €
Fontanería y saneamiento	15 €	210.000 €	80%	168.000 €
Sistema de ventilación	10 €	140.000 €	100%	140.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €				964.600 €

Estimación de daños totales en función del escenario de inundación: 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 en un periodo de 30 años.

SITUACIÓN ACTUAL	T=10	T=100	T=500
Altura de agua (m)	0,2	0,5	0,8
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
Daño	964.600,00 €	964.600,00 €	964.600,00 €
Daño incremental	48.230,00 €	86.814,00 €	7.716,80 €
Daño anual medio			142.760,80 €
Daño acumulado en 30 años (€)			4.282.824,00 €

Propuesta de adaptación: se plantea una estrategia de intervención y su coste estimado de ejecución. Se calcula el daño residual (daños estimados tras implementar la propuesta) y se obtienen las pérdidas potenciales en un periodo de 30 años utilizando el procedimiento anterior.

PROPUESTA DE ADAPTACIÓN		
BARRERAS TEMPORALES	Instalación de 3 barreras tipo DPS 2000 de 4.5m x 1m en accesos de vehículos	30.000 €
SELLADO PUNTUAL	Instalación de 2 barreras tipo DPS 2000 de 2m x 1m en accesos peatonales	10.000 €
INSTALACIONES	Instalación de 24 dispositivos de sellado puntual de huecos de ventilación (500 €)	12.000 €
	Instalación de válvula antirretorno	3.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €		55.000 €

Conclusión: la propuesta de adaptación ofrece una reducción teórica del riesgo del 100% con una relación beneficio/coste de 77,9.

PROPUESTA DE ADAPTACIÓN	T=10	T=100	T=500
Daño residual	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Daño residual incremental	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Daño residual anual medio			0,00 €
Daño residual acumulado en 30 años			0,00 €
Reducción teórica del riesgo			100%
Beneficio/Coste			77,9