

ADAPTACIÓN AL RIESGO DE INUNDACIÓN

EDIFICACIONES

CASO PILOTO

I.E.S. ANTONIO MENÁRGUEZ COSTA (LOS ALCÁZARES, MURCIA)



Junio 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 al Instituto de Educación Secundaria Antonio Menárguez Costa, situado 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 discurren las aguas.

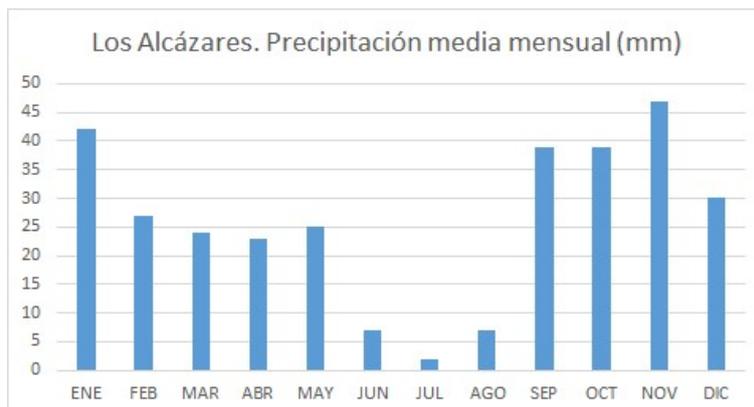


Fig. 02: Pluviograma de Los Alcázares (Estación de San Javier-Aeropuerto). Precipitación media anual: 312mm. AEMET

- **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 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

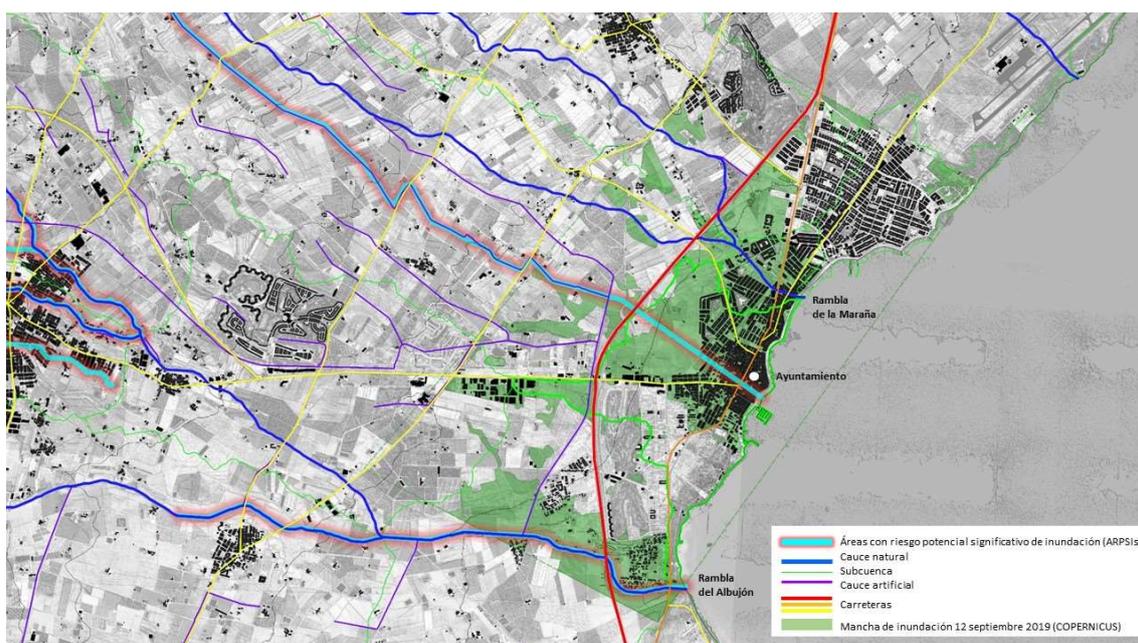
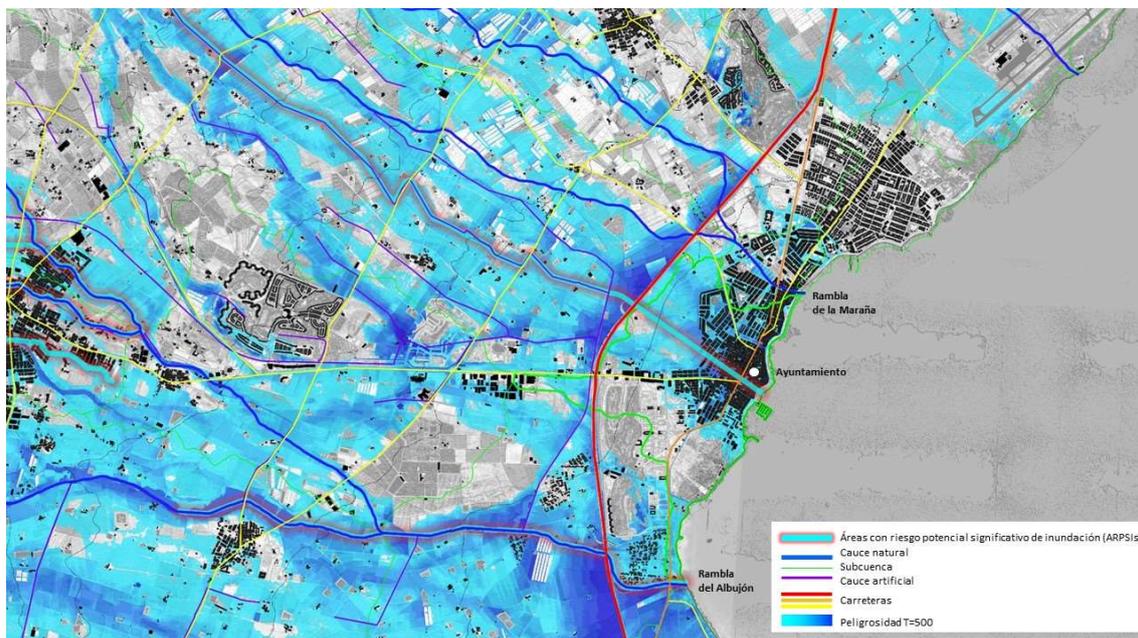


Fig. 11: Comparativa entre peligrosidad T=500 (SNZCI, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) y mancha de la inundación del 12 de septiembre de 2019 (Copernicus, Agencia Espacial Europea). Datos: Centro Nacional de Información Geográfica

- **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.

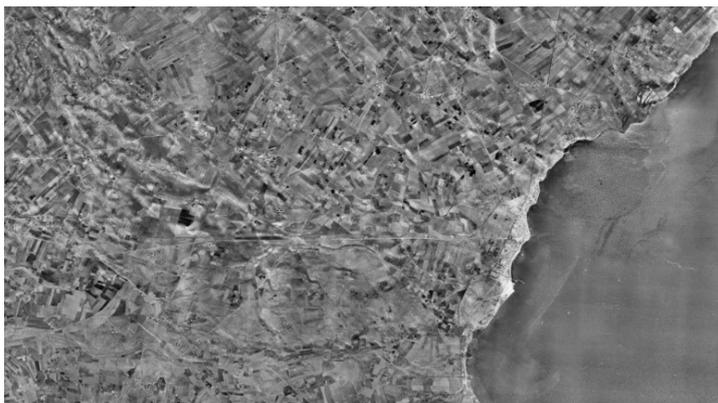


Fig. 12: Comparativa entre Vuelo Americano Serie B 1956-1957 y OLISTAT 1997-1998. Instituto Geográfico Nacional.

- **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	Instituto de Educación Secundaria “Antonio Menárguez Costa”
DIRECCIÓN	Calle Jaén 2, 30710, Los Alcázares (Murcia)
REFERENCIA CATASTRAL	9392401XG8799A0002IW
FECHA DE LA REUNIÓN	29/10/2019
CONTACTO	Arquitecto municipal / Consejería de Educación y Cultura CARM

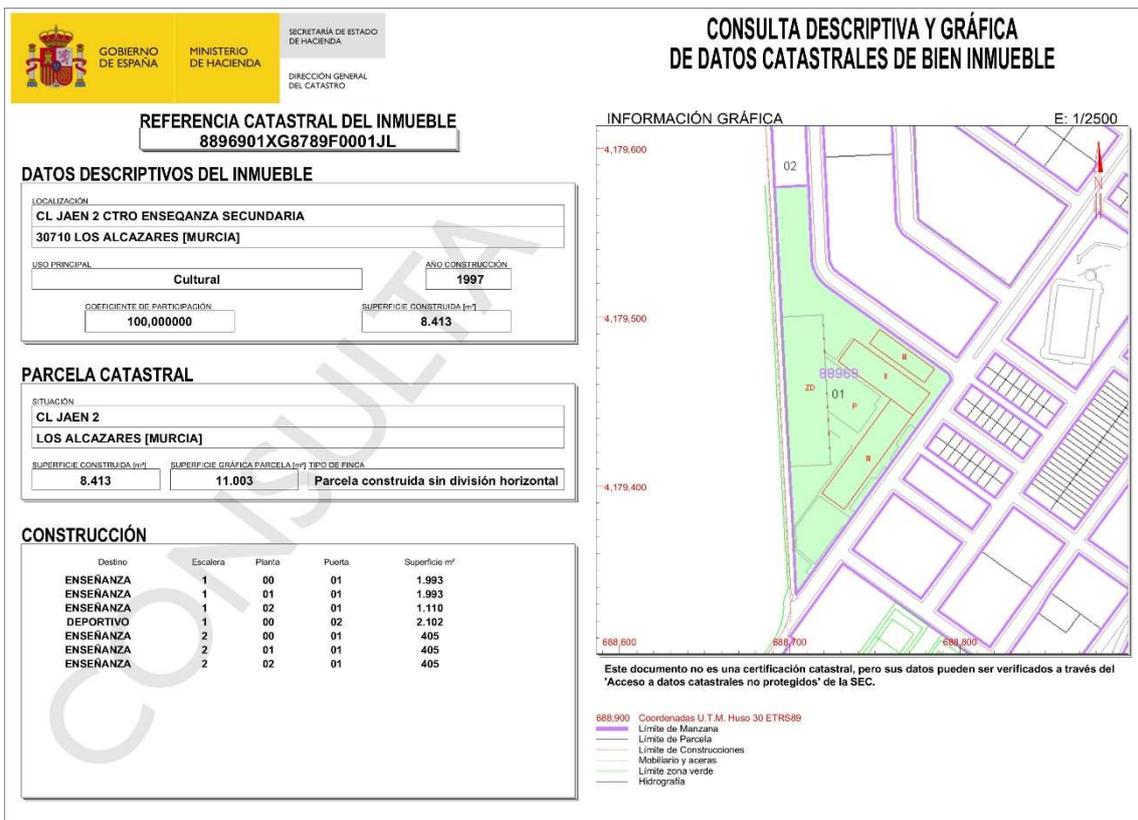


Fig. 15: IES Antonio Menárguez Costa: consulta descriptiva y gráfica de datos catastrales de bien inmueble. Ministerio de Hacienda.

4. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El Instituto de Educación Secundaria Antonio Menárguez Costa es un centro de titularidad pública, dependiente de la Consejería de Educación y Cultura de la Región de Murcia. En el curso escolar 2019/20 cuenta 900 alumnos y 78 profesores.

Se ubica en el límite oeste del término municipal de Los Alcázares, en un solar triangular de 11.000 m² de topografía plana. La parcela limita al noreste con la calle Marismas y al sudeste con la calle Jaén, que lo separan de una urbanización de viviendas tipo dúplex. Al oeste limita con la calle Labrador, a través de la cual discurre un canal de drenaje a dos aguas para la evacuación de aguas pluviales. Al otro lado de este canal se extiende una finca de cultivo.

El centro se compone de dos edificios, construidos en 1997 y 2007 respectivamente. Ambos cuentan con estructura de pilares de hormigón, fachada de ladrillo visto, suelos de terrazo y cubierta plana no transitada. La planta baja, con forjado sanitario, está elevada 0,4 metros respecto a la cota del exterior, y el acceso se produce mediante rampas y peldaños ubicados en diversos puntos. La conexión entre los dos edificios se establece mediante un porche.



Fig. 16: IES Antonio Menárguez Costa: situación. Centro Nacional de Información Geográfica

El edificio A, organizado en forma de L, se compone de dos módulos conectados a través del porche. El módulo 1, paralelo a la calle Jaén, consta de tres plantas sobre rasante y alberga las aulas, que se estructuran a través de un pasillo central, dos núcleos de escaleras y un ascensor. En el módulo 2, de una sola planta, se sitúan el gimnasio, la cafetería y un aula-taller.

El edificio B, paralelo al módulo 2 y construido posteriormente para hacer frente a las nuevas necesidades de espacio, consta de tres plantas sobre rasante y se organiza mediante un pasillo a fachada desde el que se accede a las diversas aulas, un núcleo de escaleras y un ascensor. Se conecta al edificio inicial mediante una ampliación del porche. Existe asimismo un acceso en la parte posterior que conecta con una escalera metálica exterior de emergencia accesible desde todas las plantas. Anexo a este edificio se ubica un cuarto de instalaciones.

El recinto está delimitado por un vallado perimetral permeable que parte de un murete de 0,4 metros de altura, e incluye 1.600 m² de pistas deportivas, 6.000 m² de patio con gravilla y unos 1.000 m² de superficie de aparcamiento

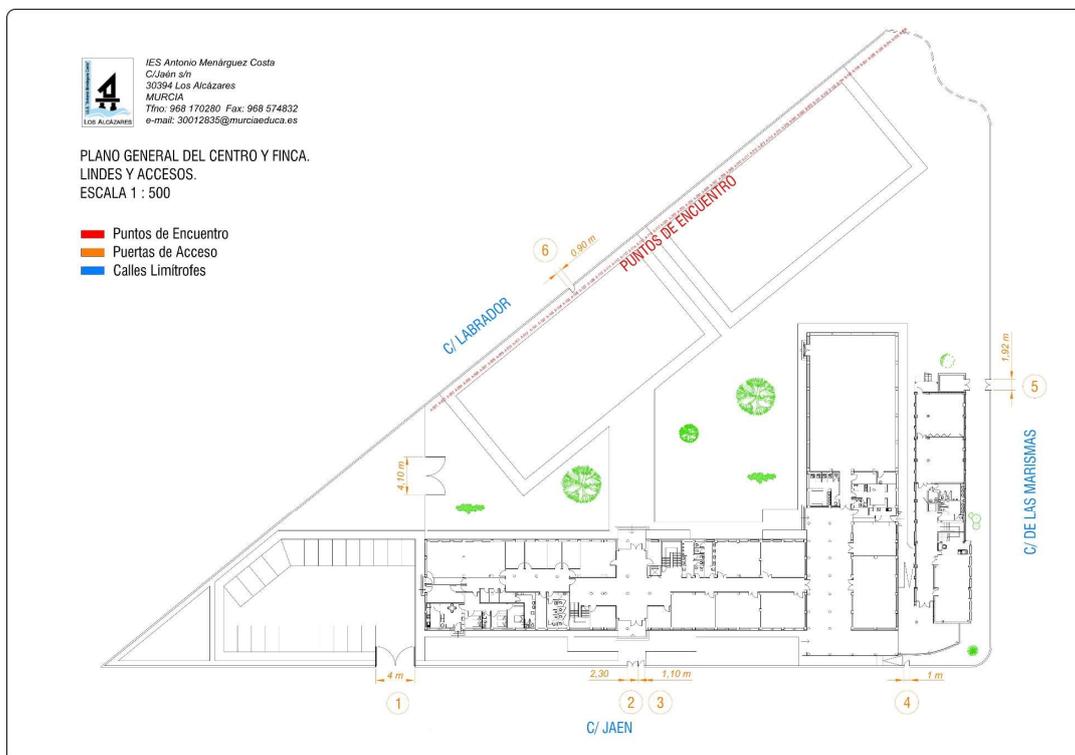


Fig. 17: Planta baja del edificio y accesos al recinto. Consejería de Educación y Cultura de la Región de Murcia.



Fig. 18: IES Antonio Menárguez Costa. Visor MINHAP.

5. PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN

- Procedencia del agua



Peligrosidad por inundación fluvial T=10

Profundidad del agua (metros)	0.50
-------------------------------	------



Peligrosidad por inundación fluvial T=100

Profundidad del agua (metros)	0.75
-------------------------------	------



Peligrosidad por inundación fluvial T=500

Profundidad del agua (metros)	0.90
-------------------------------	------

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

El centro se sitúa en zona inundable. La altura de calado estimada para el periodo de retorno de 10 años alcanza los 0.5 metros en el punto más desfavorable del perímetro del edificio, rebasando el zócalo de 0.4 metros sobre el que se asienta. Para el periodo de retorno de 500 años se alcanzan los 0.9 metros, lo que supone una inundación de 0.5 metros en el interior del edificio.

- **Principales puntos de entrada de agua**

El acceso al patio oeste desde el edificio A constituye el principal punto de entrada de agua en el edificio en caso de inundación, al situarse en dirección de la corriente, por lo que este punto requiere atención especial. Las inundaciones en Los Alcázares se ven agravadas por la gran cantidad de sedimentos y materiales sólidos transportados, por lo que las medidas implementadas deberán garantizar la resistencia tanto a la presión del agua como al impacto de elementos arrastrados.



Fig. 20: Dirección de la escorrentía y principal punto de entrada de agua. Visor MINHAP.

- **Daños potenciales**

Los daños totales derivados de la inundación provocada por las lluvias torrenciales en **septiembre de 2016** ascendieron a **164. 987,72 €** (Consejería de Educación y Cultura).

El agua alcanzó el medio metro en el interior del edificio, alcanzando la altura de calado estimada para el periodo de retorno de 500 años. La afección se concentró en la planta baja y en las zonas recreativas exteriores. Tras las tareas iniciales de recuperación (achique, desescombro, eliminación del barro y puesta a salvo de enseres) fue precisa la reparación de diversas instalaciones, en especial la eléctrica, gravemente dañada. Se realizó además la evaluación y posterior reposición del mobiliario y del resto de equipamientos docentes afectados.

Además de las pérdidas materiales, el evento provocó la interrupción de las actividades docentes durante varias semanas.

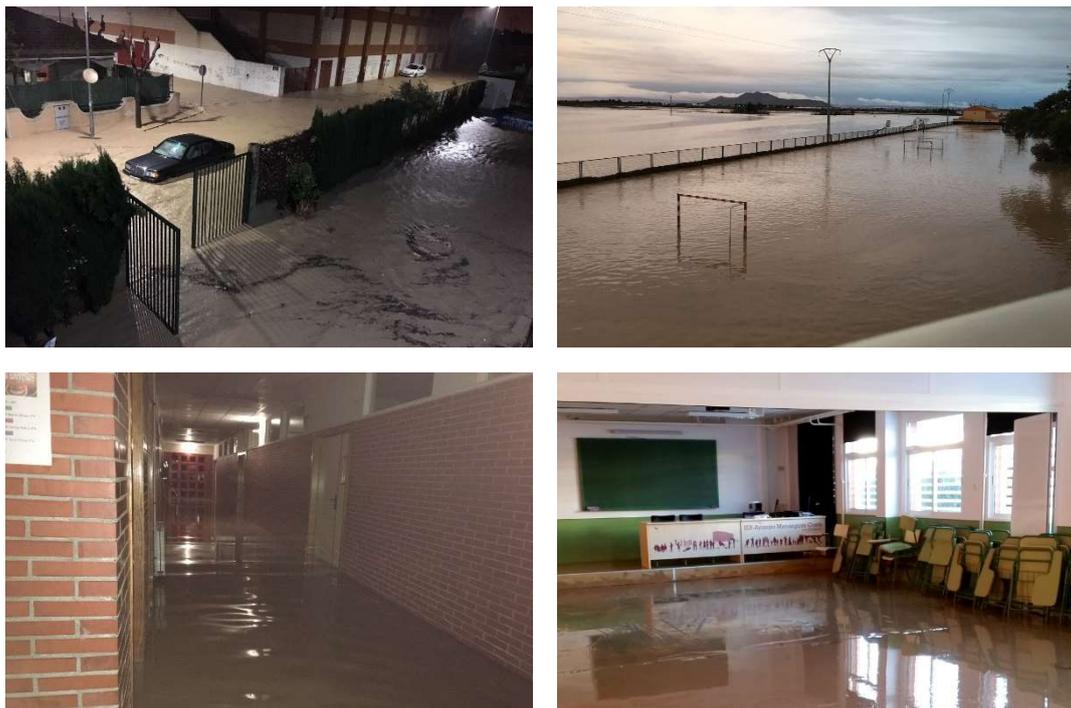


Fig. 21: Episodio de septiembre de 2016. Muciaeduca.es

Durante el episodio de **septiembre de 2019**, el agua alcanzó el metro de altura en el interior del edificio, superando el calado estimado para el periodo de retorno de 500 años. Se produjeron graves daños en las instalaciones de electricidad, fontanería, saneamiento y calefacción. En el exterior, los daños se concentraron en el vallado perimetral y en tres aulas prefabricadas instaladas en el patio. Una nueva inundación en diciembre del mismo año generó pérdidas adicionales, de forma que los daños totales derivados de ambos episodios ascendieron a **295.277,75 €** (Consejería de Educación y Cultura).



Fig. 22: Episodio de septiembre de 2019. Muciaeduca.es

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).

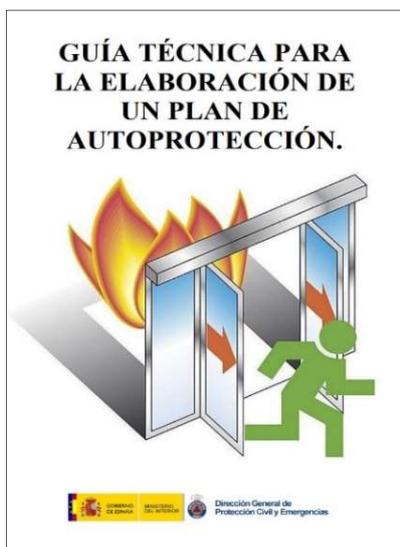


Fig. 23: Guía técnica de elaboración de un Plan de Autoprotección. Dirección General de Protección Civil y Emergencias. INUNMUR (Plan Especial de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia).

- **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 reflujo 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. 24: Criterios de actuación en edificios existentes. Recomendaciones para la construcción y rehabilitación de edificaciones en zonas inundables. 2019.

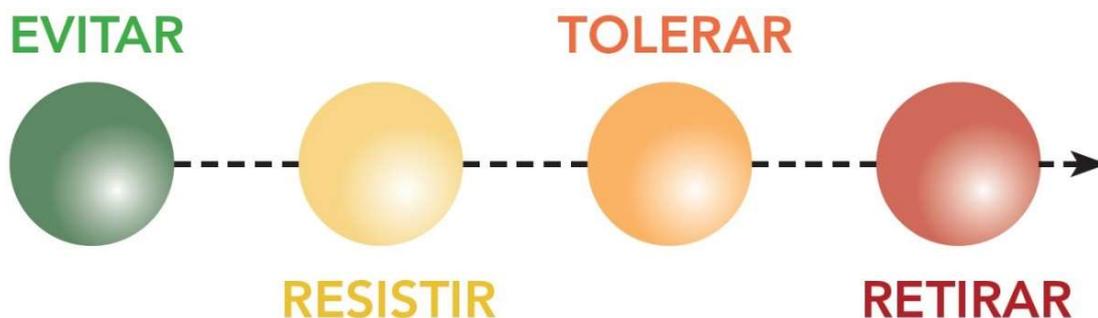


Fig. 25: Metodología para la mitigación de daños en la edificación. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. 2017.

Se plantean tres alternativas de actuación:

- **EVITAR** que el agua alcance el edificio mediante soluciones continuas que aíslen el recinto y canalicen la escorrentía hacia otro punto.
- **RESISTIR** la entrada de agua en el edificio una vez que lo ha alcanzado, identificando y protegiendo los posibles puntos de entrada
- **RETIRAR** espacios de la planta baja para favorecer la transparencia hidráulica, aprovechando la estructura de pilares.

- **Medidas de tipo EVITAR**

Las estrategias orientadas a EVITAR el contacto del agua permiten que las edificaciones y el área protegida no se vean alcanzadas por la inundación, evitando daños provocados por el agua, la erosión, la presión o el impacto de elementos arrastrados.

En el caso del Instituto de Educación Secundaria Antonio Menárguez Costa, se plantea la estanqueidad del recinto del mediante un muro que proteja la totalidad de la parcela (11.000 m²) hasta la cota máxima de inundación prevista. El ámbito de protección incluye el edificio (2.400 m²), el patio (6.000 m²), las pistas deportivas (1.600 m²) y el aparcamiento (1.000 m²).

Dada la gran cantidad de sedimentos y materiales sólidos transportados durante los episodios de inundación en la zona, esta opción evita las necesarias tareas de desescombro y eliminación del barro en el recinto del instituto tras cada evento, así como los posibles daños en fachadas o la suspensión de la actividad docente.



Fig. 26: Medidas de tipo EVITAR. Esquema en planta: estanqueidad del recinto.

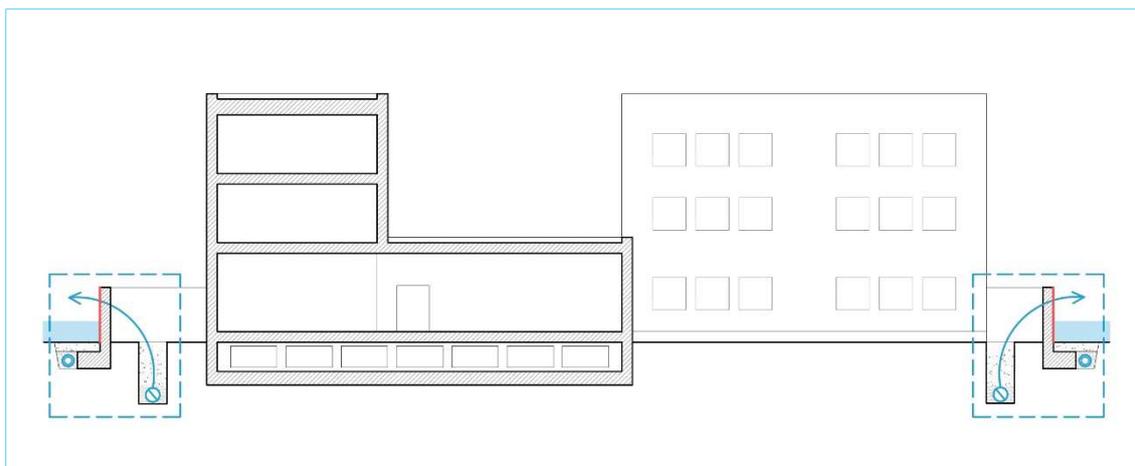


Fig. 27: Medidas de tipo EVITAR. Esquema en sección: barrera perimetral y zanja filtrante.

Estas barreras permanentes o muros provocan, de forma temporal, una diferencia en el nivel del agua entre dos espacios, generando una carga hidráulica para la que deben estar correctamente dimensionadas. Un eventual colapso agravaría las consecuencias de la inundación, incrementando considerablemente la velocidad del agua.

Asimismo, es preciso garantizar la protección frente a la humedad mediante la correcta impermeabilización y drenaje, y prever un sistema de evacuación el agua acumulada en el interior del recinto debido a filtraciones o precipitaciones intensas.

En cualquier barrera permanente que se disponga se debe prestar especial atención a la estanqueidad de los huecos de acceso. En los puntos en los que el muro se interrumpe para permitir la entrada, será necesario prever la instalación de barreras temporales, calculadas y diseñadas para soportar tanto la presión hidrostática como los posibles impactos de elementos arrastrados.

Este tipo de medidas se podrán aplicar siempre y cuando no incrementen el riesgo en el entorno próximo o aguas abajo, por lo que deberán apoyarse en las correspondientes pruebas de modelización hidráulica. Es preciso también considerar también su impacto en entornos urbanos consolidados, al constituir barreras visuales o de paso.

Para mitigar el impacto ambiental y paisajístico de los muros, que alteran el ecosistema y conducen la energía de la corriente a tramos no defendidos, pueden plantearse respuestas mixtas que combinen soluciones propias de la ingeniería con otras basadas en la naturaleza.



Fig. 28: Ejemplos de barreras permanentes integradas en el paisaje. Grupo Tragsa.

- **Medidas de tipo RESISTIR**

Las estrategias orientadas a RESISTIR la entrada del agua una vez que esta ha entrado en contacto con las edificaciones se basan en la protección de la envolvente del edificio, identificando y protegiendo los posibles puntos vulnerables.

Esta alternativa plantea la permeabilidad del recinto y la compatibilidad del patio (6.000 m²), pistas deportivas (1.600 m²) y aparcamiento (1.000 m²) con la inundabilidad.



Fig. 29: Medidas de tipo RESISTIR. Esquema en planta: estanqueidad de los edificios.

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.

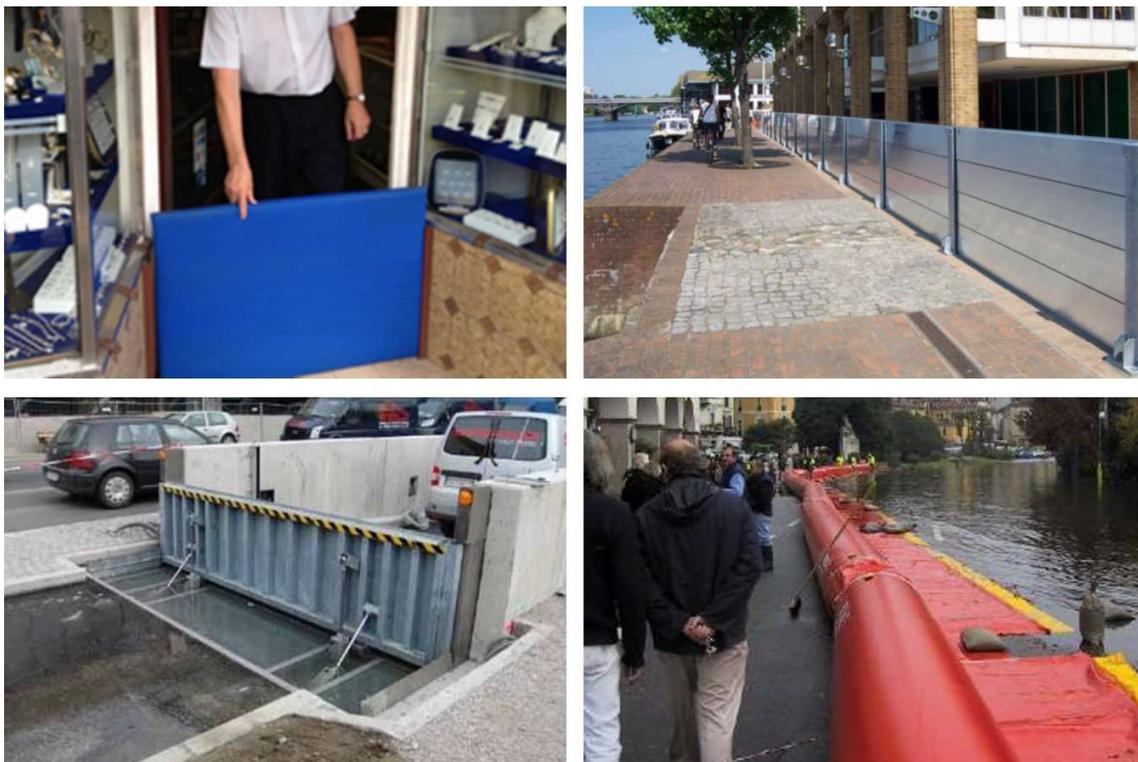


Fig. 30: Ejemplos de barreras temporales. Desmontables (Fuente: CAG Canalizaciones), apilables (Fuente: Flood Control International), abatibles (Fuente: Aggères), e hinchables (Fuente: Tandem HSE).

En el caso del Instituto de Educación Secundaria Antonio Menárguez Costa, se plantea la protección de los 15 accesos al interior del edificio mediante barreras temporales desmontables. Especial atención requerirá el acceso al patio oeste del edificio A, al encontrarse directamente expuesto al flujo del agua, por lo que se estudiará la pertinencia de emplear un modelo de barrera temporal específico que ofrezca máxima seguridad ante la presión del agua y el posible impacto de elementos arrastrados.

EDIFICIO A

Nº	Ancho (m.)	Nº de hojas			Fachada
1a	1	1	<input type="checkbox"/>	X	A -Vivienda
2a	1,80	2	X	<input type="checkbox"/>	A -Principal
3a	1,80	2	X	<input type="checkbox"/>	A -Hall Norte
4a	1,80	2	X	<input type="checkbox"/>	A -Cantina
5a	1,80	2	X	<input type="checkbox"/>	A -Aula Tecnología
6a	1	1	<input type="checkbox"/>	X	A -Agua Caliente
7a	1,90	2	X	<input type="checkbox"/>	A -Pabellón Deportivo
8a	1,50	2	X	<input type="checkbox"/>	A -Emergencia Pabellón
9a	1	1	<input type="checkbox"/>	X	A -Sala Profesores (Sur)
10a	1	1	<input type="checkbox"/>	X	A -Sala Calderas
11a	1	1	<input type="checkbox"/>	X	A -Cantina Servicio (Norte)
12a	1,80	2	X	<input type="checkbox"/>	A -Puerta a Patio (Oeste)

EDIFICIO B

Nº	Ancho (m)	Nº de hojas			Fachada
1b	1,50	2	X	<input type="checkbox"/>	B -Principal (Este)
2b ²	0,95	1	X	<input type="checkbox"/>	B -Acceso Escalera Emergencia
3b	1,90	2	X	<input type="checkbox"/>	B -Sala Caldera

Fig. 31: Accesos al edificio. Plan de autoprotección escolar IES Antonio Menárguez Costa. Disponible en: https://www.murciaeduca.es/iesantoniomenarguezcosta/sitio/upload/PLAN-AUTOPROTECCION-2019-20_web.pdf

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.

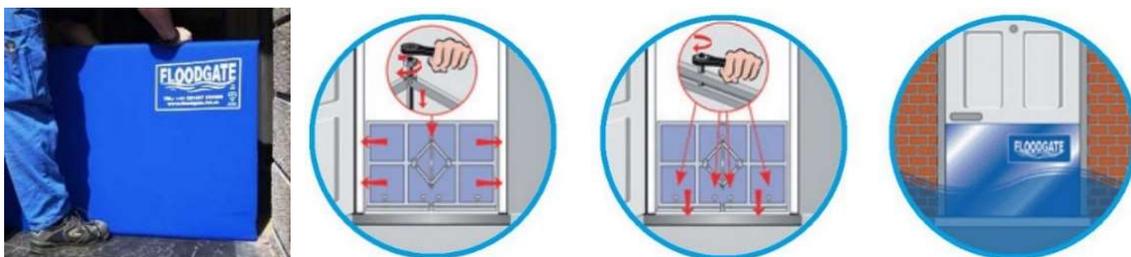


Fig. 32: Barreras temporales FLOODGATE. CAG Canalizaciones.

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

Como medida complementaria, se propone la protección de la envolvente del edificio mediante una lámina impermeabilizante colocada sobre el paramento existente y protegida mediante hoja de ladrillo o aplacado y un tubo drenante en su base, creando un zócalo impermeable.

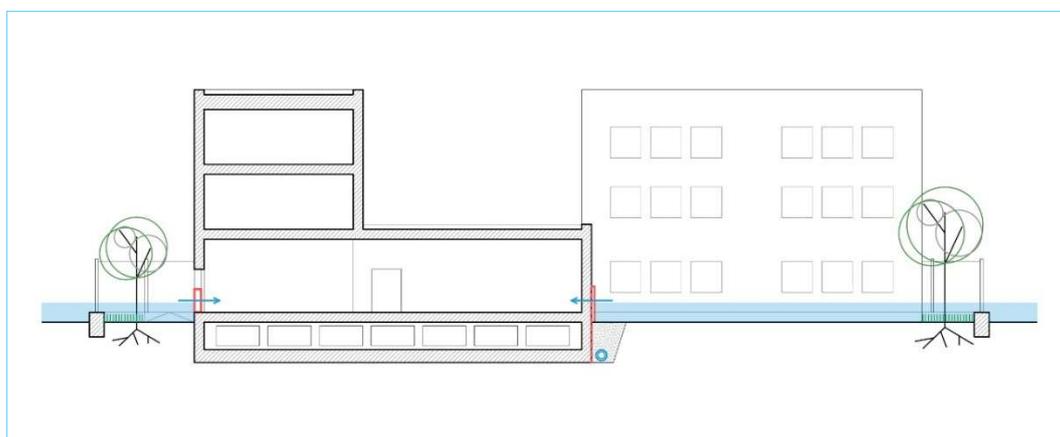


Fig. 34: Medidas de tipo RESISTIR. Esquema en sección: barreras temporales (izquierda) y zócalo impermeable (derecha).

Las estrategias orientadas a resistir implican un programa de medidas complejo, ya que en caso de que alguna intervención falle o aparezcan puntos de entrada imprevistos (rejillas y huecos de ventilación, fachadas acristaladas, puertas, ventanas, juntas, cámara sanitaria, red de saneamiento, etc.) la propuesta quedará invalidada y el agua podrá entrar en el edificio a gran velocidad ante un evento extremo.

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.



Fig. 35: Ejemplos de sellado puntual provisional. Flood proofing in urban areas. 2019.

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 resistir 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. 36. Ejemplo de medidas de autoprotección en el Polígono Industrial de Marrón (Ampuero, Cantabria): muretes de protección, antepechos, cristales blindados y sellado permanente de huecos.

- **Medidas de tipo RETIRAR**

Las estrategias orientadas a RETIRAR se basan en aumentar el espacio destinado a la libre circulación del agua.

En el caso del Instituto de Educación Secundaria Antonio Menárguez Costa, se plantea la eliminación de cerramientos en la planta baja con el fin de reducir la ocupación de los 2.400 m² actuales a 1.200 m², aprovechando la estructura de pilares de hormigón. Se aumenta así la superficie del porche, concebido como zona inundable.



Fig. 37: Medidas de tipo RETIRAR. Esquema en planta: reducción de la ocupación en planta baja y ampliación del porche.

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: aulas exteriores en porches, usos deportivos y recreativos en el recinto, etc. Los aparcamientos deben combinarse con alternativas de estacionamiento en zonas no inundables a las que trasladar los vehículos con el primer aviso de riesgo de inundación.

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.

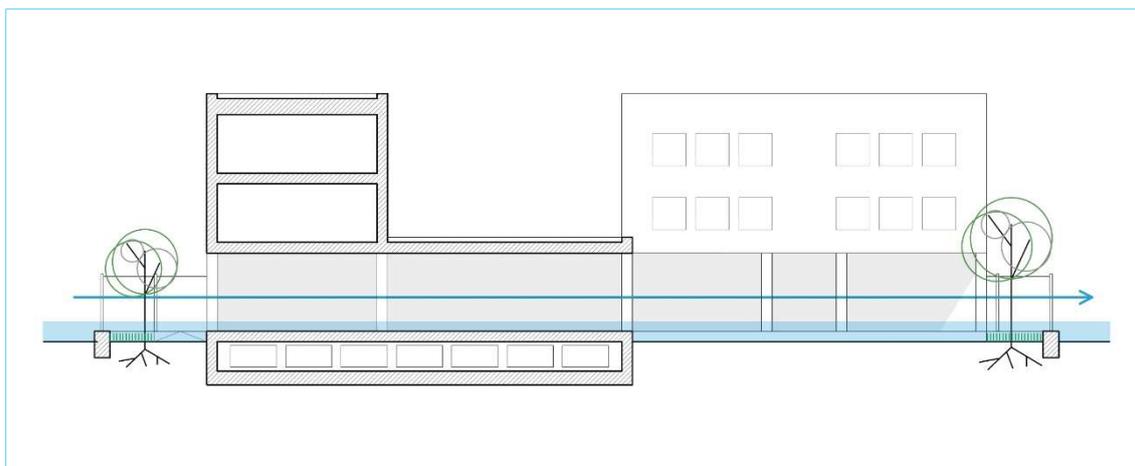


Fig. 38: Medidas de tipo RETIRAR. Esquema en sección: transparencia hidráulica.

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

En el caso del Instituto de Educación Secundaria Antonio Menárguez Costa se descartan las medidas de tipo retirar debido a que el centro es ya actualmente muy deficitario en espacio.

- **Medidas generales**

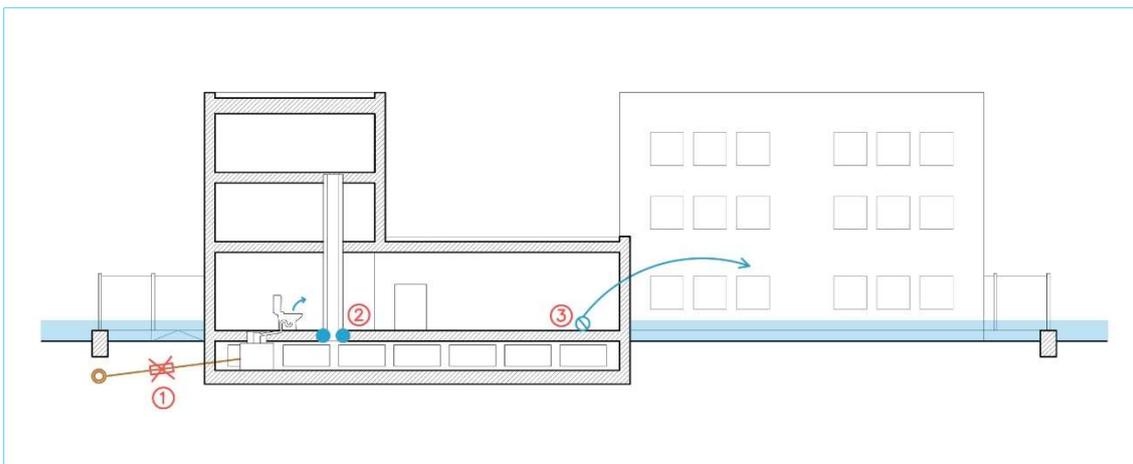


Fig. 40: Medidas generales: 1 instalación de sistemas antirretorno en la acometida de la red de saneamiento, 2 sellado de los patinillos de instalaciones, 3 bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida.

- Instalación de sistemas antirretorno en la acometida de la red de saneamiento

Las diferentes alternativas deberán completarse con instalación de sistemas antirretorno. 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. 41: Válvula antirretorno. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. 2017.

- Sellado de los patinillos de instalaciones

El ascenso de agua por presión a través de los patinillos de instalaciones debido a la inundación de la cámara bajo forjado sanitario puede generar eventualmente daños distribuidos por toda la planta. Se estudiará la pertinencia de sellarlos mediante poliuretano, silicona, espumas expansivas, etc.

- Bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida

Es recomendable 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.

6.3. Mitigación de daños en el equipamiento

Ante eventos extremos en los que soluciones planteadas no impidan la inundación del edificio, se prevé la opción de **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.

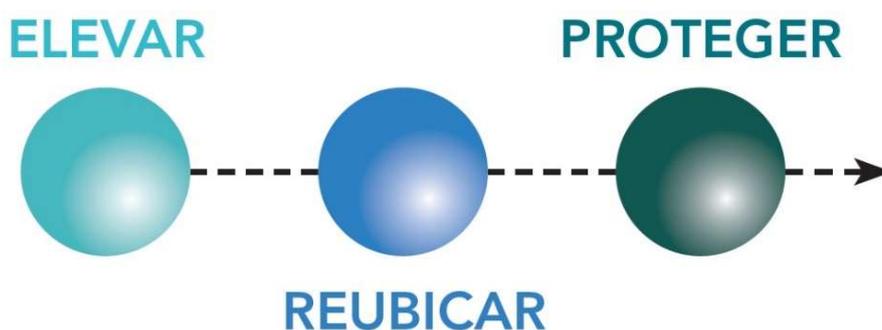


Fig. 42: Metodología para la mitigación de daños en el equipamiento. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. 2017.

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. 43: Vehículo afectado por la inundación de 2019 en el aparcamiento del IES Antonio Menárguez Costa. Murciaeduca.es

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. 44: 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 planas 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 del aparcamiento, 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.



Fig. 45: SUDS. Esquema en planta. 1 cubierta verde y aljibe, 2 zanja drenante, 3 pavimento permeable, 4 franja de vegetación.

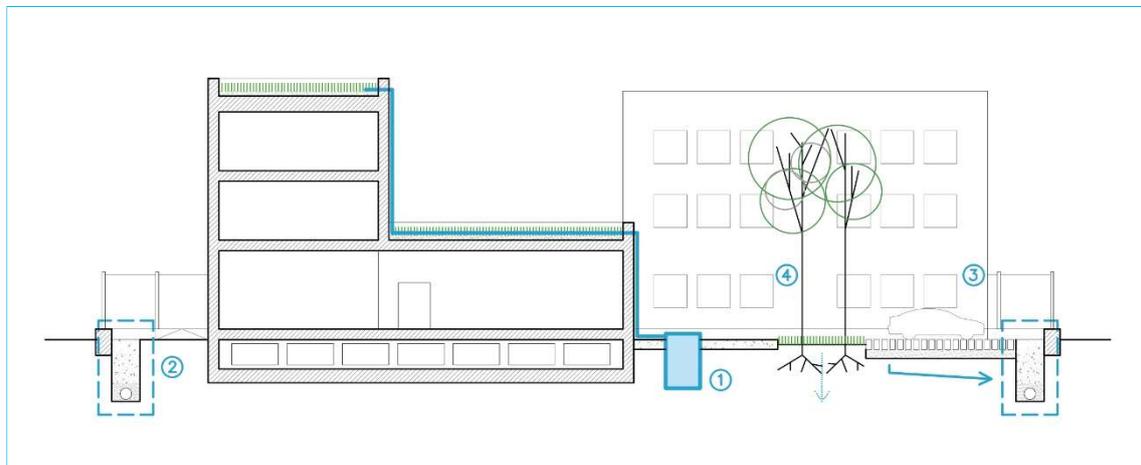


Fig. 46: SUDS. Esquema en sección. 1 cubierta verde y aljibe, 2 zanja drenante, 3 pavimento permeable, 4 franja de vegetación.



Fig. 47: SUDS: cubierta verde, zanja drenante, pavimento permeable y franja de vegetación. Grupo Tragsa.

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.

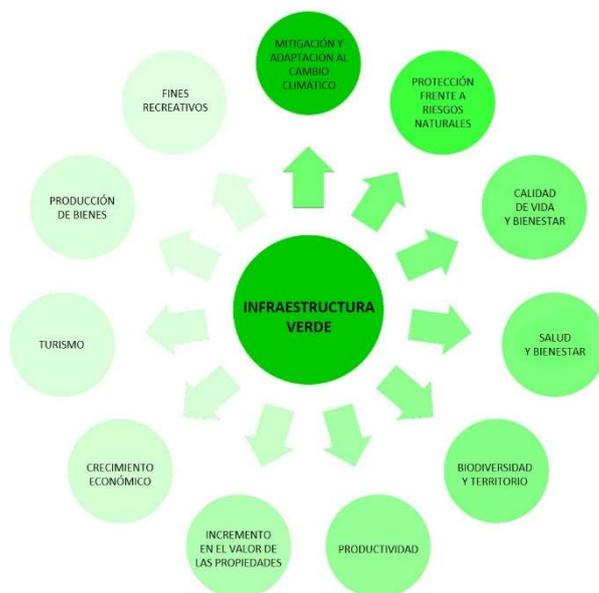


Fig. 48: Concepción multifuncional de la infraestructura verde. Adaptado de la CE (2012). Bases científico-técnicas para la Estrategia estatal de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

○ **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. 49: 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.

7. POSIBLES FUENTES DE FINANCIACIÓN DE ESTRATEGIAS INTEGRALES

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

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

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

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

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

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

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

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

8. RESUMEN

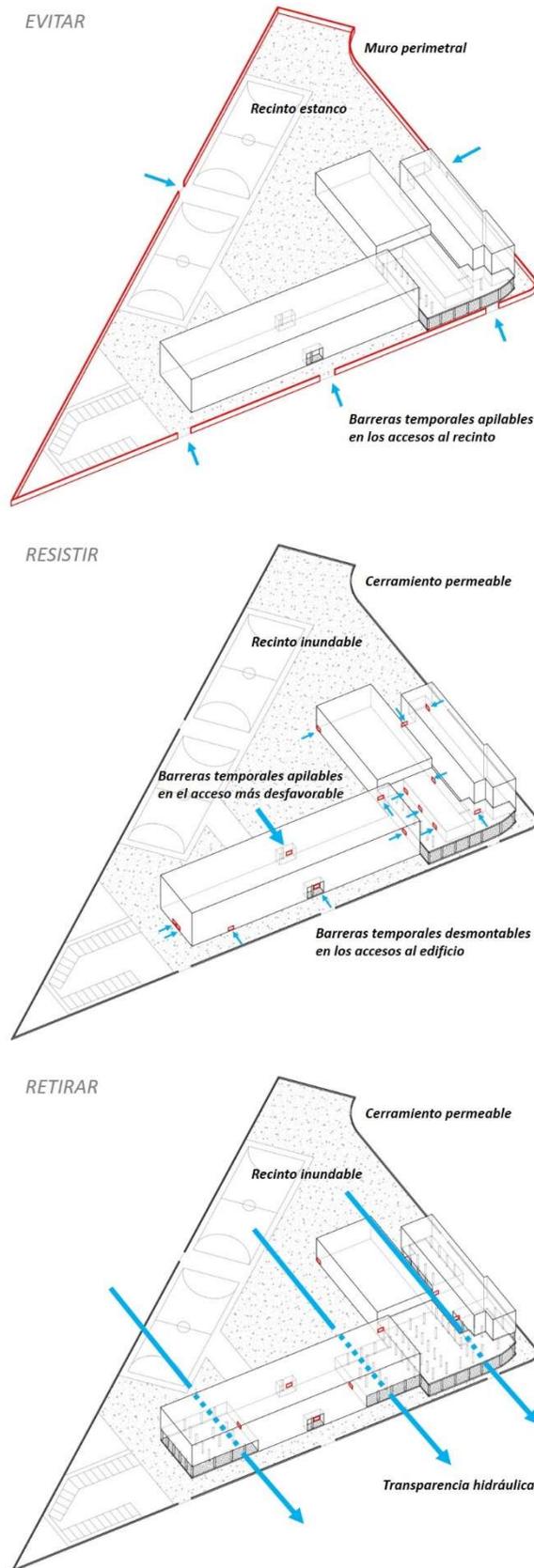


Fig. 50: Esquema resumen de las alternativas de adaptación.

9. VALORACIÓN ECONÓMICA

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

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

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

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

Para obtener las pérdidas totales estimadas que se producirían en situación actual en caso de inundación se utiliza la siguiente tabla, con valores estimados a partir de las pérdidas en el edificio, en el equipamiento y por el cese de la actividad derivados del episodio de 2016, que generó unos daños valorados en 164.987,72 €, considerando h=0,5 m en la planta baja (2.400 m²), y h=0,9 m en el resto del solar (8.600 m²).

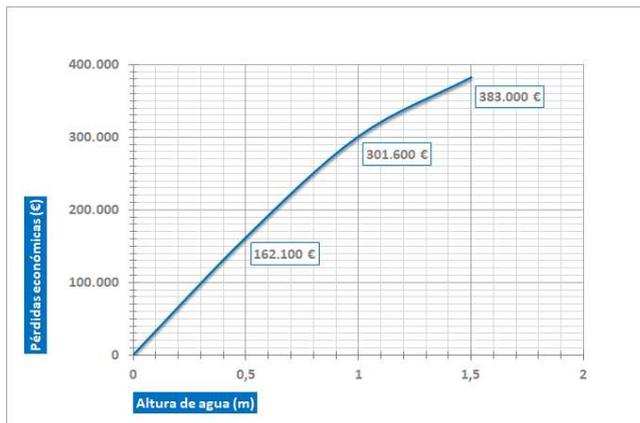
DAÑOS TOTALES EN SITUACIÓN ACTUAL	COSTE ESTIMADO €	Afección por nivel de agua		
		0,5 m	1 m	1,5 m
GENERAL (ESTIMADO POR m²)				
Pavimento cerámico	45 €	0%	10%	15%
Falsos techos	15 €	0%	0%	0%
Gestión de residuos edificio	15 €	75%	100%	100%
Gestión de residuos recinto	3 €	75%	100%	100%
GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Fachadas	30 €	0%	10%	15%
Paramentos	30 €	25%	50%	60%
Puertas	15 €	75%	90%	100%
Vidrios y carpinterías	20 €	0%	20%	40%
INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Instalación eléctrica y luminarias	50 €	10%	30%	50%
Fontanería y saneamiento	30 €	0%	25%	40%
Calefacción	30 €	0%	15%	25%
Clima y ventilación	10 €	0%	0%	0%
INSTALACIONES (COSTE ESTIMADO TOTAL)				
Ascensor	15.000 €	75%	100%	100%
Grupo electrógeno	5.000 €	100%	100%	100%
CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)				
Mobiliario	15.000 €	25%	50%	60%
Equipos informáticos	10.000 €	75%	90%	100%
ACTIVIDAD (COSTE ESTIMADO POR INUTILIZACIÓN HASTA RECUPERACIÓN)				
Cese de actividad	30.000 €	50%	75%	100%

Fig. 51: Estimación de daños totales por niveles de agua.

Daños totales en situación actual estimados por nivel de agua (superficie inundable: 2.400 m²): se realiza una estimación de los daños totales en situación actual para 0,5 m y 1,5 m, calculando las pérdidas (P) en función del porcentaje de afección (A).

DAÑOS TOTALES EN SITUACIÓN ACTUAL	COSTE ESTIMADO €	COSTE ESTIMADO € 2.400 m ²	Nivel de agua					
			0,5 m		1 m		1,5 m	
			A (%)	P (€)	A (%)	P (€)	A (%)	P (€)
GENERAL (ESTIMADO POR m²)								
Pavimento cerámico	45 €	108.000 €	0%	0 €	10%	10.800 €	15%	16.200 €
Falsos techos	15 €	36.000 €	0%	0 €	0%	0 €	0%	0 €
Gestión residuos edificio (2.400 m ²)	15 €	36.000 €	75%	27.000 €	100%	36.000 €	100%	36.000 €
Gestión residuos recinto (8.600 m ²)	3 €	25.800 €	75%	19.350 €	100%	25.800 €	100%	25.800 €
GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)								
Fachadas	30 €	72.000 €	0%	0 €	10%	7.200 €	15%	10.800 €
Paramentos	30 €	72.000 €	25%	18.000 €	50%	36.000 €	60%	43.200 €
Puertas	15 €	36.000 €	75%	27.000 €	90%	32.400 €	100%	36.000 €
Vidrios y carpinterías	20 €	48.000 €	0%	0 €	20%	9.600 €	40%	19.200 €
INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)								
Instalación eléctrica y luminarias	50 €	120.000 €	10%	12.000 €	30%	36.000 €	50%	60.000 €
Fontanería y saneamiento	30 €	72.000 €	0%	0 €	25%	18.000 €	40%	28.800 €
Calefacción	30 €	72.000 €	0%	0 €	15%	10.800 €	25%	18.000 €
Clima y ventilación	10 €	24.000 €	0%	0 €	0%	0 €	0%	0 €
INSTALACIONES (COSTE ESTIMADO TOTAL)								
Ascensor (2 unidades)	15.000 €	30.000 €	75%	22.500 €	100%	30.000 €	100%	30.000 €
Grupo electrógeno (2 unidades)	5.000 €	10.000 €	100%	10.000 €	100%	10.000 €	100%	10.000 €
CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)								
Mobiliario	15.000 €	15.000 €	25%	3.750 €	50%	7.500 €	60%	9.000 €
Equipos informáticos	10.000 €	10.000 €	75%	7.500 €	90%	9.000 €	100%	10.000 €
ACTIVIDAD (COSTE ESTIMADO POR INUTILIZACIÓN HASTA RECUPERACIÓN)								
Cese de actividad	30.000 €	30.000 €	50%	15.000 €	75%	22.500 €	100%	30.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €		816.800 €		162.100 €		301.600 €		383.000 €

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.



DAÑOS TOTALES SITUACIÓN ACTUAL	Periodo de retorno		
	T=10	T=100	T=500
Altura de agua (m)	0,1	0,35	0,5
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
Daño	33.000 €	107.000 €	162.100 €
Daño incremental	1.650,00 €	6.300,00 €	1.076,40 €
Daño anual medio			9.026,40 €
Daño acumulado en 30 años			270.792,00 €

Alternativas de adaptación: se plantean dos estrategias y su coste estimado de ejecución:

ALTERNATIVA 1 – EVITAR	
Barrera perimetral de hormigón armado: 0.25m espesor, 1m altura, 500m longitud. Excavación + zapata + impermeabilización + drenaje + paisajismo	100.000 €
Instalación de 5 barreras temporales apilables de aluminio tipo DPS 2000 o equivalente en los accesos al recinto: 3 de 4.5m x 1m y 2 de 1.8m x 1m	40.000 €
Instalación de sistemas antirretorno en la acometida de la red de saneamiento	3.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €	143.000 €

ALTERNATIVA 2 – RESISTIR	
Instalación de 1 barrera temporal apilable de aluminio tipo DPS 2000 o equivalente de 1.8m x 1m en el acceso al patio oeste	5.000 €
Instalación de barreras temporales desmontables metálicas tipo FloodGate (h=0,68m) o equivalente en los otros 14 accesos al edificio: 1 x R, 5 x M, 2 x XL, 4 x 2S, 2 x 2R, 6 soportes	16.354 €
Instalación de sistemas antirretorno en la acometida de la red de saneamiento	3.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €	24.354 €

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:

ALTERNATIVA 1: 143.000 €	T=10	T=100	T=500
Daño	0 €	0 €	0 €
Daño incremental	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Daño anual medio			0,00 €
Daño acumulado en 30 años			0,00 €
Reducción teórica del riesgo			100,00%
Beneficio/Coste			1,89

ALTERNATIVA 2: 24.354 €	T=10	T=100	T=500
Daño	4.000 €	14.000 €	19.350 €
Daño incremental	200,00 €	810,00 €	133,40 €
Daño anual medio			1.143,40 €
Daño acumulado en 30 años			34.302,00 €
Reducción teórica del riesgo			87,33%
Beneficio/Coste			9,71

CONCLUSIONES

El Instituto de Educación Secundaria Antonio Menárguez Costa (Los Alcázares) se encuentra en una ubicación muy vulnerable ante inundaciones. 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. Por otra parte, la adaptación de equipamientos públicos ofrece soluciones escalables y replicables que sirvan de referente para escenarios similares y fomenten la cultura del riesgo.

La metodología de estimación de daños empleada, que aúna pérdidas potenciales y periodos de retorno, arroja un daño acumulado en 30 años de 270.000 €. Sin embargo, los episodios sucedidos desde 2016 suponen unas pérdidas totales superiores a los 460.000 €, lo que refleja un agravamiento de la tendencia. Dado el carácter recurrente de estos eventos, 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 medidas de adaptación, lo que justifica la inversión. La viabilidad de las medidas de adaptación ha de valorarse en función de la relación entre los daños que pueden evitar y los costes derivados de su ejecución, además de las limitaciones técnicas y las necesidades programáticas. Se proponen las siguientes alternativas:

- La **alternativa 1 – EVITAR**, plantea la construcción de una BARRERA PERMANENTE y ofrece una reducción (teórica) del riesgo del 100%. Sin embargo, supone una mayor inversión económica (relación beneficio/coste 2:1), tramitación administrativa y obra. Implica además un impacto en el entorno urbano, al alterar la dinámica de la escorrentía y trasladar el problema hacia zonas no defendidas.
- La **alternativa 2 – RESISTIR**, plantea el uso de BARRERAS TEMPORALES, económicas y de fácil instalación, con una relación beneficio/coste muy favorable (10:1). Esta opción resulta la más recomendable, si bien requiere adaptar el resto del recinto para hacerlo compatible con la inundabilidad. Además, está sujeta al buen funcionamiento de los protocolos de actuación y a la incertidumbre en los sistemas de alerta temprana.
- La **alternativa 3 – RETIRAR**, plantea nuevos criterios de diseño que prioricen la TRANSPARENCIA HIDRÁULICA, permitiendo el paso libre de la escorrentía sin obstruir su movimiento natural. De este modo, el edificio se anticipa a la presencia del agua, contribuyendo a la mejora de la percepción del riesgo en lugar de ocultarlo. Para este caso concreto se descarta debido a que el centro es ya actualmente muy deficitario en espacio.