

ADAPTACIÓN AL RIESGO DE INUNDACIÓN

EDIFICACIONES

CASO PILOTO

AYUNTAMIENTO DE CEBOLLA (TOLEDO)



Diciembre 2019

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

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 (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 Cebolla, municipio ubicado en la provincia de Toledo, cuya población es de 3.263 habitantes (INE, 2018).



Fig. 01: Inundación en Cebolla en septiembre de 2018. RTVE.

- **Marco geográfico**

El municipio de Cebolla se sitúa en la comarca de Talavera de la Reina (Toledo) y su clima es de tipo mediterráneo-continental. Julio es el mes más caluroso del año, con una temperatura media de 25.8°C, y enero el que registra la más baja, con 6.1°C. La precipitación media anual es de 343 mm, siendo los periodos abril-mayo y octubre-diciembre los más lluviosos.

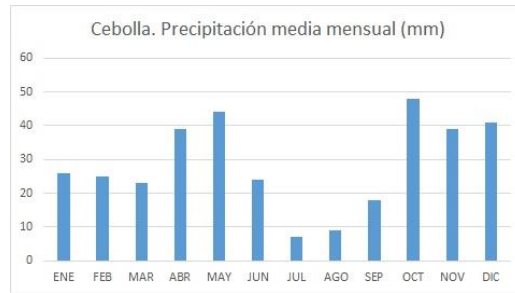


Fig. 02: Pluviograma de Cebolla (Estación de Toledo). AEMET.

El casco urbano se sitúa entre dos colinas y tiene una altitud de 440 m. La población tiene forma de valle y por su parte baja transcurre el arroyo Sangüesa, afluente del Tajo, canalizado subterráneamente a lo largo de la Calle Real. Gran parte de las calles de la localidad se desarrollan en cuesta, mientras que las paralelas al arroyo son llanas aprovechando los bancales.

- **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: Cebolla: Peligrosidad T=500. SNCZI. Ministerio para la Transición Ecológica.



Fig. 04: Cebolla: Riesgo a las actividades económicas T=500. SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica.

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

- **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 Tajo, 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 - 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 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 durante las avenidas - Establecimiento y mejora de los sistemas de alerta meteorológica - Establecimiento y mejora de 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 - Planes de Protección Civil: acciones de apoyo a la salud, asistencia financiera, incluida asistencia legal, así como reubicación temporal de la población afectada - Evaluación, análisis y diagnóstico de las lecciones aprendidas de la gestión de los eventos de inundación
Medidas de ordenación territorial y urbanismo	<ul style="list-style-type: none"> - Ordenación territorial 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 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, cuatro de los objetivos hacen referencia directa al riesgo de inundación:



Fig. 07: Objetivos de desarrollo sostenible 6, 11, 13 y 15. Organización de las Naciones Unidas.

- **La Agenda Urbana Española**, Presentada por el Ministerio de Fomento en 2019, persigue el logro de la sostenibilidad en las políticas de desarrollo urbano a través de un Decálogo de Objetivos Estratégicos desplegados en 291 líneas de actuación, y se inspira en la Nueva Agenda Urbana, impulsada en la Conferencia de Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible “Hábitat III” celebrada en Quito en 2016, que plantea un compromiso por trabajar a favor de un nuevo paradigma urbano orientado a la sostenibilidad. Entre sus objetivos estratégicos figura “Prevenir y reducir los impactos del cambio climático y mejorar la resiliencia”.



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

2. PROBLEMÁTICA Y ANTECEDENTES

Las transformaciones del territorio efectuadas por la agricultura y el urbanismo han incrementado la vulnerabilidad de Cebolla. Esta situación se ve agravada por fenómenos naturales como la DANA, y la mayor frecuencia de estos eventos debido al cambio climático.



Fig. 09: Comparativa Vuelo Americano Serie A 1945-1946 y PNOA 2015. Instituto Geográfico Nacional.

La localidad ha sufrido a lo largo de la última década varios episodios de inundación que han generado importantes daños materiales y económicos: el 21 de abril del 2011, el 2 de julio de 2014, el 30 de agosto de 2015, el 25 de febrero de 2016, el 7 de julio de 2016, el 5 de julio de 2017, el 29 de agosto de 2017 y el 8 de septiembre de 2018, siendo esta última la de mayor gravedad. Estas avenidas han provocado la inundación de viviendas, garajes y sótanos, el arrastre de numerosos vehículos e importantes desperfectos en la vía pública.

El 8 de septiembre de 2018, durante las fiestas patronales de la localidad, se produjo una avenida extraordinaria por las calles centrales del pueblo, siguiendo el cauce del arroyo Sangüesa. El agua alcanzó el metro de altura en diversos puntos, arrastrando vehículos y atracciones de feria. Hubo numerosos daños materiales y dos personas heridas. Durante el episodio se vieron gravemente dañados la Biblioteca y el Centro de Salud de la localidad. Se ha previsto el traslado de estos usos a zonas no inundables.

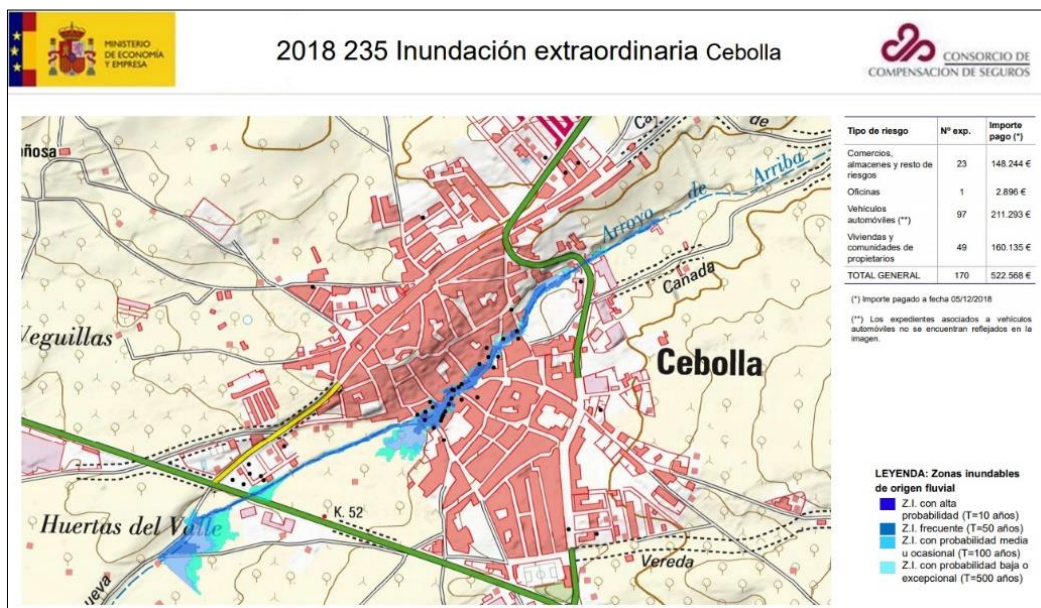


Fig. 10: Relación de siniestros derivados de la inundación de septiembre de 2018. Consorcio de Compensación de Seguros.

- **A escala paisajística**, el predominio aguas arriba de terrenos de cultivo de olivos e higueras en su mayor parte, con fuerte pendiente y sin medidas de control de la escorrentía y la erosión, origina cambios drásticos en la dinámica fluvial.
- **A escala urbana**, la canalización subterránea del arroyo Sangüesa y su falta de capacidad de conducción a través del recorrido urbano genera, en situaciones de aumento del caudal de forma precipitada, la acumulación de elementos que provocan su obstrucción y desbordamiento.
- **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 medidas no estructurales que incrementen la resiliencia de las zonas expuestas.

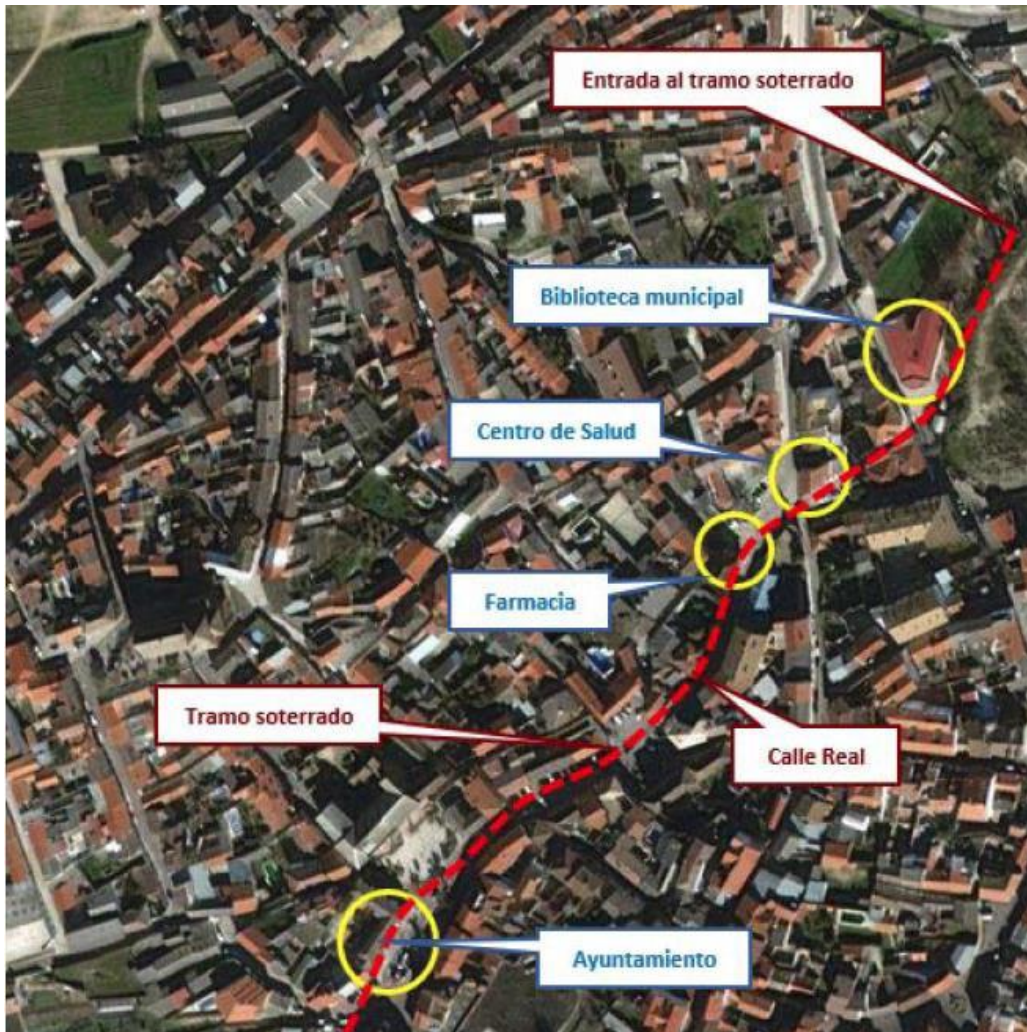


Fig. 11: Relación de equipamientos en zona inundable. PLATEMUN Cebolla.



Fig. 12: Ayuntamiento y Biblioteca Municipal, afectados por la inundación de 2018. Protección Civil Castilla-La Mancha.



Fig. 13: Farmacia y Centro de Salud, afectados por la inundación de 2018. PLATEMUN Cebolla.

3. FICHA DE LA EDIFICACIÓN

NOMBRE	Ayuntamiento de Cebolla
DIRECCIÓN	Plaza del Ayuntamiento, 1
MUNICIPIO	Cebolla (Toledo)
REFERENCIA CATASTRAL	5831901UK6253S0001LE
FECHA DE LA VISITA	08/10/2019
PERSONA DE CONTACTO	David Carrasquilla
TELÉFONO	925866002
EMAIL	dcarrasquilla@ayuntamientodecebolla.com

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA
DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE
5831901UK6253S0001LE

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN
PZ AYUNTAMIENTO 1
45680 CEBOLLA (TOLEDO)

USO PRINCIPAL: Edif. Singular
AÑO CONSTRUCCIÓN: 1900

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: 100,000000
SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): 945

PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN
PZ AYUNTAMIENTO 1
CEBOLLA (TOLEDO)

SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): 945
SUPERFICIE GRÁFICA/PARCELA (m²): 526
TIPO DE FINCA: Parcela construida sin división horizontal

CONSTRUCCIÓN

Destino	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m²
PUBLICO	00	01	01	443
PUBLICO	01	01	01	443
PUBLICO	00	02	02	59

CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

INFORMACIÓN GRÁFICA E: 1/1000

365,800 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89
 Límite de Manzana
 Límite de Parcela
 Límite de Construcciones
 Mobiliario y aceras
 Límite zona verde
 Hidrografía

Fig. 14: Ayuntamiento de Cebolla: consulta descriptiva y gráfica de datos catastrales de bien inmueble. Ministerio de Hacienda.

4. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El Ayuntamiento de Cebolla es un inmueble de titularidad municipal construido en el año 1900. Consta de dos plantas: las actividades propias del Ayuntamiento se desarrollan en la planta alta, mientras que la planta baja alberga un vestíbulo de acceso con escalera y ascensor, un segundo espacio destinado a la oficina de Servicios Sociales, y un tercer espacio destinado al Hogar del Jubilado.

En concordancia con la fecha de construcción se trata de un edificio de muros de carga de fábrica de ladrillo, forjado de madera y cubierta de teja árabe. Al exterior, la fachada noreste está revestida con un enfoscado a la tirolesa, mientras que la sureste cuenta con un enfoscado pintado y un zócalo cerámico. Al interior, los paramentos están guarnecidos y enlucidos, y alicatados hasta la altura de 1.2 m en el caso del vestíbulo y el Hogar del Jubilado. El solado es de pavimento cerámico en todas las estancias.

El acceso a las dependencias del Ayuntamiento se realiza a través de la escalera y el ascensor ubicados en el vestíbulo principal, al que se accede a través de una puerta de madera de 1.5 m de ancho, y una segunda puerta de vidrio con carpintería metálica de 1 m, situadas en la fachada noreste, correspondiente a la Plaza del Ayuntamiento. Esta fachada cuenta además con una tercera puerta, también de vidrio con carpintería metálica, que da acceso a la oficina de Servicios Sociales. La fachada sureste, correspondiente a la Calle Real, cuenta con tres accesos al Hogar del Jubilado. El principal tiene 1.5 m de ancho y se realiza a través de una puerta de vidrio con carpintería de madera. Los dos secundarios tienen 1 m de ancho y las puertas son de vidrio con carpintería metálica.



Fig. 15: Ayuntamiento de Cebolla: fachada a Plaza del Ayuntamiento y vestíbulo de acceso.

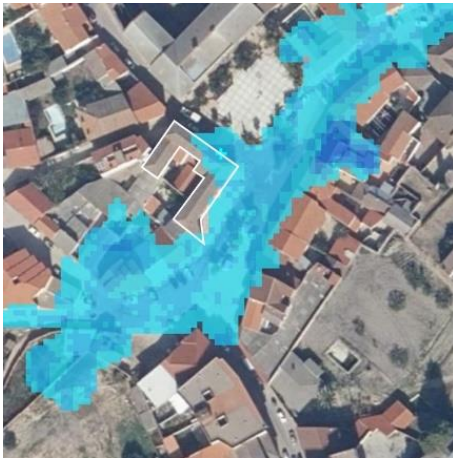


Fig. 16: Ayuntamiento de Cebolla: oficina de los Servicios Sociales de Atención Primaria



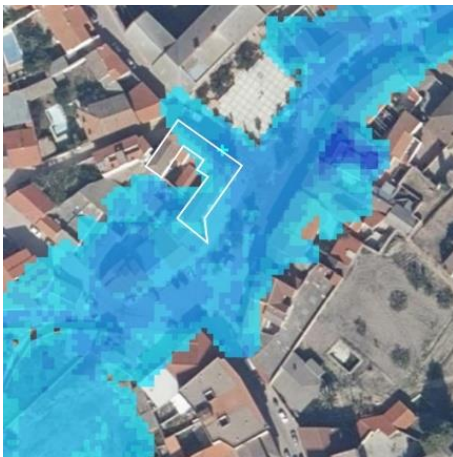
Fig. 17: Ayuntamiento de Cebolla: fachada a Calle Real y Hogar del Jubilado.

5. PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN FLUVIAL



Peligrosidad por inundación fluvial T=10

Profundidad del agua (metros)	0.25
-------------------------------	------



Peligrosidad por inundación fluvial T=500

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

Fig. 18: Ayuntamiento de Cebolla: peligrosidad T=10 (probabilidad alta) y T=500 (probabilidad baja). SNZCI. Ministerio para la Transición Ecológica.

El Ayuntamiento de Cebolla se sitúa en zona inundable. La altura de calado en el punto más desfavorable alcanza los 0.25 m para T=10, y los 0.5 m para T=500. La elevada pendiente provoca que las aguas desbordadas recorran a gran velocidad la calle principal del núcleo urbano, con el consiguiente riesgo para la población y las edificaciones.



Fig. 19: Arrastre de vehículos y otros elementos durante la inundación de 2018. Fuente: RTVE.

Tolerar la entrada de agua supondría, además de los daños provocados en el edificio, la interrupción de las funciones del Ayuntamiento ante la imposibilidad de acceso, generando daños indirectos en la actividad del municipio. Asumiendo que la posible avenida entrará en contacto con la fachada del edificio, se propone **RESISTIR** la entrada de agua en el interior hasta la cota del periodo de retorno de 500 años ($h=0.5$ m).

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**

- 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 Tago, medios de comunicación, redes sociales y apps.
- Contratar una póliza de seguros de la propiedad, actividades y vehículos.
- Contar con un Plan de Autoprotección, disponer de un kit de emergencia y practicar la evacuación.
- Familiarizarse con el PLATEMUN (Plan Territorial de Emergencia Municipal de Cebolla) y el Plan Municipal ante Precipitaciones Fuertes/Inundaciones (enfocado a la activación y empleo del PLATEMUN en caso de desbordamiento del arroyo Sangüesa).



Fig. 20. Guía técnica de elaboración de un Plan de Autoprotección. Dirección General de Protección Civil y Emergencias. PLATEMUN (Plan Territorial de Emergencia Municipal). Ayuntamiento de Cebolla.

- **Proteger la edificación y su equipamiento**

- Identificar los puntos débiles del edificio por los que puede entrar el agua.
- Realizar el diagnóstico de daños potenciales.
- Identificar posibles soluciones para reducir la vulnerabilidad del edificio y su contenido.
- 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?

- Estar informado de la evolución de la inundación y atento a los avisos de evacuación.
- Revisar las vías de evacuación evitando obstáculos.
- Revisar la red de drenaje evitando taponamientos.
- Instalar barreras temporales en las zonas por las que puede entrar el agua.
- Instalar sistemas antirretorno para evitar el refluo de aguas residuales.
- Preparar el kit de emergencia, bombas de achique y sistemas de alimentación ininterrumpida.
- Apagar los suministros de electricidad, agua y gas.
- Desconectar los equipos eléctricos y desplazarlos a zonas seguras.
- Retirar muebles, alfombras y cortinas, y asegurar los elementos sueltos.
- Colocar los productos contaminantes fuera del alcance del agua.
- Desplazar los coches fuera de la zona de riesgo de inundación con el primer aviso.
- Seguir las indicaciones de Protección Civil.

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. 21: Criterios de actuación en edificios existentes. Recomendaciones para la construcción y rehabilitación de edificaciones en zonas inundables. Ministerio para la Transición Ecológica. 2019.

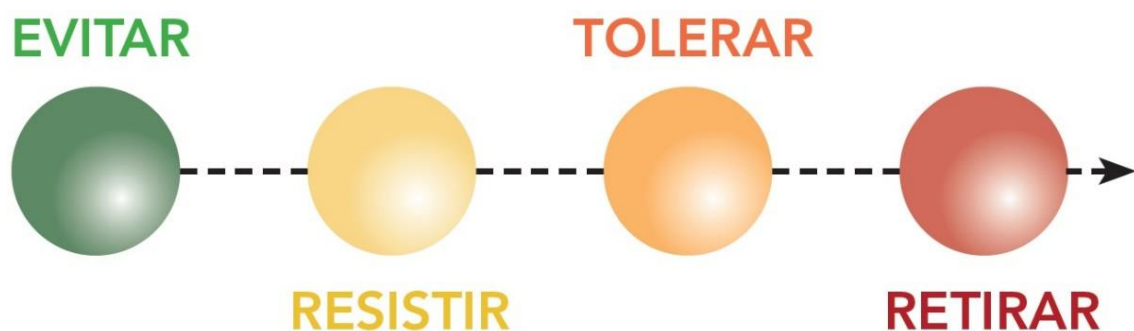


Fig. 22: Metodología para la mitigación de daños en la edificación. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Consorcio de Compensación de Seguros. 2017.

- **Medidas principales**

Como medida principal de adaptación para el Ayuntamiento de Cebolla, se propone la instalación de **BARRERAS TEMPORALES** en los seis accesos al edificio. Deberán estar calculadas y diseñadas para soportar tanto la presión como los posibles impactos de elementos arrastrados. Se propone además la instalación de **VÁLVULAS ANTIRRETORNO** en la red de saneamiento, **SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE ACHIQUE** y **SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA** que garanticen su operatividad. Por último, se garantizará la evacuación hacia **ESPACIOS SEGUROS**.



Fig. 23: Ejemplos de barreras temporales: desmontables, apilables, deslizantes o abatibles. Flood Control International.



Fig. 24: Válvulas antirretorno en la red de saneamiento: abierto para flujo normal, cierre automático para evitar reflujo. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Consorcio de Compensación de Seguros. 2017.

- **Posibles medidas complementarias**

- **Impermeabilización:** los muros de ladrillo enfoscado presentan una buena resistencia al agua. Ante el posible riesgo de filtraciones, se estudiará la aplicación de mortero hidrófugo en la parte de la fachada expuesta a inundaciones.

- **Protección de huecos:** los posibles puntos de entrada de agua a través de la fachada se corresponden con las bajantes y no plantean riesgo. Se estudiará el sellado permanente de la parte inferior de las ocho ventanas de la planta baja para garantizar la protección ante eventos superiores a T=500, y la sustitución de las rejas fijas por rejas practicables desde el interior.

- **Protección de la fachada:** las instalaciones vulnerables se sitúan por encima de la cota inundable. Se estudiará la implantación de barreras de protección contra impactos en la esquina de Calle Real con Plaza del Ayuntamiento ante el riesgo de daños por elementos arrastrados.



Fig. 25: Ayuntamiento de Cebolla: fachada de enfoscado, huecos (bajantes), rejas fijas, instalaciones vulnerables.

- **Modelo propuesto: BARRERAS TEMPORALES FLOODGATE®**

La barrera FLOODGATE® es un 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.



Tipo	Alto	Ancho
EXTRA SMALL	68 cm	68-77 cm
STANDARD		77-96 cm
REGULAR		87-105 cm
MEDIUM		97.5-117.5 cm
LARGE		117.5-140.5 cm
XL		135-158 cm
XXL		150-173 cm

Fig. 26: Barreras temporales FLOODGATE®. Modelos según tamaño. CAG Canalizaciones.



Fig. 27: Área de actuación.

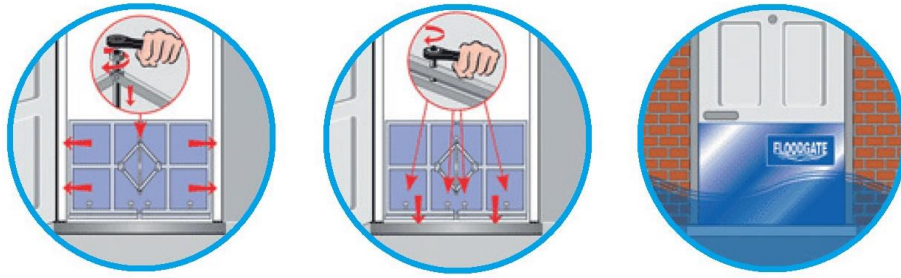


Fig. 28: Instalación de barreras temporales FLOODGATE©: expansión horizontal y expansión vertical. CAG Canalizaciones.



Fig. 29: Ayuntamiento de Cebolla: propuesta de adaptación. Fachada a la Calle Real.

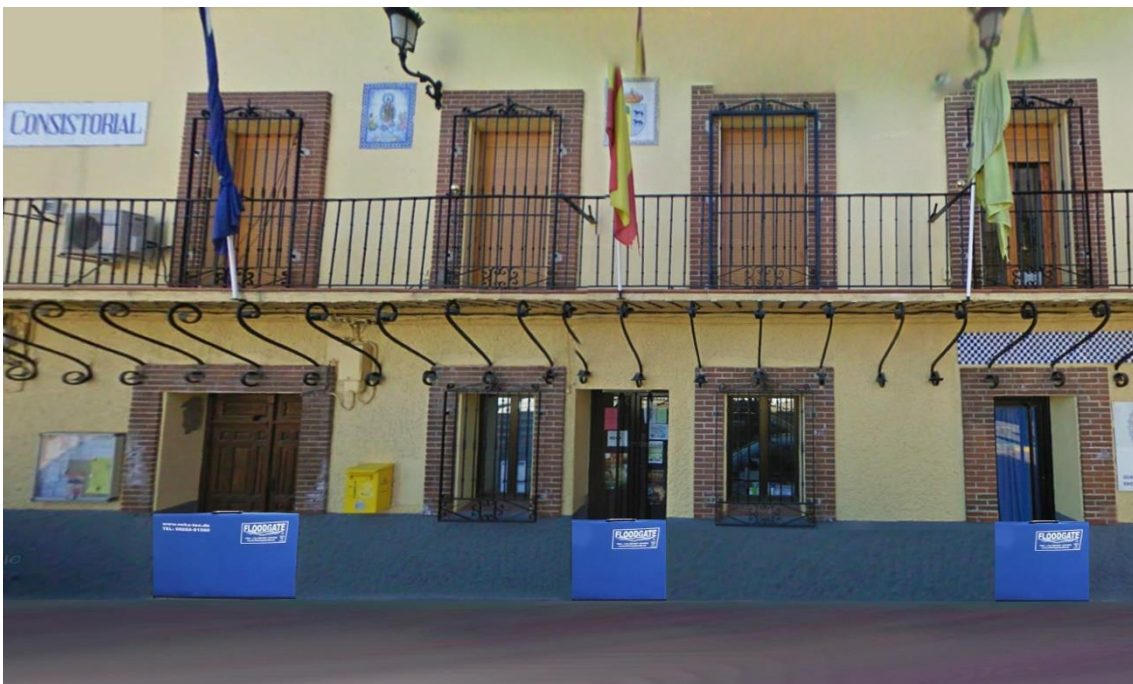


Fig. 30: Ayuntamiento de Cebolla: propuesta de adaptación. Fachada a la Plaza del Ayuntamiento.

6.3. Mitigación de daños en el equipamiento

Las medidas para reducir la vulnerabilidad del equipamiento de los edificios se engloban en tres tipos de acciones: **ELEVAR**, que consiste en subir 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.

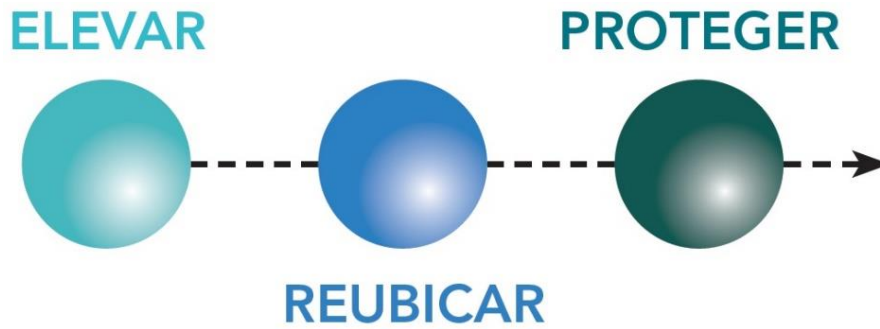


Fig. 31: Metodología para la mitigación de daños en el equipamiento. Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Consorcio de Compensación de Seguros. 2017.



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

Los principales elementos vulnerables del edificio analizado se sitúan en la por encima de la cota de inundación. Ante eventos extremos (superiores a $T=500$) en los que las barreras temporales no impidan la entrada de agua en el edificio, se plantean las siguientes medidas para minimizar los daños:

- Elevación sobre plintos o reubicación de mobiliario, electrodomésticos y 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 de madera que eviten daños en caso de inundación, o sustitución por otras desmontables o resistentes al agua.

6.4. Sistemas urbanos de drenaje sostenible

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 calidad del agua que se vierte al medio natural.

El alto nivel de impermeabilización de las ciudades, derivado fundamentalmente del modelo de movilidad, aumenta considerablemente la probabilidad de inundación y sus efectos e influye en el comportamiento climático del entorno, incrementando el fenómeno isla de calor.

La implantación de pavimentos permeables permite la transmisión directa del agua al terreno, o bien su acumulación para utilizarla posteriormente, contribuyendo a disminuir la cantidad de agua a evacuar.

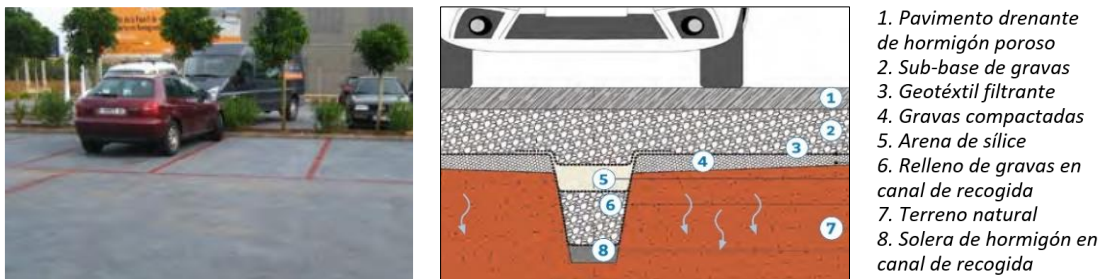


Fig. 33: Aparcamiento permeable en Benaguasil (Valencia). El agua en Benaguasil: un viaje en el tiempo.

7. RESUMEN

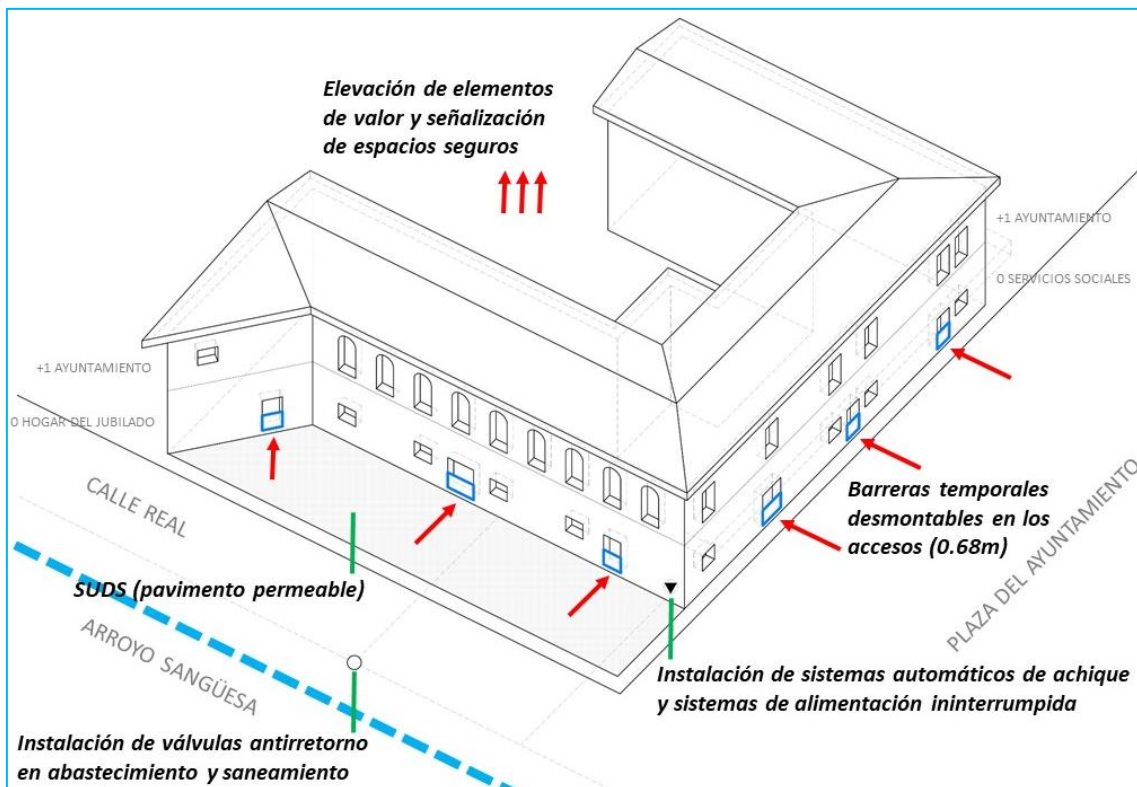


Fig. 34: Ayuntamiento de Cebolla: esquema de adaptación.

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.

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

DAÑOS TOTALES	COSTE ESTIMADO €	Nivel de agua		
		0,5m Afección	1,5m Afección	3m Afección
GENERAL (ESTIMADO POR m²)				
Pavimento	40 €	10%	25%	40%
Limpieza y gestión de residuos	10 €	30%	100%	100%
GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Fachadas	20 €	0%	0%	30%
Paramentos	20 €	25%	60%	95%
Puertas	12 €	75%	100%	100%
Vidrios y carpinterías	40 €	0%	40%	80%
INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Instalación eléctrica y luminarias	60 €	10%	50%	70%
Fontanería y saneamiento	60 €	20%	40%	80%
INSTALACIONES (COSTE ESTIMADO TOTAL)				
Equipo de climatización	5.000 €	0%	0%	100%
Equipo de agua caliente sanitaria	5.000 €	0%	25%	60%
CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)				
Equipamiento y mobiliario	10.000 €	50%	100%	100%
ACTIVIDAD (COSTE ESTIMADO POR INUTILIZACIÓN HASTA RECUPERACIÓN)				
Cese de actividad	10.000 €	50%	75%	100%

Fig. 35: Estimación de daños totales por niveles de agua.

Estimación de daños totales en situación actual (planta baja, 500 m²): 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 € para 500 m ²	Nivel de agua: 0,5m	
			Afección (%)	Pérdidas (€)
GENERAL (ESTIMADO POR m²)				
Pavimento	40 €	20.000 €	10%	2.000 €
Limpieza y gestión de residuos	10 €	5.000 €	30%	1.500 €
GENERAL (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Paramentos	20 €	10.000 €	25%	2.500 €
Puertas	12 €	6.000 €	75%	4.500 €
INSTALACIONES (ESTIMADO REPERCUTIDO POR m²)				
Instalación eléctrica y luminarias	60 €	30.000 €	10%	3.000 €
Fontanería y saneamiento	60 €	30.000 €	20%	6.000 €
CONTENIDO (COSTE ESTIMADO TOTAL)				
Equipamiento y mobiliario	10.000 €	10.000 €	50%	5.000 €
ACTIVIDAD (COSTE ESTIMADO POR INUTILIZACIÓN HASTA RECUPERACIÓN)				
Cese de actividad	10.000 €	10.000 €	50%	5.000 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €				29.500 €

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

SITUACIÓN ACTUAL	T=10	T=100	T=500
Altura de agua (m)	0,25	0,4	0,5
Probabilidad anual	0,1	0,01	0,002
Daño	14.750,00 €	23.600,00 €	29.500,00 €
Daño incremental	737,50 €	1.725,75 €	212,40 €
Daño anual medio			2.675,65 €
Daño acumulado en 30 años (€)			80.269,50 €

Propuesta de adaptación: se plantean 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 4 barreras temporales tipo FloodGate®, modelo REGULAR		3.000 €
	Instalación de 2 barreras temporales tipo FloodGate®, modelo XL		2.500 €
INSTALACIONES	Instalación de válvulas antirretorno		2.000 €
	Instalación de sistemas automáticos de achique		5.000 €
	Instalación de sistemas de alimentación ininterrumpida		2.000 €
ESPACIOS SEGUROS	Adecuación de espacios seguros de evacuación y rescate		500 €
COSTE ESTIMADO TOTAL €			15.000 €

Conclusión: la propuesta de adaptación ofrece una reducción teórica del riesgo del 100% con una relación beneficio/coste de 5,35.

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			5,35