



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



11:30-12:30

# ESTRATEGIAS PARA AUMENTAR LA RESILIENCIA EN EL SECTOR DE LAS EDIFICACIONES Y LOS EQUIPAMIENTOS URBANOS

Christine Andres  
[candres@kvingeneria.tech](mailto:candres@kvingeneria.tech)

16 de diciembre de 2020

# PROCESO DE IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS DE MEJORA DE LA RESILIENCIA





## INTRODUCCIÓN.

- EL DIAGNÓSTICO ES LA BASE DE LAS MEDIDAS A IMPLANTAR
- RETOS MÁS IMPORTANTES : Definir los aspectos más importantes a tener en cuenta en el diagnóstico de cada instalación
- **OBJETIVOS:**



Elaboración de una base de datos a través de un formulario del diagnóstico de las instalaciones.



Información básica para elaboración de curvas de daños

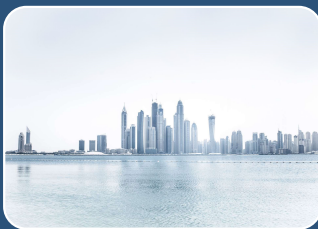


Preparación de informe de diagnósticos

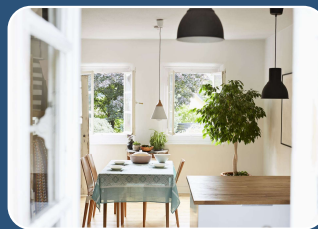


# INTRODUCCIÓN. FASES DEL DIAGNÓSTICO

INSPECCIÓN IN SITU EN QUE SE REALIZARÁ UN CUESTIONARIO



Inundabilidad  
y sus  
antecedentes  
históricos



Inventario de  
elementos  
afectados y  
grado de  
afección



Vías de  
entrada de  
agua



Grado de  
preparación  
del personal  
y afectados

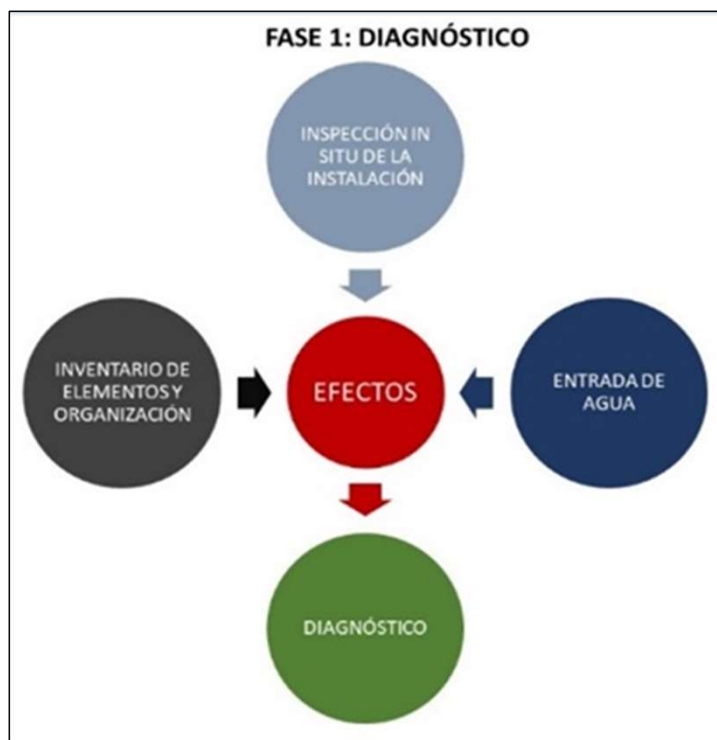


Capacidad de  
recuperación



## FASES DEL ANÁLISIS

UNA VEZ REALIZADO EL DIAGNÓSTICO SE PASARÍA A LA FASE DE DEFINICIÓN DE MEDIDAS



## ESTRATEGIAS

- Las medidas pueden ser de dos tipos:
  1. Medidas de aislamiento frente a la inundación
  2. Medidas de adaptación a la inundación una vez el agua penetra en el edificio
- Las medidas se integran en una ESTRATEGIA



# ESTRATEGIAS. MEDIDAS. EVITAR (I)

## EVITAR que el agua alcance el edificio

1. EVITAR	1.1 ADECUACIÓN DEL ENTORNO.
	1.2 BARRERAS PERMANENTES.
	1.3 BARRERAS TEMPORALES.

### VENTAJAS E INCONVENIENTES

- Sensación de seguridad
- No se toca el edificio pero necesita terreno y mayor coste
- Acceso y salida del edificio quedan temporalmente interrumpidos: **PREVER PLAN DE EMERGENCIA**

### ADECUACIÓN DEL ENTORNO



### BARRERAS PERMANENTES



## ESTRATEGIAS. MEDIDAS. EVITAR (II)

### BARRERAS TEMPORALES

Barrera Temporal con paneles ligeros de aluminio cm de altura apilados entre guías y soportes incrustados en base de hormigón.



Barreras hinchables: se llenan automáticamente por presión



Barrera Temporal SCFB (SELF CLOSING FLOOD BARRIER): Compuertas deslizantes ocultas bajo tierra y levantadas automáticamente por presión en caso de inundación.

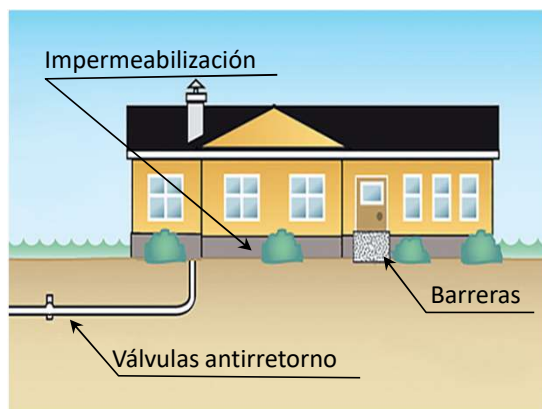




# ESTRATEGIAS. MEDIDAS. RESISTIR

## RESISTIR La entrada de agua en el edificio

### PROTECCION DE HUECOS: CIERRE CON BARRERAS TEMPORALES



### VENTAJAS E INCONVENIENTES

- Coste menor
- No es necesario evacuar el edificio (recomendable)
- El agua alcanza el edificio
- Mínimos cambios en edificio
- Acceso y salida del edificio temporalmente interrumpidos: **PREVER PLAN DE EMERGENCIA**
- Los usuarios deben aprender el montaje
- Altura máxima inundación: 1m/ Duración máxima: 48h

## 2. RESISTIR

### 2.1 IMPERMEABILIZACIÓN.

### 2.2 PROTECCION/CIERRE DE HUECOS.

### IMPERMEABILIZACIÓN DE PARAMENTOS HASTA COTA INUNDACIÓN



# ESTRATEGIAS. MEDIDAS. TOLERAR

## TOLERAR La inundación adaptando el interior

3. TOLERAR	3.1 INSTALACIONES.
	3.2 ORGANIZACION ESPECIAL.
	3.3 ESPACIOS SEGUROS.

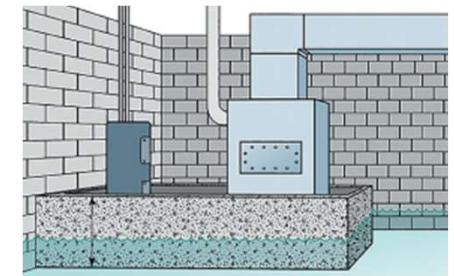
### PROTECCIÓN INSTALACIONES



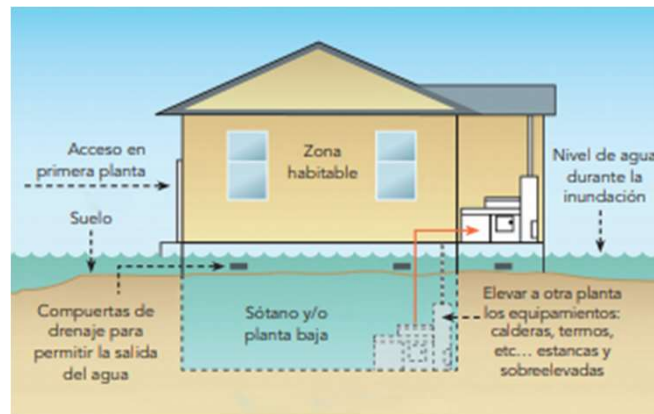
### ELEVACIÓN DE EDIFICIOS/INSTALACIONES



### PROTECCIÓN EQUIPAMIENTO Y PERSONAS



### REORGANIZAR



### VENTAJAS E INCONVENIENTES

- Requiere evacuación: **PLAN DE EMERGENCIA**
- **Habilitación de espacios refugio. Evitar habitar plantas inundables**
- **Actuación invasiva**
- **Necesario un estudio muy preciso y especializado**
- **Costes mayores**
- **Puede necesitar reparaciones posteriores a la inundación**

## ESTRATEGIAS. MEDIDAS. RETIRAR

### RETIRAR El edificio de la zona inundable



#### VENTAJAS E INCONVENIENTES

- Coste monetario y social mayor
- Uso en casos muy graves
- Se elimina el riesgo totalmente

4. RETIRAR	4.1 ELEVACIÓN.
	4.2 TRASLADO.
	4.3 ABANDONO/DEMOLICIÓN.

#### ABANDONO/DEMOLICIÓN.

INUNDACIONES DE OCTUBRE

### Sádaba busca ubicación para el colegio afectado por la riada

El presidente de la CHE ha aprovechado su visita a Sádaba para anunciar 52 actuaciones urgentes de limpieza en los ríos Arba de Luesia, Arba de Biel y Riguel por 360.000 euros, que se suman a los 650.000 ya invertidos.

NOTICIA ACTUALIZADA 15/7/2013 A LAS 16:09  
EFE. ZARAGOZA



#### Room for the river (NL)



# VALORACIÓN ECONÓMICA. ANÁLISIS COSTE/BENEFICIO.

## PARA ANALIZAR LA VIABILIDAD DE LAS MEDIDAS: FASE1: ANÁLISIS COSTE/BENEFICIO DE CADA ALTERNATIVA

	ELEMENTOS A TENER EN CUENTA
<b>VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS.</b>	Período de tiempo, a partir de la fecha en la que finaliza su ejecución, durante el que la obra debe mantenerse el cumplimiento de sus exigencias.
<b>COSTES A CONSIDERAR.</b>	<p><b><u>Costes de implantación:</u></b> Costes de terrenos si fuese necesario alguna adquisición, de construcción, de medidas correctoras si fueran necesarias.</p> <p><b><u>Costes de mantenimiento y explotación</u></b></p>
<b>ESTUDIO DE BENEFICIOS.</b>	Comparativa de daños entre la situación original y la simulación de la medida a estudiar (curvas de daños).
<b>ACTUALIZACIÓN DE DATOS.</b>	Los costes y beneficios deberán actualizarse al año actual.



## VALORACIÓN CUALITATIVA. ANÁLISIS MULTICRITERIO.

- EL ACB=VALORACIÓN CUANTITATIVA
- AMC=VALORACIÓN CUALITATIVA: FACTORES NO VALORABLES DE FORMA ECONÓMICA PERO IGUALMENTE IMPORTANTES

	Coeficiente de Ponderación	CRITERIO	DEFINICIÓN
<b>EJEMPLO DE CRITERIOS</b>	K1	Reducción del riesgo a las personas	Reducción de población en Z.I.
	K2	Económico	Valoración económica de la alternativa considerada (ratio coste-beneficio)
	K3	Social	Incidencia social de la alternativa considerada: aceptación
	K4	Efecto en M.A.	Repercusión ambiental, tanto positiva como negativa, de la alternativa considerada
	K5	Ambiental	Impacto ambiental y complejidad en la tramitación
	K6	Protección ante la amenaza/	Nivel de protección que aporta la alternativa considerada, relacionado con un periodo de recurrencia o escenario
	K7	Temporal	Tiempo necesario para la implementación/ construcción



**SELECCIÓN FINAL DE MEDIDAS**



## EJEMPLOS ESTRATEGIAS

- Casos realizados en el marco PIMA Adapta por la empresa TRAGSATEC



- |                     |  |
|---------------------|--|
| 1. <b>EVITAR:</b>   | EDIFICIO POLIVALENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN. (ASTURIAS). |
| 2. <b>RESISTIR:</b> | AYUNTAMIENTO DE CEBOLLA. (TOLEDO, CASTILLA LA MANCHA).                             |
| 3. <b>TOLERAR</b>   | HOSPITAL RECOLETAS. (CUENCA, CASTILLA LA MANCHA).                                  |
| 4. <b>RETIRAR:</b>  | ONTINYENT. (BARRIO CANTERERÍA, COMUNIDAD VALENCIANA).                              |

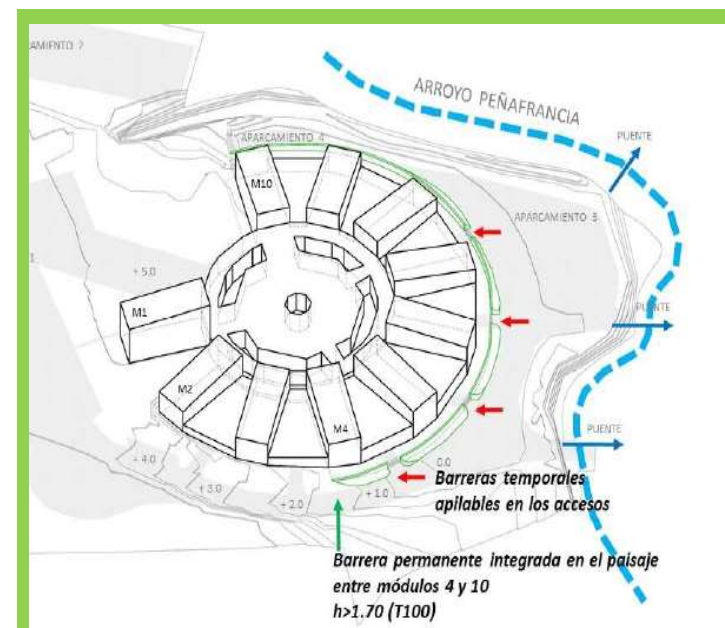




## EVITAR: EDIFICIO POLIVALENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN. (I)

### PROBLEMÁTICA E INUNDACIONES HISTÓRICAS

- Desbordamiento del arroyo Peñafrancia, afluente del Piles.
- 11 de junio de 2018: :desbordamiento del arroyo + fuertes precipitaciones in situ + la subida del nivel freático debido
- Daños estimados: 4.500.000€.



Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón.  
Alternativa de medidas para evitar que el agua  
alcance el edificio con barreras temporales.

## EVITAR: EDIFICIO POLIVALENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN. (II)

### COMPORTAMIENTO DEL ARROYO

- Alteración del ciclo natural del agua
- Estrechamiento de la zona inundable
- Obstáculos artificiales: tres puentes sobre el arroyo Peñafrancia.
- Superficies impermeabilizadas destinadas a aparcamiento







## EVITAR: EDIFICIO POLIVALENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN. (III)

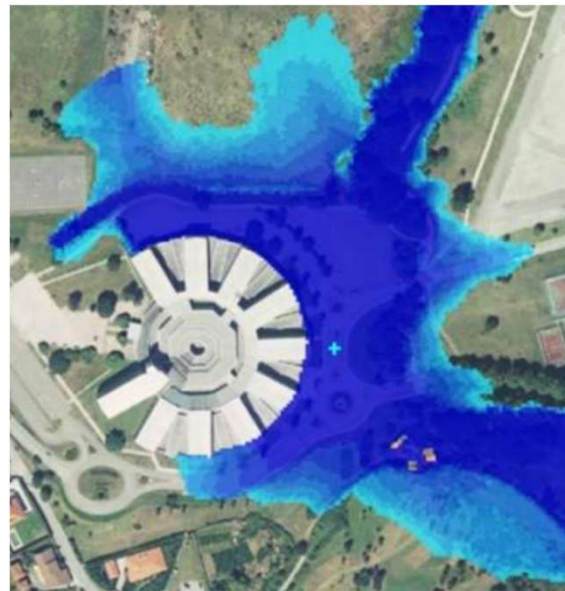
### PROCEDENCIA DEL AGUA DE INUNDACIÓN

- Desbordamiento
- Nivel freático
- Escorrentía
- Cubierta

**Peligrosidad T=10 (probabilidad alta, calado=1,70 m) y T=500 (baja, calado= 3,50 m). SNZCI.**



Peligrosidad por inundación fluvial T=10



Peligrosidad por inundación fluvial T=500



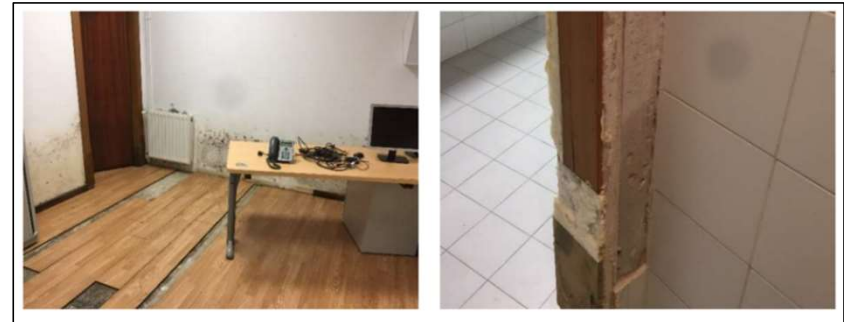
# EVITAR: EDIFICIO POLIVALENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN. (IV)

## DAÑOS CAUSADOS POR INUNDACIÓN JUNIO 2018

**DAÑOS EN PATINILLOS DE INSTALACIONES.**



**DAÑOS EN PAVIMENTOS, PARAMENTOS, PUERTAS E INSTALACIONES.**



**DAÑOS EN EL LABORATORIO DE  
TEORÍA DE LA SEÑAL E INGENIERÍA  
ELÉCTRICA.**

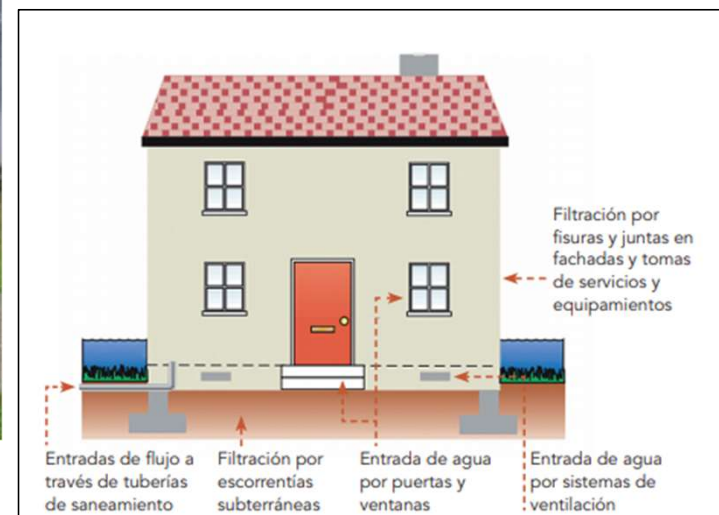




## EVITAR: EDIFICIO POLIVALENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN. (V)

### DIAGNÓSTICO. PRINCIPALES PUNTOS DE ENTRADA DE AGUA

- Huecos (puertas, ventanas, juntas y rejillas de ventilación).
- Red de saneamiento, debido a la ubicación de la acometida en zona inundable.
- Cámara bajo forjado sanitaria, (ascenso por presión a través de los patinillos de instalaciones)

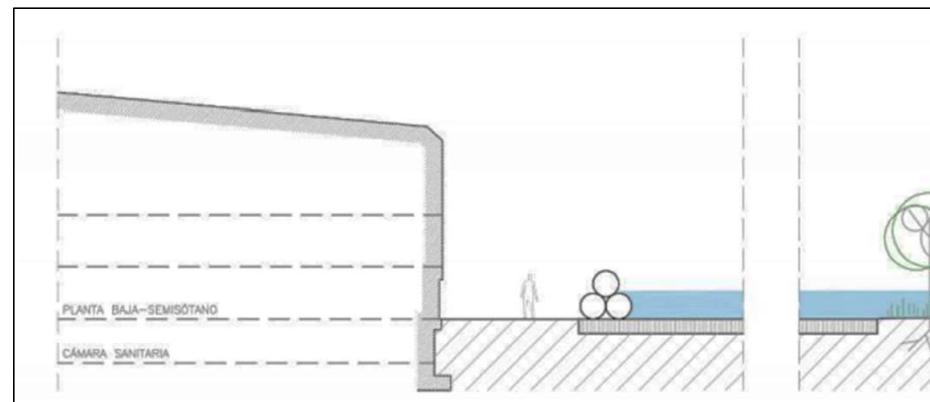
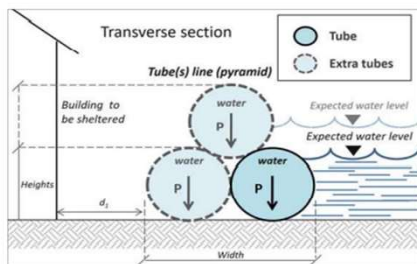
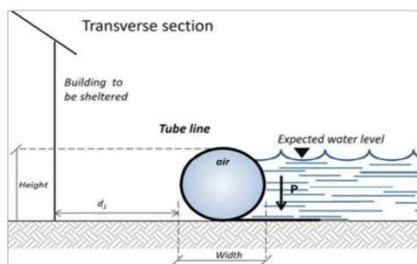


# EVITAR: EDIFICIO POLIVALENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN. (VI)

## MEDIDAS PARA EVITAR LA INUNDACIÓN. ALTERNATIVAS

### ALTERNATIVA1. BARRERAS TEMPORALES INFLABLES.

- Mayor ratio coste beneficio
- Exige una operativa en cada episodio

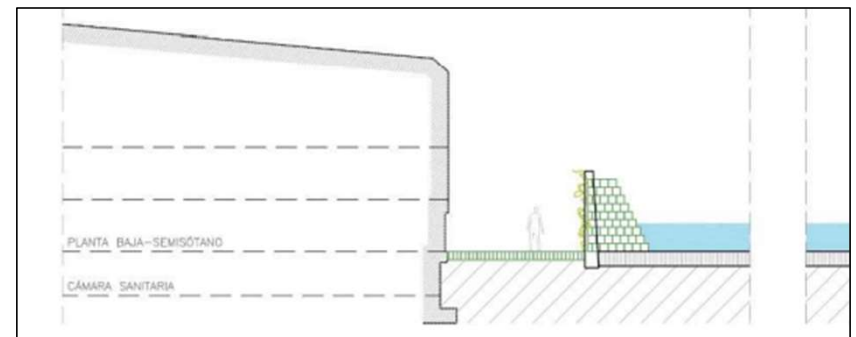


## EVITAR: EDIFICIO POLIVALENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN. (VII)

### MEDIDAS PARA EVITAR LA INUNDACIÓN. ALTERNATIVAS

#### ALTERNATIVA 2. BARRERA PERMANENTE INTEGRADA EN EL PAISAJE.

- Ratio coste beneficio intermedio
- Más seguro que la A1.
- Sujeto a tramitaciones mayores
- Puede afectar a la dinámica fluvial: estudios hidráulicos
- Necesita huecos de acceso que deben cerrarse con barreras temporales



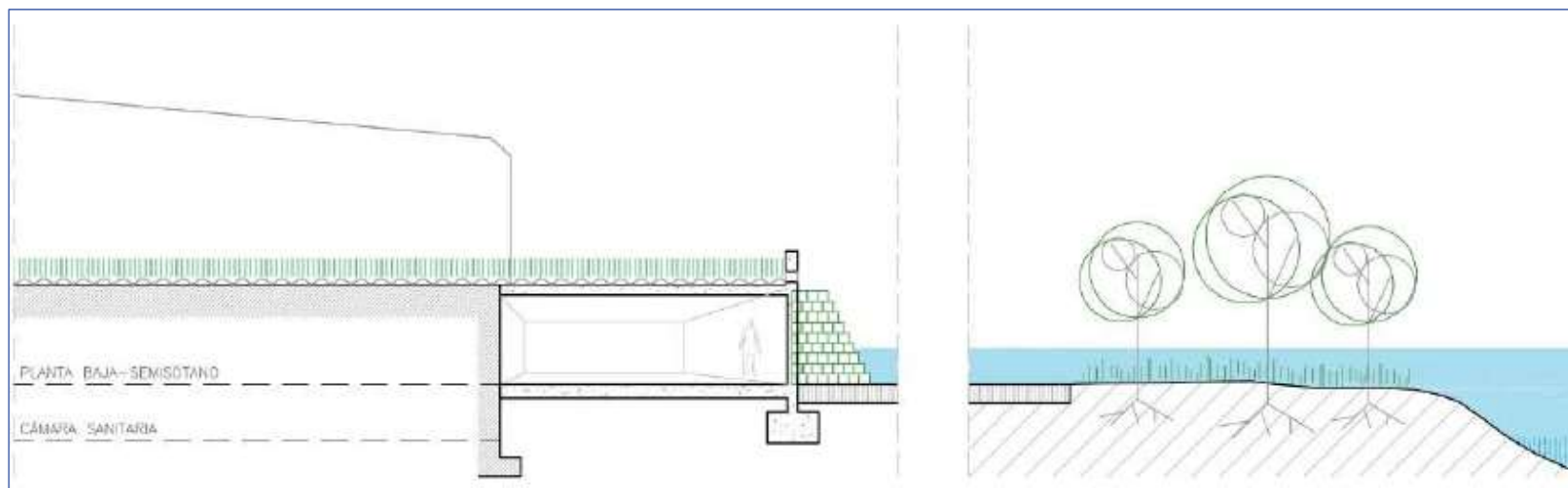


## EVITAR: EDIFICIO POLIVALENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE GIJÓN. (VIII)

### MEDIDAS PARA EVITAR LA INUNDACIÓN. ALTERNATIVAS

#### ALTERNATIVA 3. AMPLIACIÓN PERIMETRAL DEL EDIFICIO CON EDIFICACIÓN RESISTENTE.

- La menos rentable (la más costosa)
- Permitiría la implantación de tecnologías novedosas de referencia
- Edificación en ZFP: limitaciones a analizar

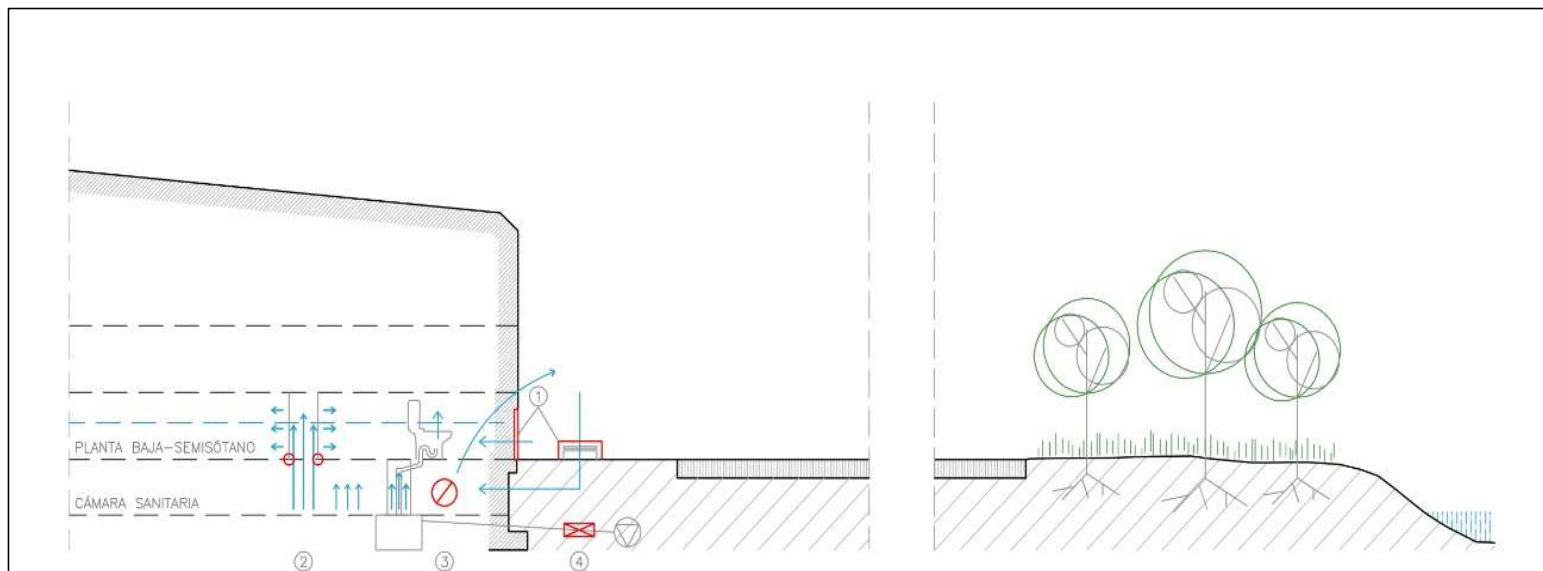


## EVITAR: EDIFICIO POLIVALENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN. (IX)

# MEDIDAS PARA EVITAR LA INUNDACIÓN. MEDIDAS ADICIONALES

### MEDIDAS PARA EVITAR LA ENTRADA DE AGUA POR SUBIDA DEL NIVEL FREÁTICO. MEDIDAS TIPO RESISTIR

- Sellado de los patinillos de instalaciones (1) mediante poliuretano, silicona o espumas expansivas
- Mejora de los sistemas permanentes de drenaje y bombeo (bombas de achique)(2).
- Sistemas antirretorno en la acometida de la red de saneamiento (3)



## PROBLEMÁTICA E INUNDACIONES HISTÓRICAS

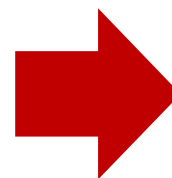
- Transformaciones del territorio efectuadas por la agricultura y el urbanismo.
- Precipitaciones más torrenciales: 8 de septiembre de 2018, episodio de mayor gravedad hasta el momento
- Episodios cada vez más frecuentes: inundaciones en agosto y noviembre de 2020

Las tormentas causan nuevas inundaciones en la localidad de Cebolla

- La provincia de Toledo registró una treintena de incidentes por el temporal



El arroyo ha inundado la calle Real de la localidad - CMM





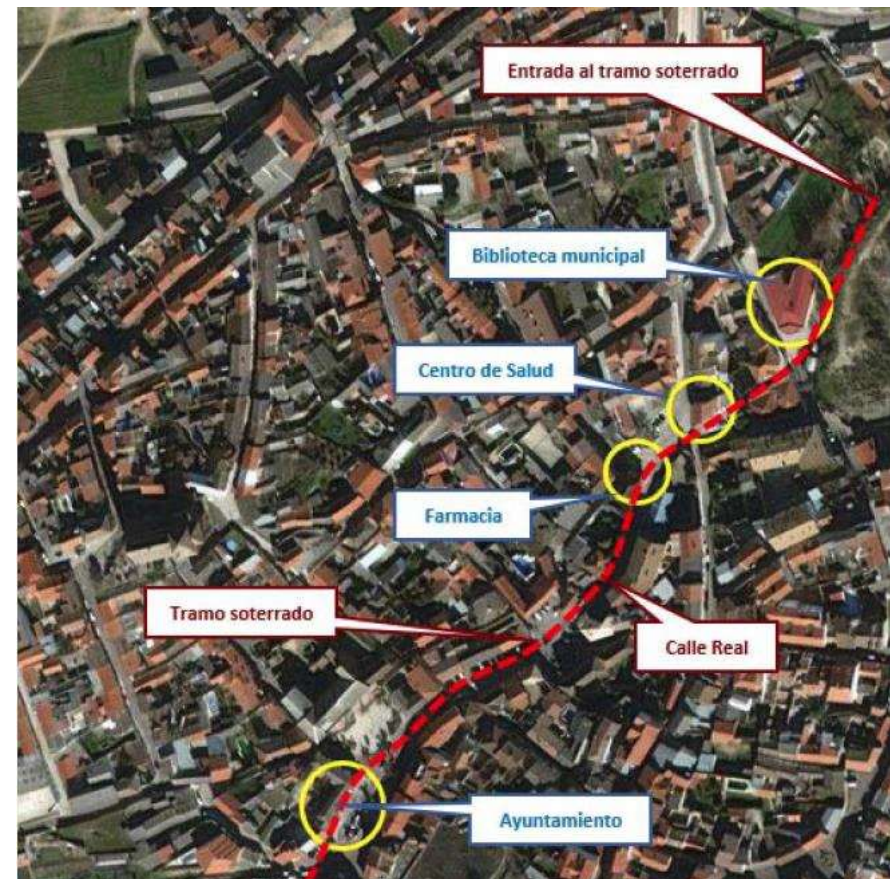
## SITUACIÓN ACTUAL

### A ESCALA HIDROLÓGICA:

Cuenca vertiente: predominancia de terrenos de cultivo de olivos e higueras con fuerte pendiente sin medidas de control de la escorrentía y la erosión

### A ESCALA URBANA:

- Entubamiento del arroyo Sangüesa en zona urbana
- Capacidad insuficiente
- Obstrucción frecuente



## PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN

- Fuerte pendiente
- Altas velocidades de circulación por la calle principal del núcleo

**Peligrosidad T=10 (probabilidad alta, calado=0,25 m) y T=500 (baja, calado= 0,50 m). SNZCI.**





## DAÑOS CAUSADOS POR INUNDACIÓN. AÑO 2018



**Ayuntamiento y Biblioteca Municipal**

**Farmacia y Centro de Salud**





## DIAGNÓSTICO. PRINCIPALES PUNTOS DE ENTRADA DE AGUA

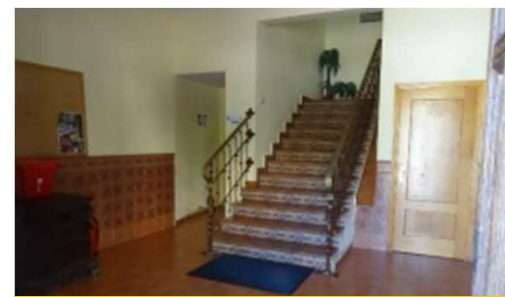
- Huecos (Puertas, ventanas, juntas y rejillas de ventilación).
- Red de saneamiento.



**Oficina de los Servicios Sociales  
de Atención Primaria.**



**Fachada a Plaza del  
Ayuntamiento.**



**Vestíbulo de acceso  
Ayuntamiento.**



**Hogar del Jubilado.**



**Fachada a Calle Real.**

## MEDIDAS PARA RESISTIR LA INUNDACIÓN. ALTERNATIVAS

### ALTERNATIVA 1. BARRERAS TEMPORALES FLOODGATE®.

- Coste reducido
- No precisan obra
- Fácil manejo
- Cota de inundación <1m por lo que son adecuadas



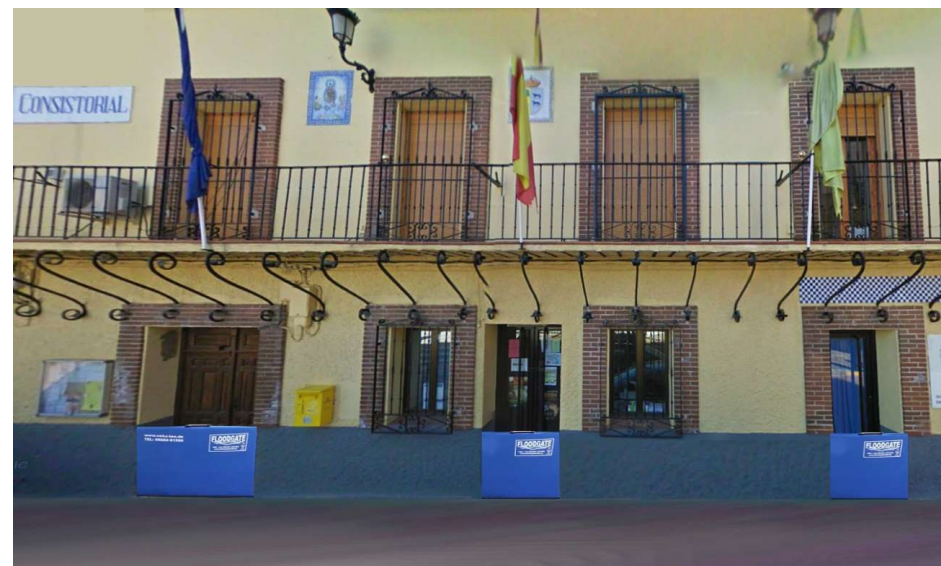
Tipo	Alto	Ancho
EXTRA SMALL	68 cm	68-77 cm
STANDARD		77-96 cm
REGULAR		87-105 cm
MEDIUM		97.5-117.5 cm
LARGE		117.5-140.5 cm
XL		135-158 cm
XXL	150-173 cm	

## MEDIDAS PARA RESISTIR LA INUNDACIÓN

### BARRERAS TEMPORALES FLOODGATE®.



Propuesta de instalación de barreras tipo FLOODGATE®, en el Ayuntamiento de Cebolla.

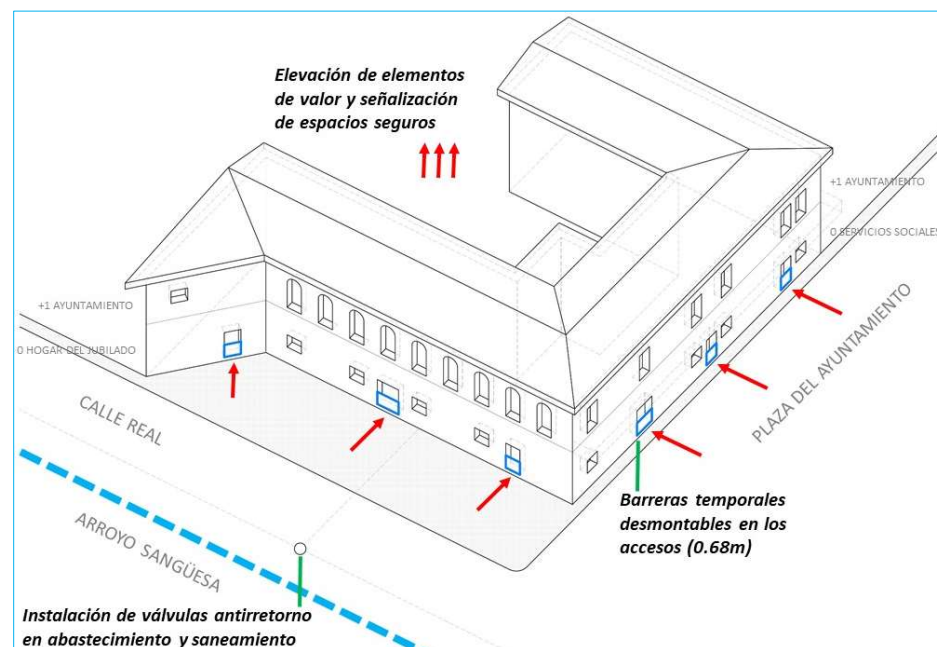




## MEDIDAS PARA EVITAR LA INUNDACIÓN. MEDIDAS ADICIONALES

### MITIGACIÓN DE DAÑOS EN EL EQUIPAMIENTO EN PREVISIÓN DE REBOSAMIENTO

- Elevación de elementos esenciales
- Creación de espacios seguros
- Válvulas antirretorno
- Sistemas de achique
- Tratamientos impermeabilizantes en paredes y puertas

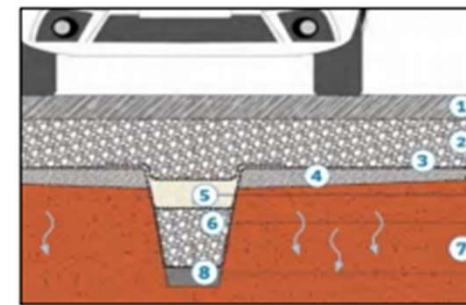




## MEDIDAS ADICIONALES: SUDS

### SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLES (SUDS)

- - Aumento de permeabilidad de la superficie
  - Reducción de caudales en punto final de vertido
  - Mejorar de la calidad del agua que se vierte al medio natural



1. Pavimento drenante de hormigón poroso
2. Sub-base de gravas
3. Geotéxtil filtrante
4. Gravas compactadas
5. Arena de sílice
6. Relleno de gravas en canal de recogida
7. Terreno natural
8. Solera de hormigón en canal de recogida



Zanjas de Infiltración.



Jardines de Lluvia.



Pavimento permeable.

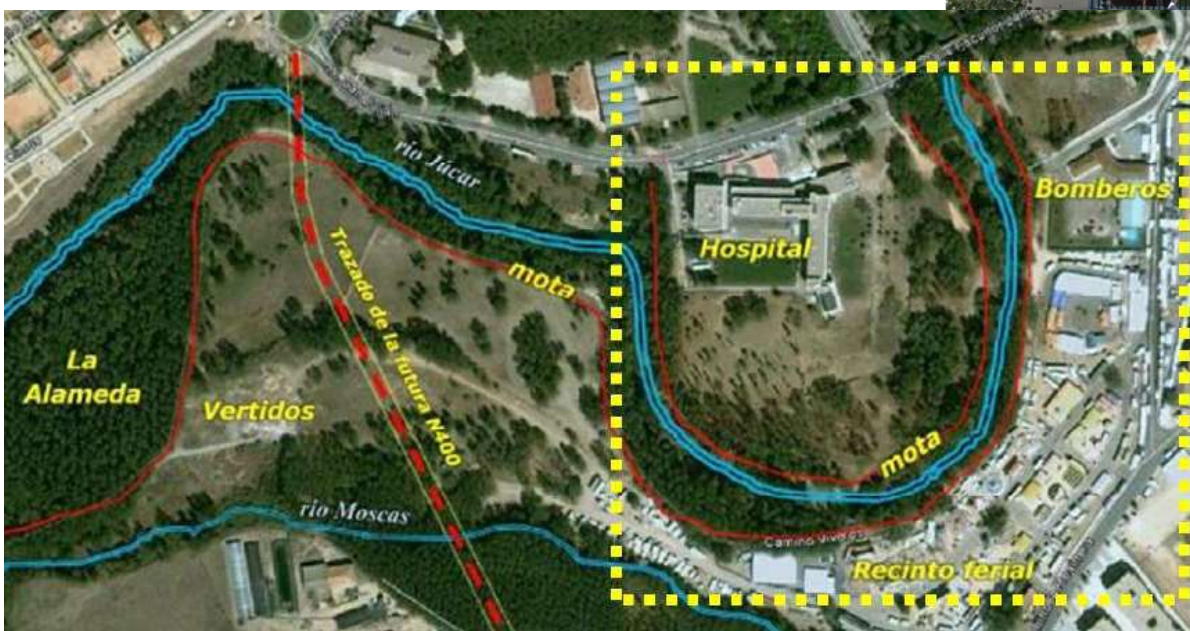
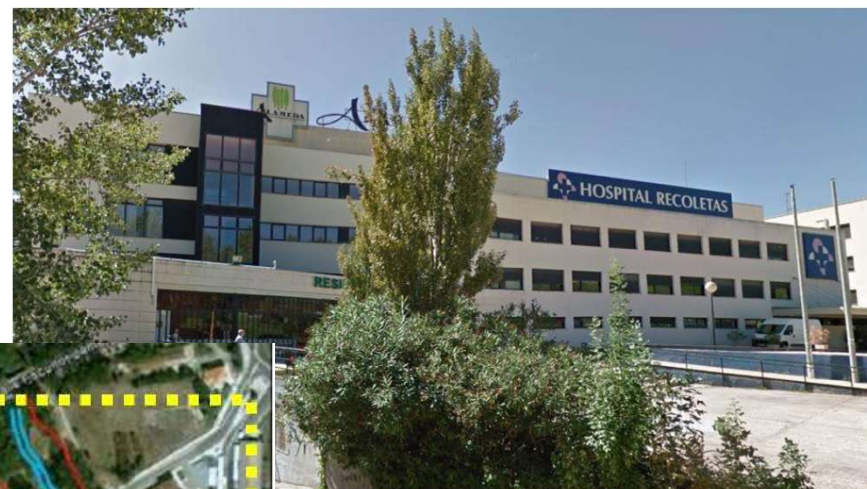




## TOLERAR: EDIFICIO HOSPITALARIO-RESIDENCIAL. CUENCA (I)

### PROBLEMÁTICA

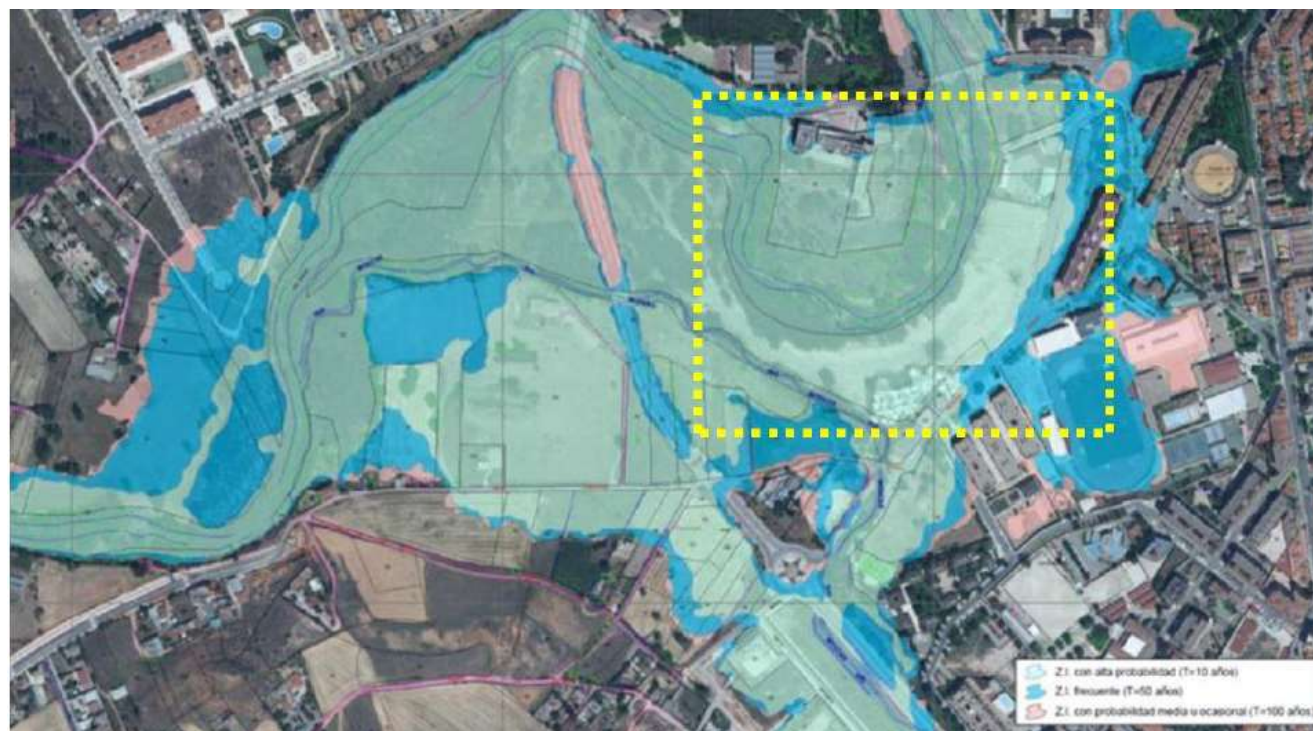
- Situado en un meandro del río Júcar frecuentemente afectado por inundaciones
- Edificio de gran vulnerabilidad en ZFP.





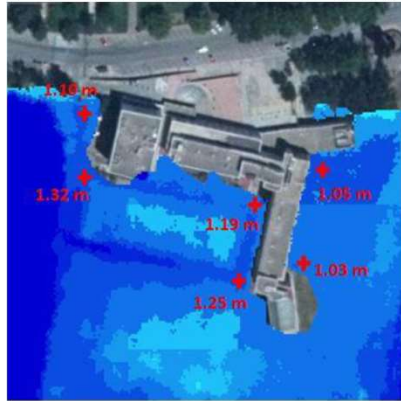
### SITUACIÓN ACTUAL

- Existe un proyecto de disminución del riesgo de inundación y recuperación ambiental de los ríos Júcar y Moscas que mejorarían sensiblemente la situación
- Se pretende complementar con el aumento de la resiliencia del edificio





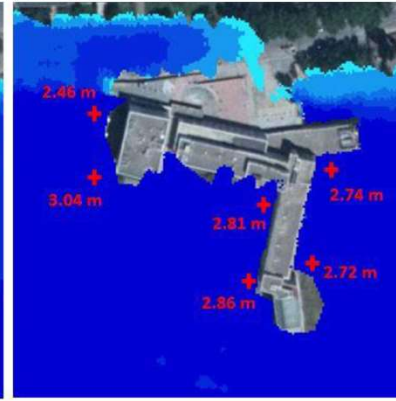
## PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN



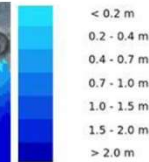
Peligrosidad por inundación fluvial T=10



Peligrosidad por inundación fluvial T=100

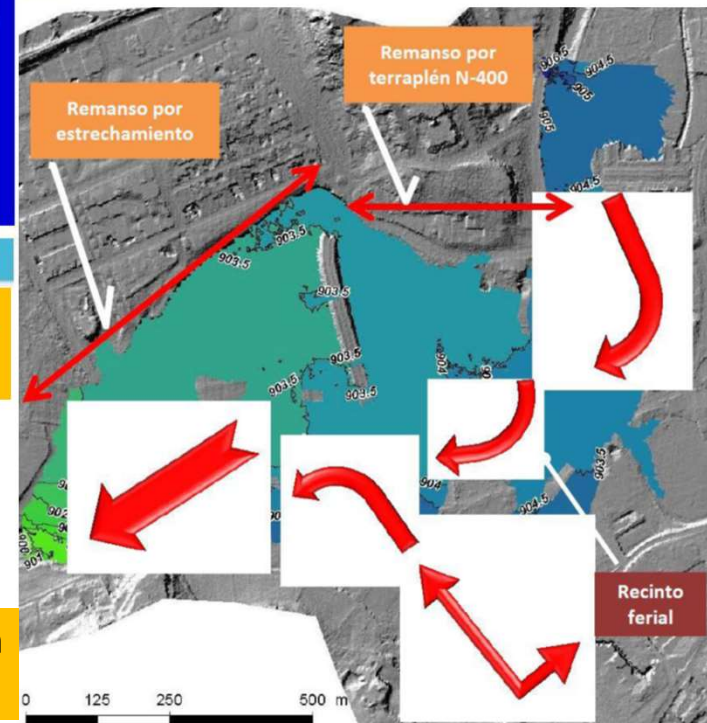


Peligrosidad por inundación fluvial T=500



Peligrosidad máxima en el entorno de l edificio T=10 (probabilidad alta, calado=1,03 m) y T=500 (baja, calado= 3,04 m). SNZCI.

Peligrosidad T 25 años de periodo de retorno en parcela de 1.50 m según modelización del proyecto de disminución del riesgo





### DIAGNÓSTICO. PRINCIPALES PUNTOS DE ENTRADA DE AGUA

- Huecos (Puertas, ventanas, rampas de acceso a sótanos y rejillas de ventilación).
- Depósitos de combustibles que necesitan ser protegidos



Depósitos de gasoil se van a retirar, depósitos de oxígeno deben protegerse



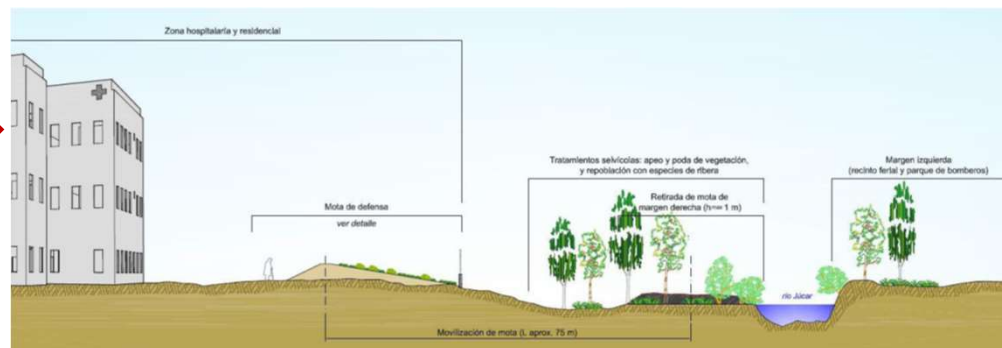


## ESTRATEGIA COMBINADA

La estrategia **PROTEGER** conlleva una convivencia agua-usuarios, por lo que es poco frecuente que exista por sí sola sino que coexista con otras estrategias

Estrategia combinada

- **Evitar:** reducción de peligrosidad con actuación en motas
- **Resistir:** cierre de huecos
- **Tolerar:** reorganización y protección de elementos



Retranqueo de mota



Barreras temporales en rampas



Muretes de protección de rejillas



## ESTRATEGIA COMBINADA: TOLERAR

- Instalación de válvulas anti-retorno en cada acometida
- Traslado del Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) y de recintos de CT y GE a plantas superiores (por encima de cota 904)
- Traslado de aparatos de clima de quirófanos y demás instalaciones vitales por encima de cota de inundación
- Instalación de detectores de inundación y avisadores en sótanos
- Elevación del depósito de oxígeno (o protección)



Depósito de oxígeno



Cuadro eléctrico



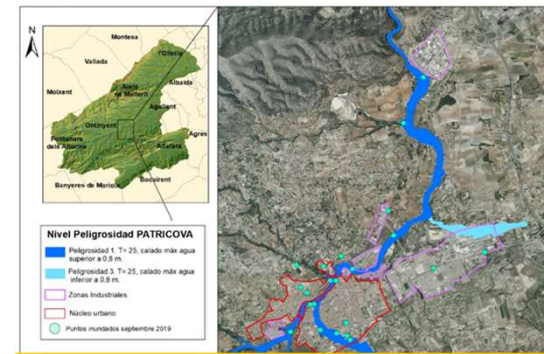
Centro de transformación



## RETIRAR: ONTINYENT (COMUNITAT VALENCIANA). (I)

### PROBLEMÁTICA E INUNDACIONES HISTÓRICAS

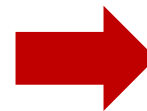
- Ontinyent: municipio cruzado por el río Clariano
- Inundaciones destacables durante los años 1968, 1982, 2007, 2016 y 2017, siendo la última de gran importancia en septiembre de 2019
- Torrencialidad de las precipitaciones
- Fuerte ocupación urbanística en zonas inundables
- Gran impacto social de las inundaciones



Mapa de puntos inundados 12-13 de septiembre del 2019 y áreas de peligro del PATRICOVA (Plan de acción territorial de carácter sectorial sobre prevención del riesgo de inundación en la Comunitat Valenciana).

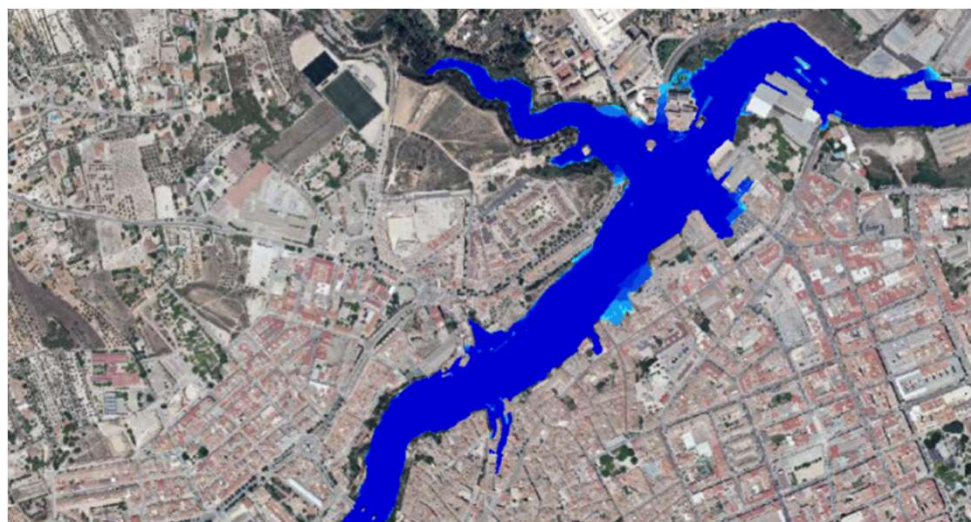


Barrio de Canterería





## PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN



**PELIGROSIDAD T 500 ( Calado >2 m).  
BARRIO DE CANTERERÍA. SNZCI.**

**Afección significativa al frontal de casas en la  
ribera del río**



**Mapa de riesgo a las actividades económicas  
BARRIO DE CANTERERÍA. SNZCI.**





## DAÑOS CAUSADOS POR INUNDACIÓN. AÑO 2019

**BARRIO DE CANTERERÍA.  
DESBORDAMIENTO RÍO CLARIANO.  
SEPTIEMBRE 2019.**



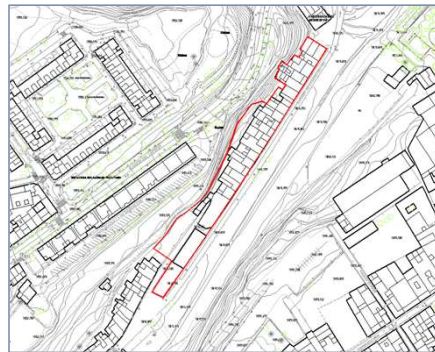
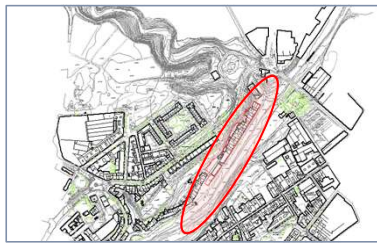
**CARRETERAS CV 652, CV 655, CV 650, AVINGUDA  
TÈXTIL, CAMÍ VELL DE XÀTIVA, CANTERERIA,  
CARRIL, ALTET A CLARIANA, CAMÍ VELL  
D'AGULLENT.**





## ESTRATEGIA RETIRAR

- Acuerdos Ayuntamiento-afectados
- Adquisición de viviendas afectadas en Canterería
- Futura demolición y construcción de parque fluvial inundable



**LAS MEDIDAS TIPO **RETIRAR**  
EXIGEN GRANDES ACUERDOS  
PERO PUEDEN SUPONER  
GRANDES BENEFICIOS**





## CONCLUSIONES

**LA MEJORA DE LA RESILIENCIA IMPLICA LA SELECCIÓN DE UNA ESTRATEGIA PRINCIPAL. SIN EMBARGO PARA OBTENER RESULTADOS ÓPTIMOS, ES NECESARIO COMBINAR MEDIDAS DE LAS DIVERSAS ESTRATEGIAS DENTRO DEL DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN GLOBAL**



**SINERGIA DE  
ESTRATEGIAS**



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**

