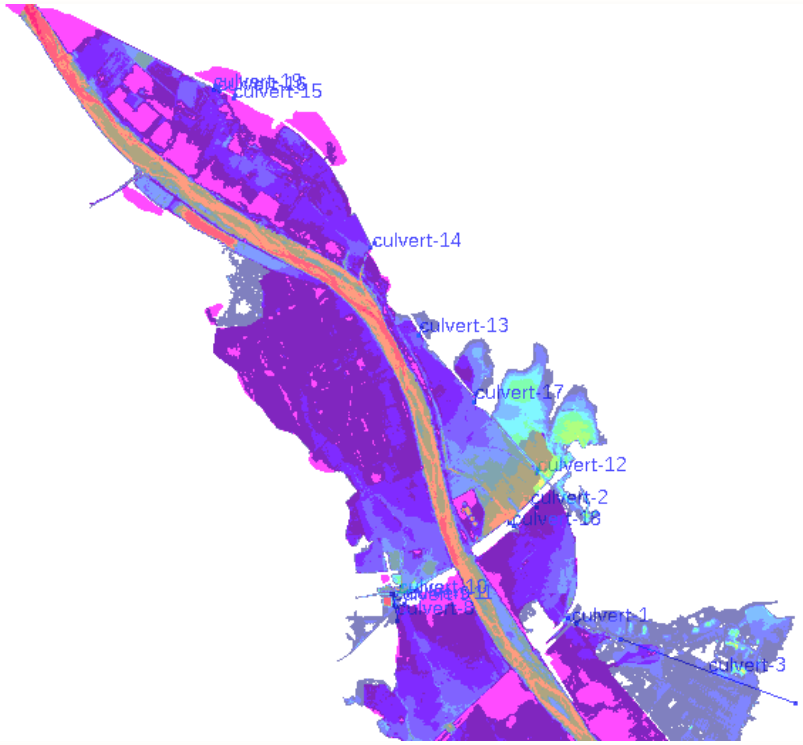
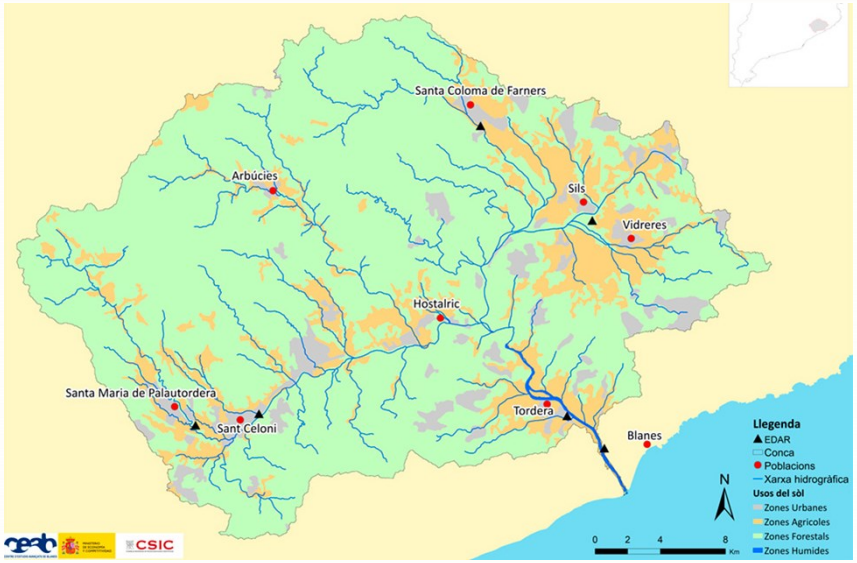
ANÁLISIS DE LA INUNDABILIDAD DEL TRAMO FINAL DE LA TORDERA; CONSIDERANDO LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE Y EFECTOS DEL MATERIAL LEÑOSO, EN BASE A LAS AFECCIONES DEL TEMPORAL GLORIA



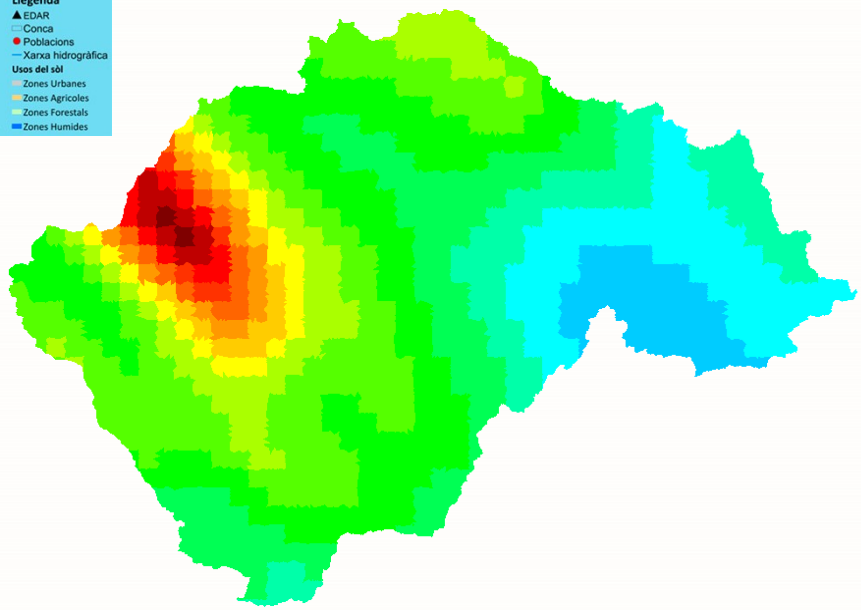
ERNEST BALDÉ Y CASTELLET MARCOS SANZ-RAMOS

INSTITUTO FLUMEN – CIMNE-UPC BARCELONA TECH

La Cuenca de La Tordera



876 Km2



El Gloria (19 a 23/1/2020) en la Cuenca de La Tordera

El Gloria (19 a 23/1/2020) en la Cuenca de La Tordera

Objetivos

APRENDER DE LO OCURRIDO

Objetivos

1. **Análisis hidrológico-hidráulico** de la inundación producida durante el episodio, y **estimación** mediante modelo matemático **de los caudales** circulantes en la parte baja de la cuenca.

2. Estudio del **efecto en la inundabilidad de los puentes caídos**, y caracterización del flujo en la proximidad de los mismos.

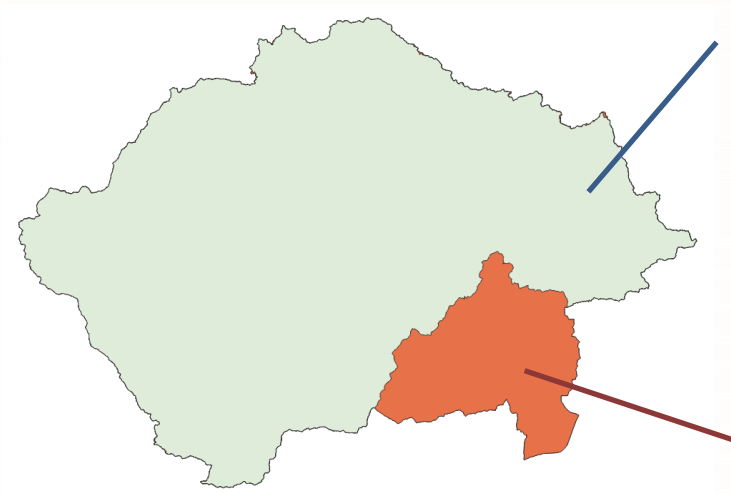
3. C**aracterización de la hidrodinámica de la rotura de motas** durante el episodio, y efecto sobre la inundabilidad de esta rotura.

4. Estimación de la **capacidad del río para transportar material leñoso**, y de la acumulación de éste en los puntos singulares, en especial el puente y e**fecto del transporte y acumulación del material** leñoso en los niveles y peligrosidad de la inundación.

5. **Causas para la caída de los puentes.**

Análisis hidrológico-hidráulico

División en subcuencas:

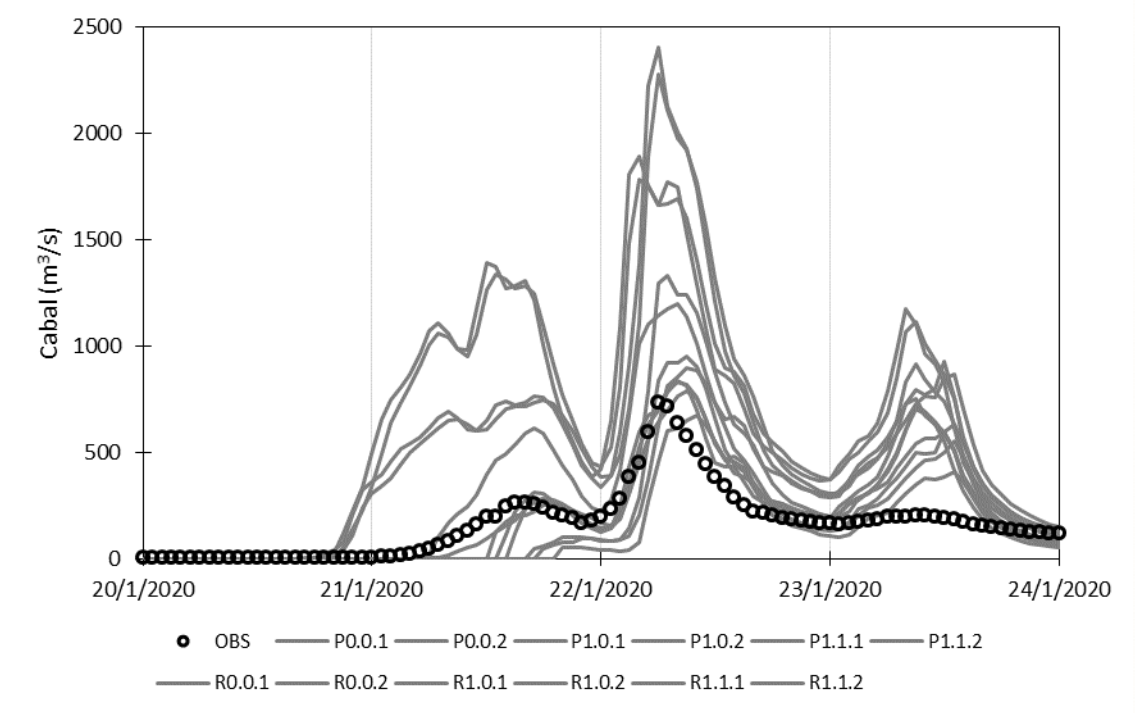


Datos meteorológicos:

- Pluviómetros SMC (portal Transparencia CAT)
- Pluviómetros ACA (Sant Celoni, Fogars de la Selva)
- Radar+Pluvio SMC (SMC a través del ACA)

Análisis hidrológico-hidráulico

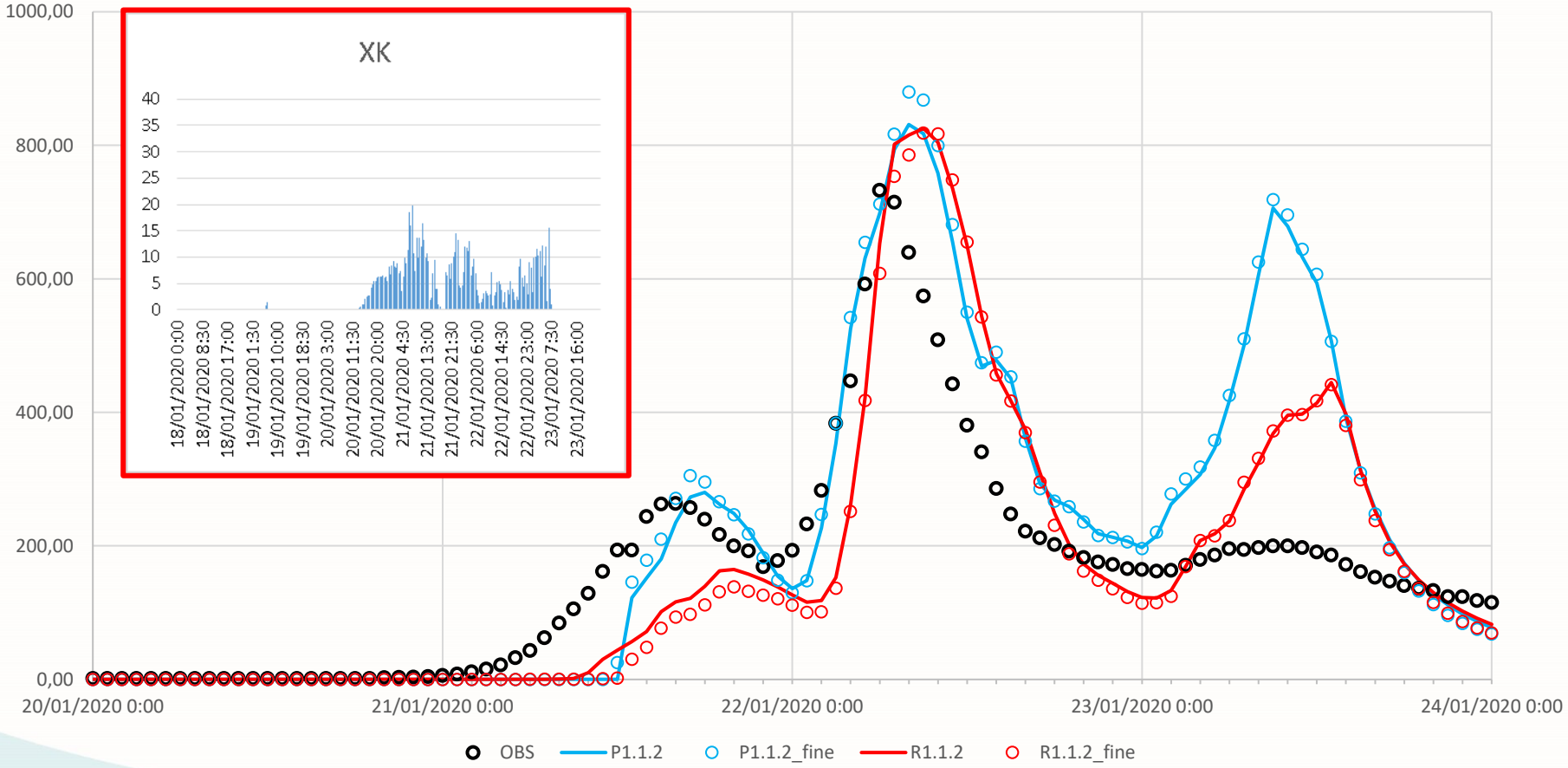
- Modelización integrada hidrológica e hidráulica
- Modelo Hidrológico distribuido



Análisis hidrológico-hidráulico

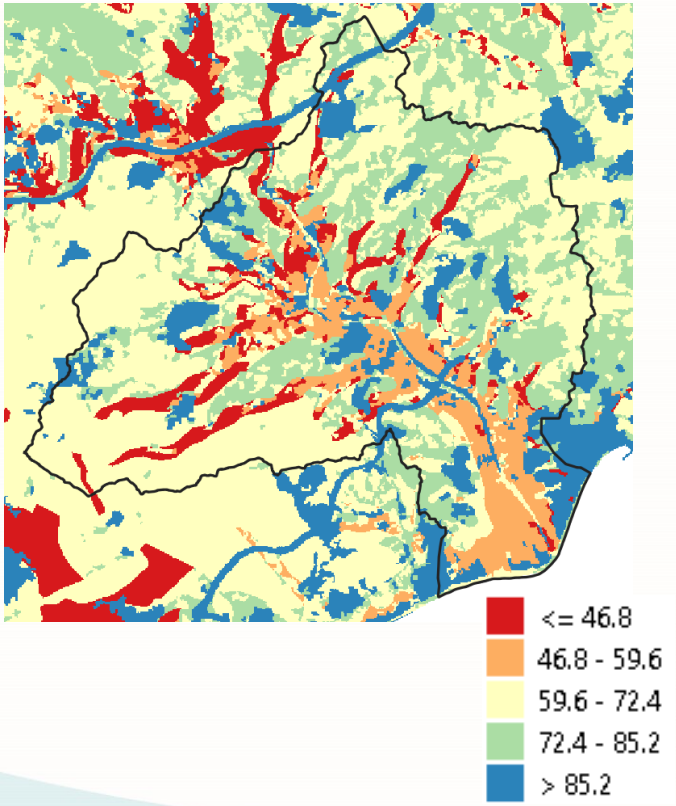
Cuenca alta

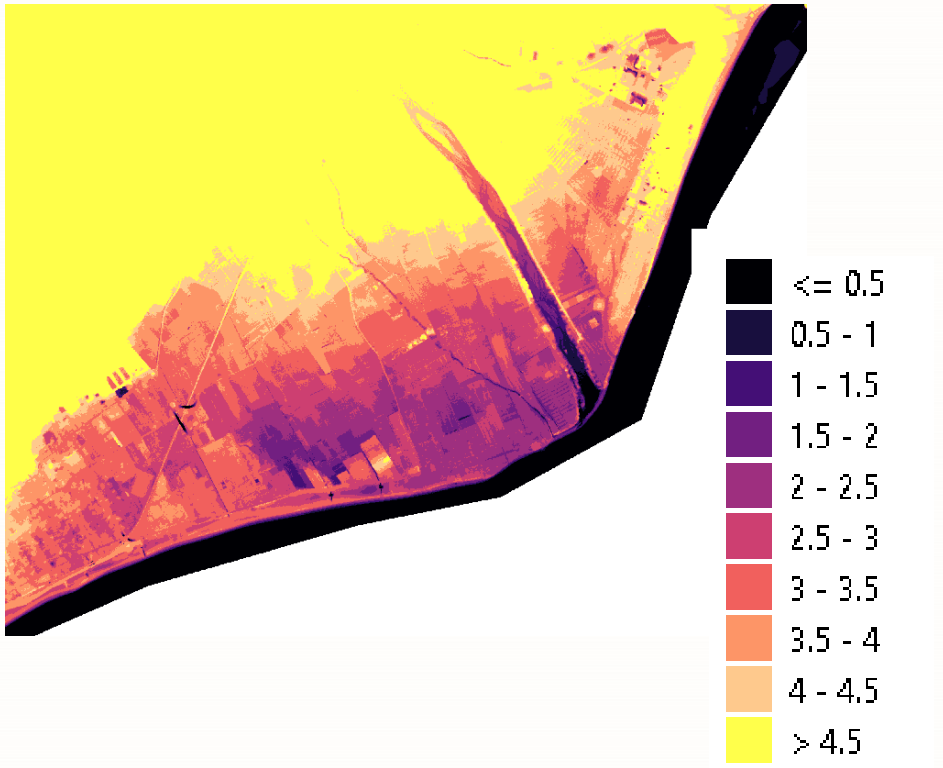
- Tercer pico más acusado que el registrado (pero plausible)



Análisis hidrológico-hidráulico

- ✓ **Subestimación inicial de los parámetros de pérdidas por infiltración:**La parte baja relativamente urbanizada
- ✓ Barra litoral. Su efecto se extiende por toda la llanura aluvial de la desembocadura de La Tordera





Análisis hidrológico-hidráulico

Modelo **de detalle de la parte baja. Calibración**

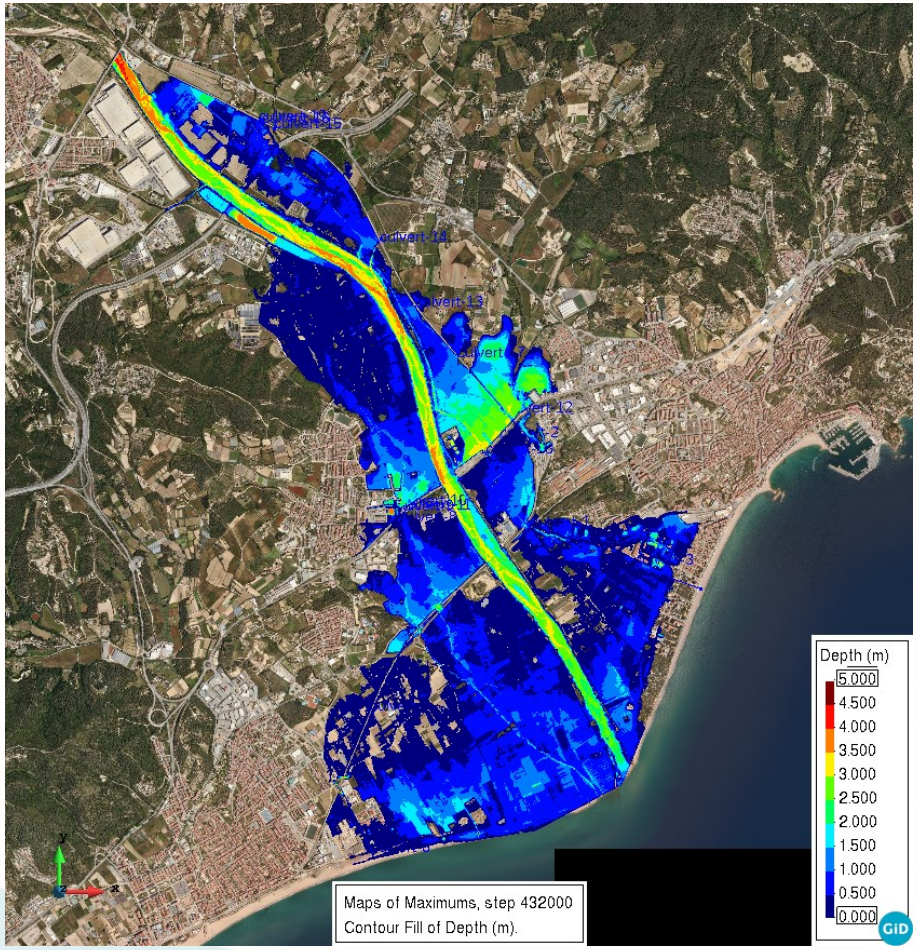
1. *Hidrograma entrante procedente de la simulación hidrológica*
2. *La aportación de la subcuenca Fogars-desembocadura) incrementa el volumen de la avenida →representa el 12,3% de la cuenca*

✓ Ajuste mediante los límites claros de la inundación en la parte baja:

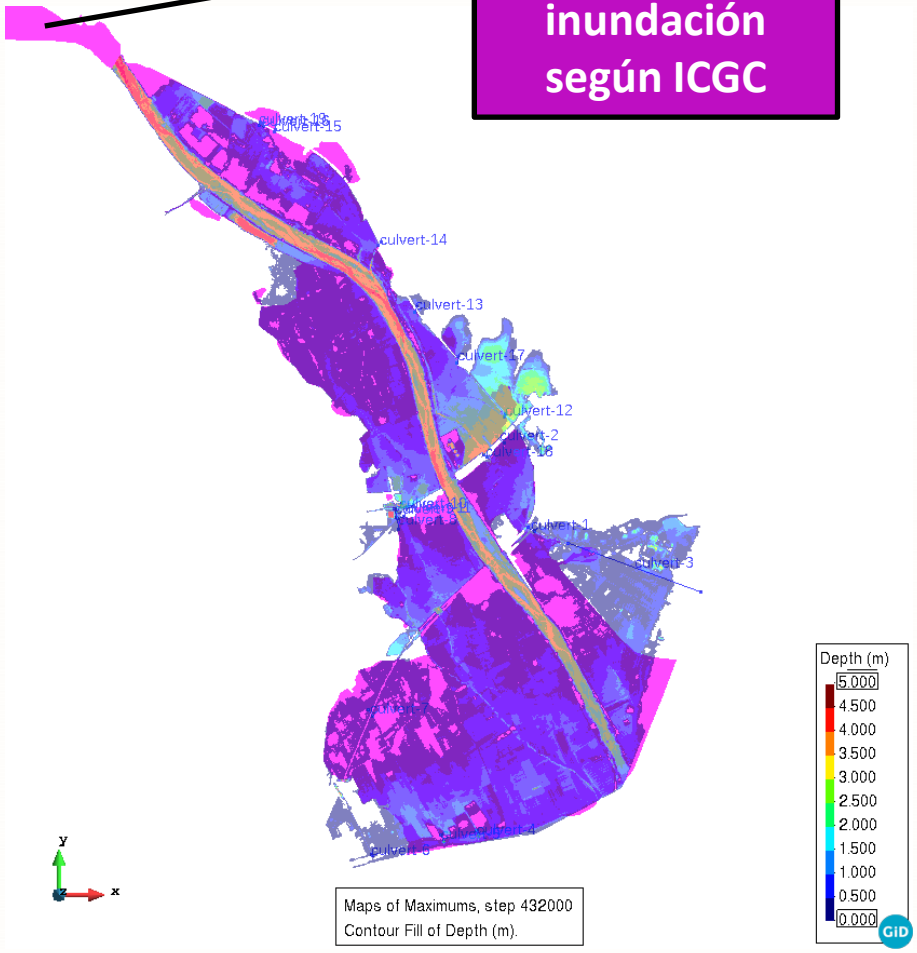
trabajos ICGC + fotointerpretación + criterio hidráulico

Análisis hidrológico-hidráulico

- Mancha de inundación obtenida con Iber:

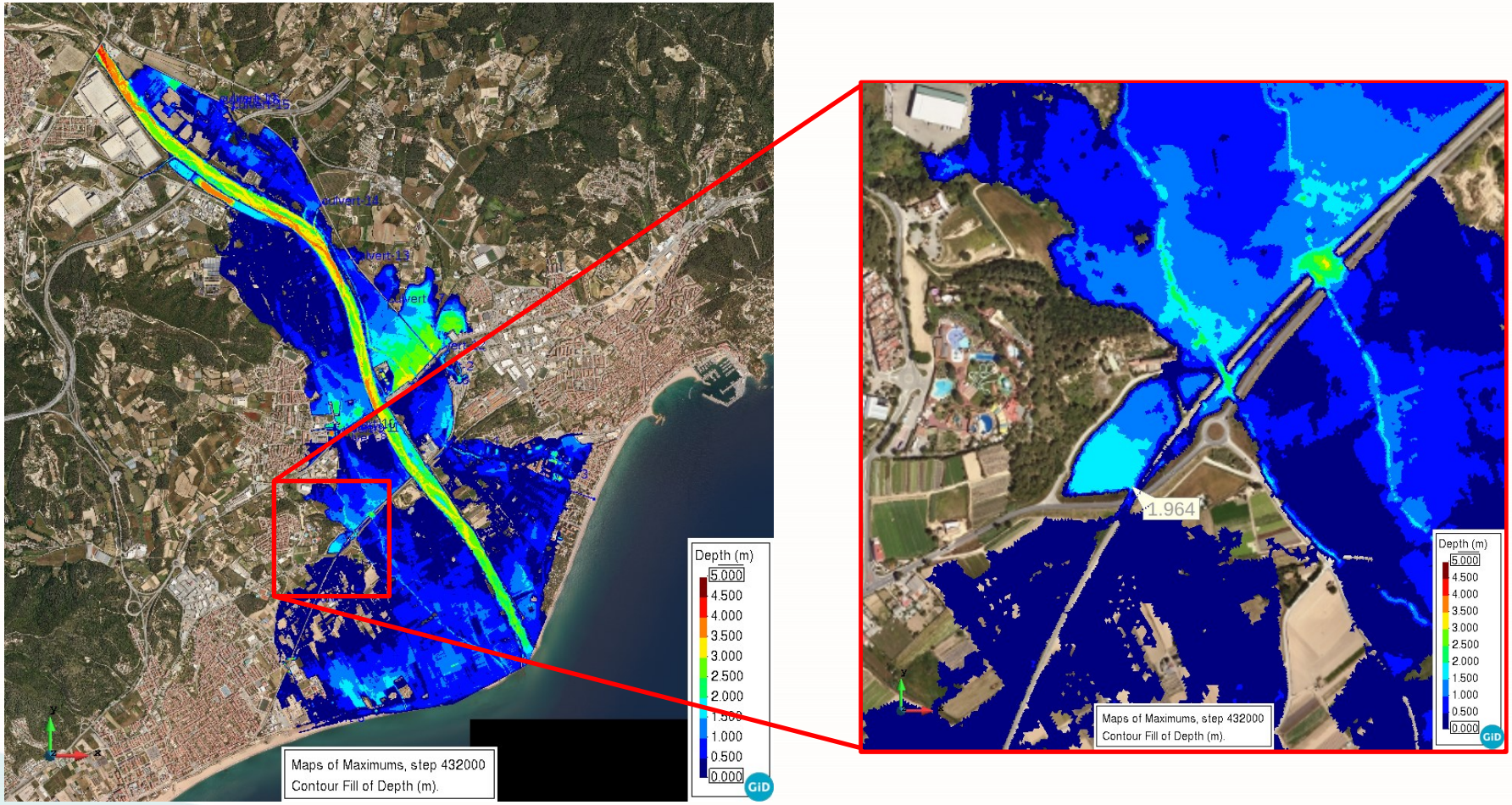


Mancha de inundación según ICGC



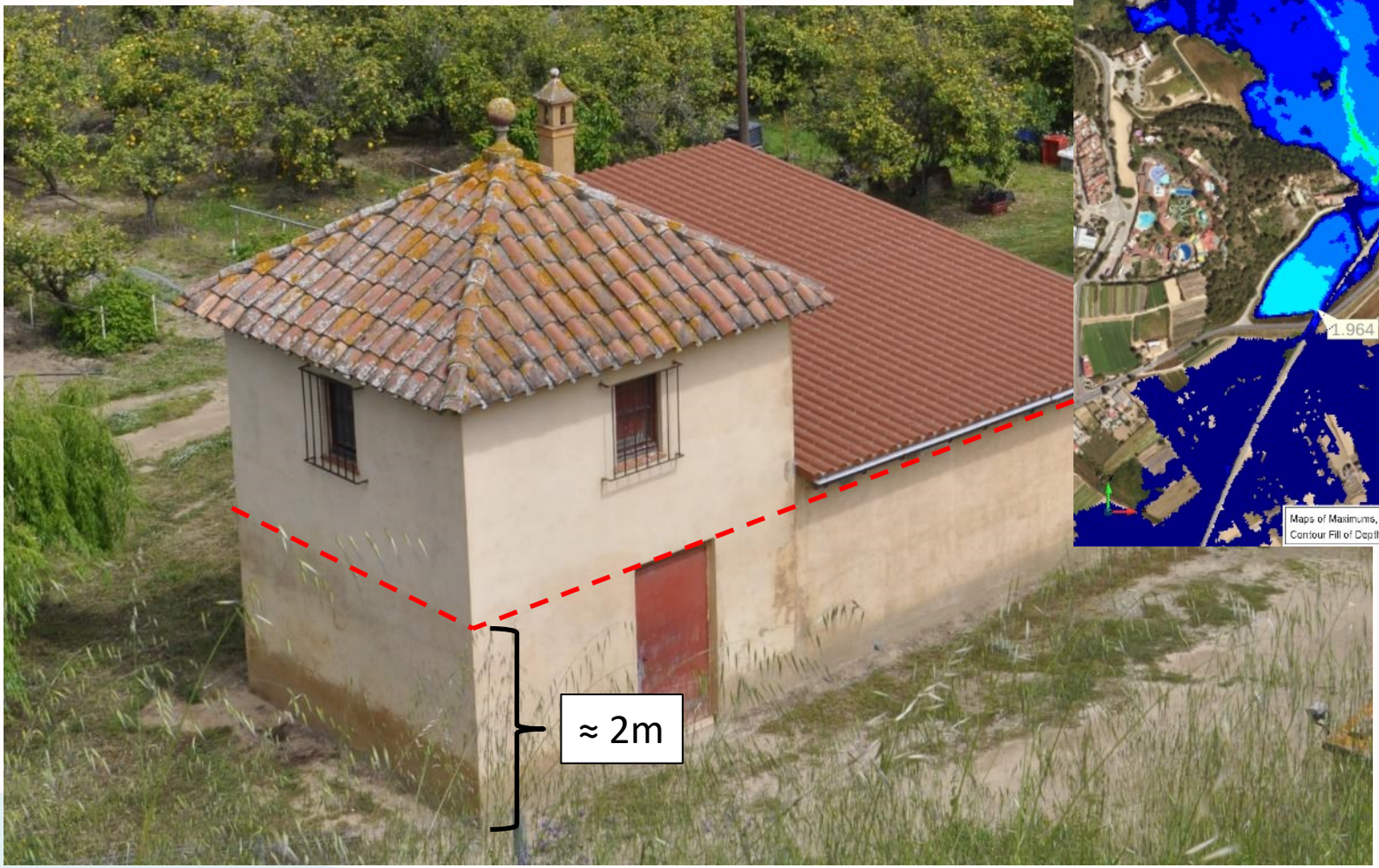
Análisis hidrológico-hidráulico

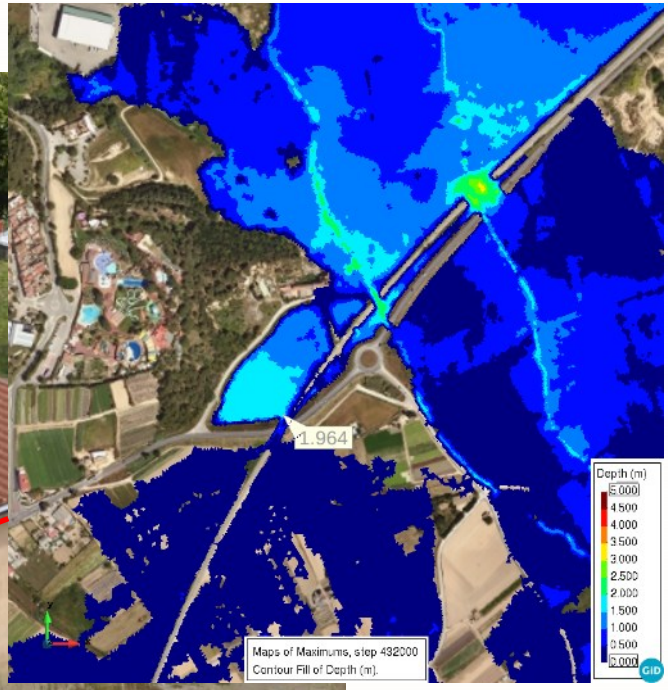
- Mancha de inundación obtenida con Iber:



Análisis hidrológico-hidráulico

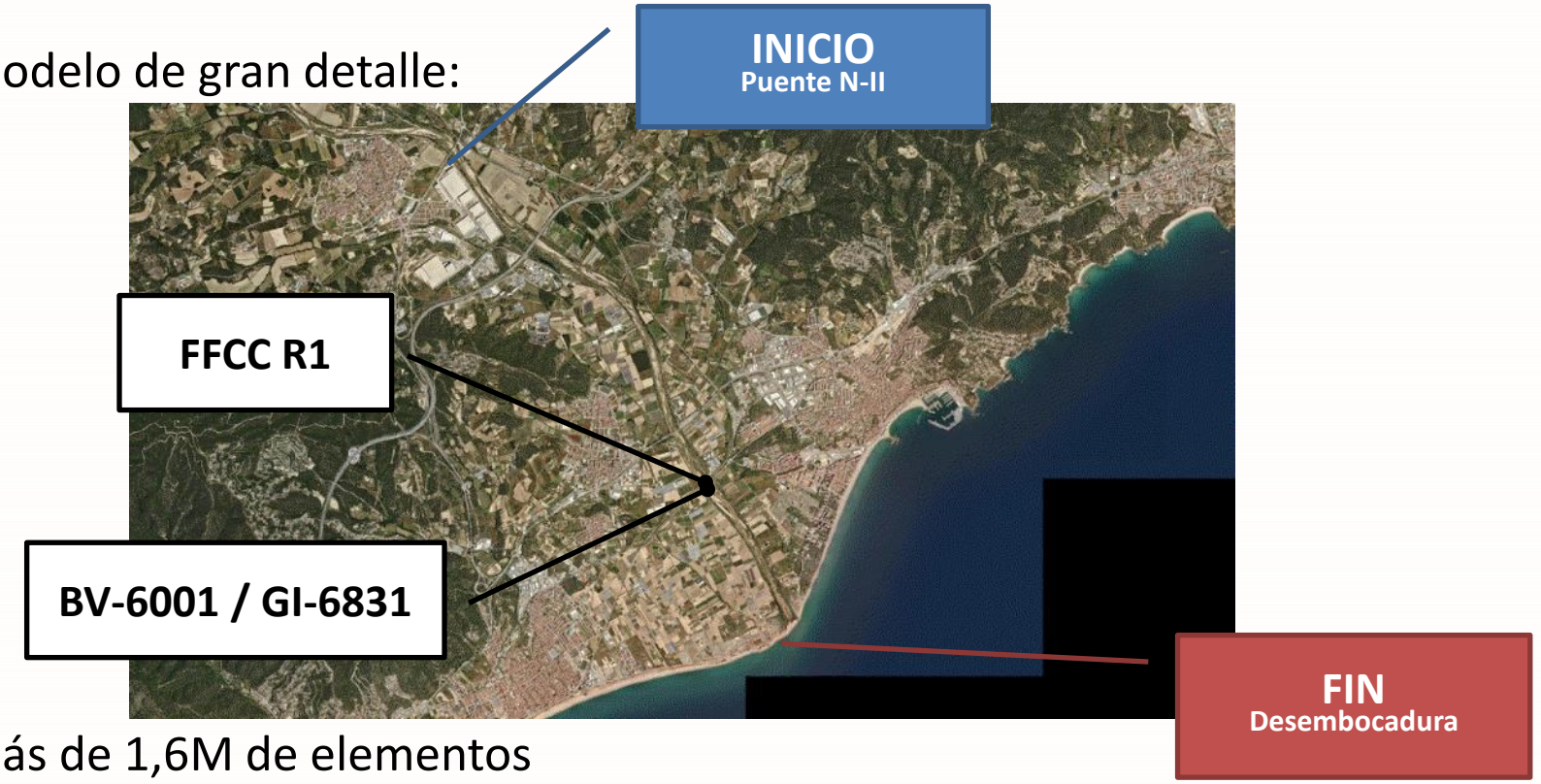
- Mancha de inundación obtenida con Iber:





Efectos sobre los puentes

- Modelo de gran detalle:



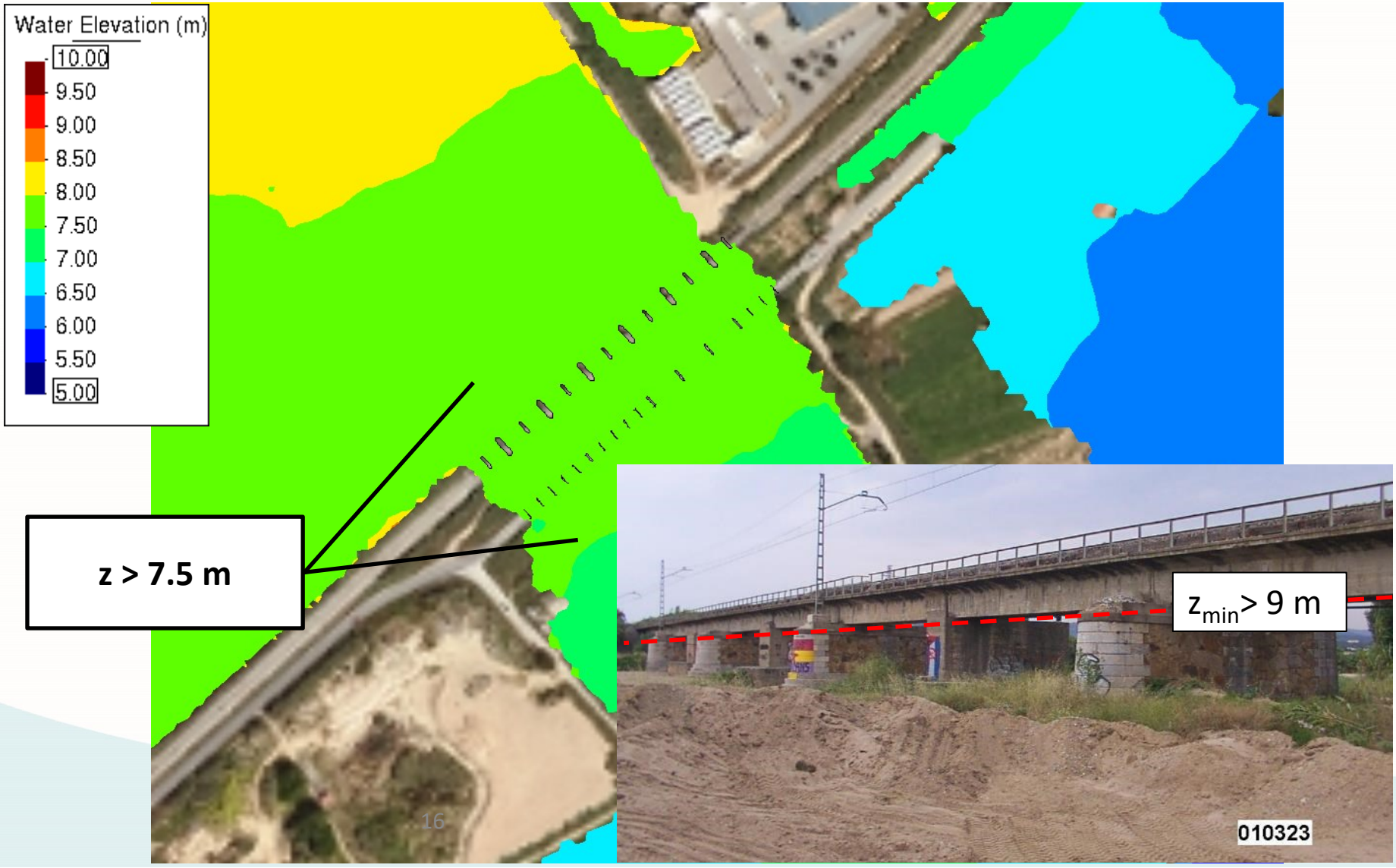
- Más de 1,6M de elementos

MDT 2x2m ICGC

Estructuras ACA + elaboración propia en base a topografía 1:000 y visita a campo

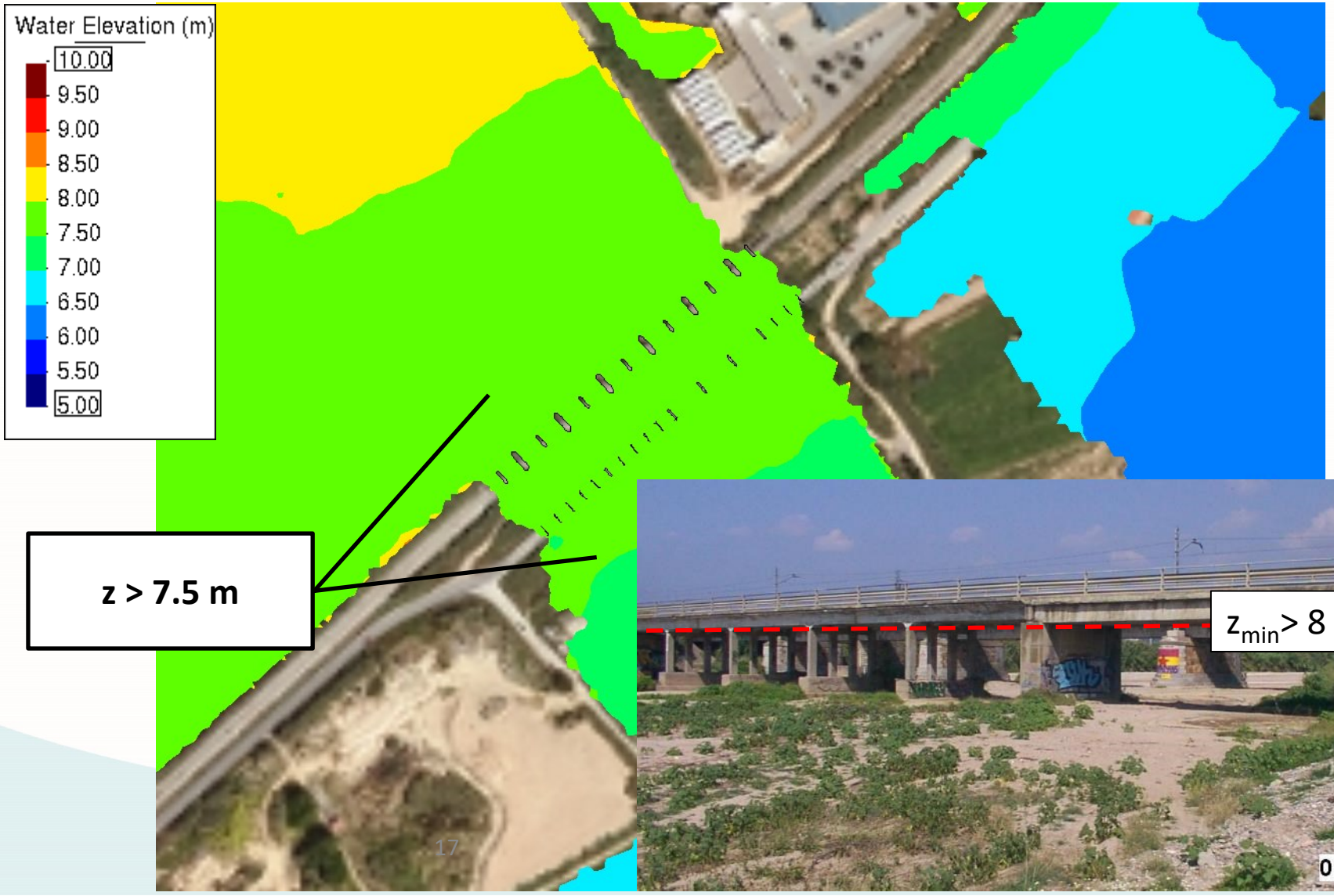
Efectos sobre los puentes

- máxima cota (FFCC R1)



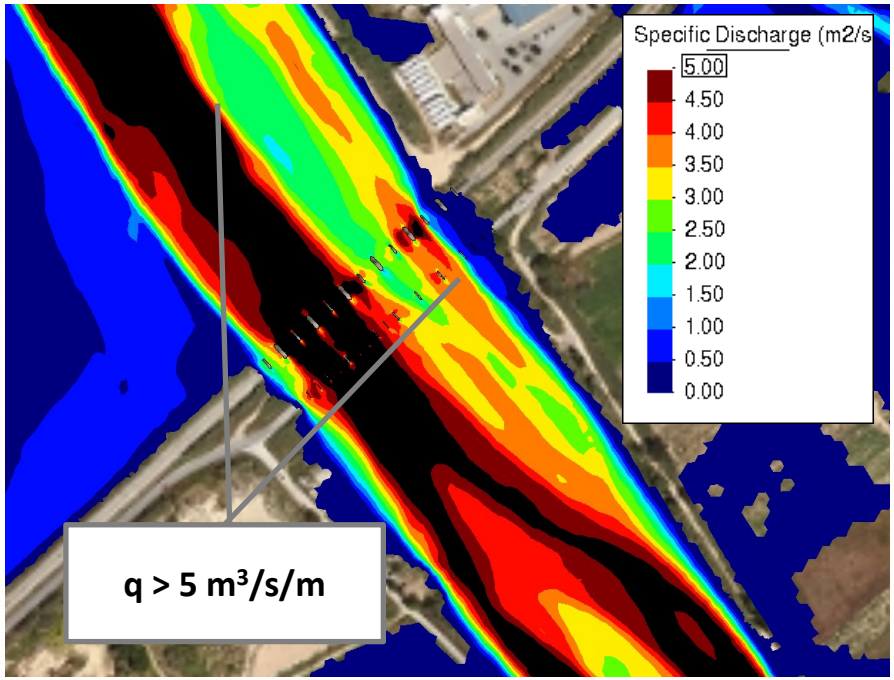
Efectos sobre los puentes

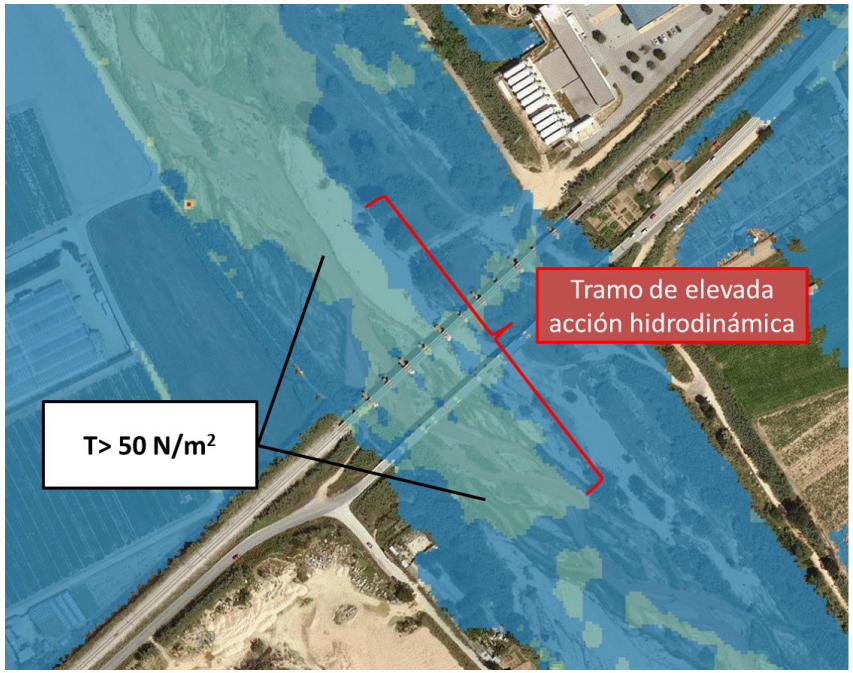
- máxima cota (BV-6001 / GI-6831)



Efectos sobre los puentes

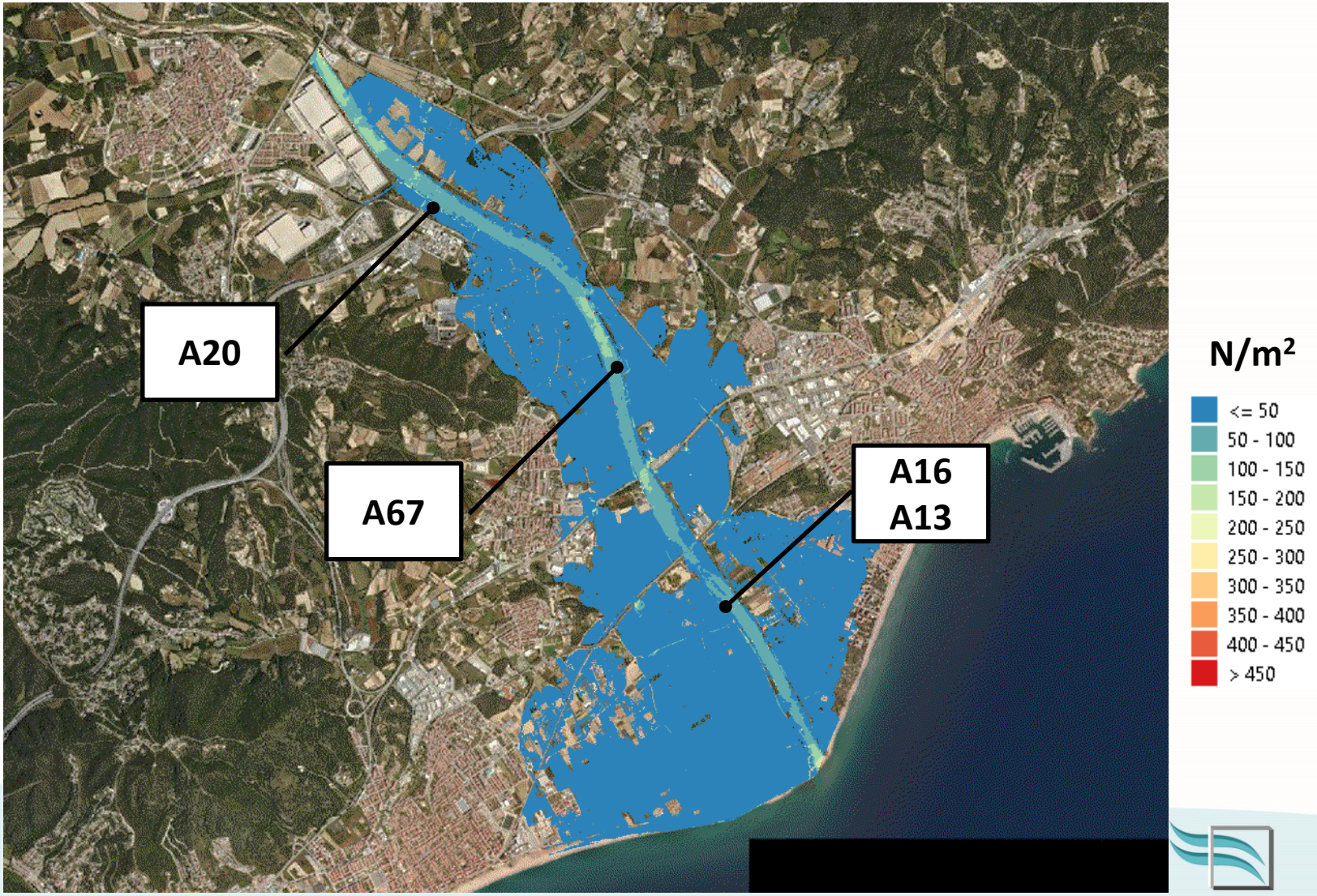
máximo caudal específico





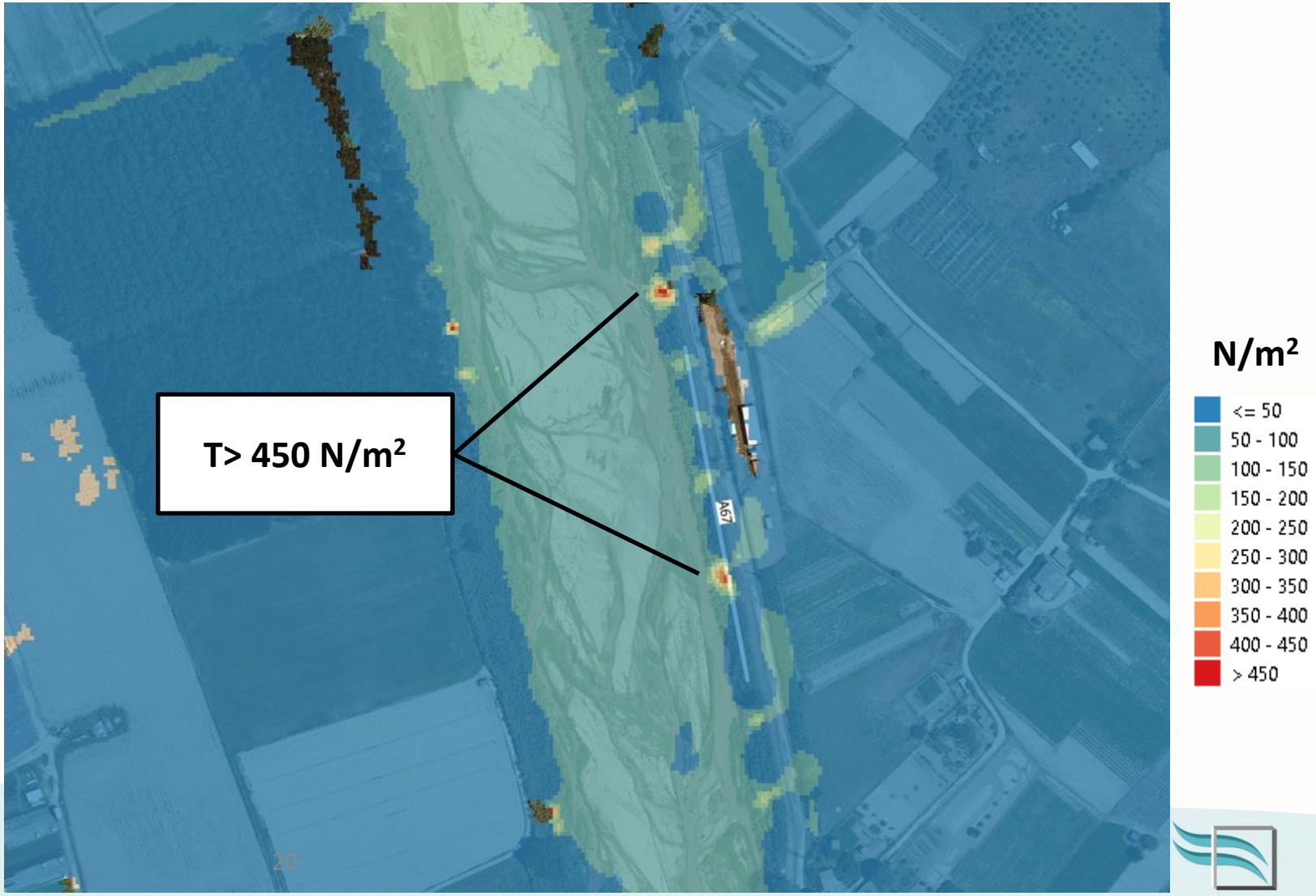
Efectos sobre las motas

- **Estado tensional estimado**: máxima tensión de fondo + actuaciones ACA



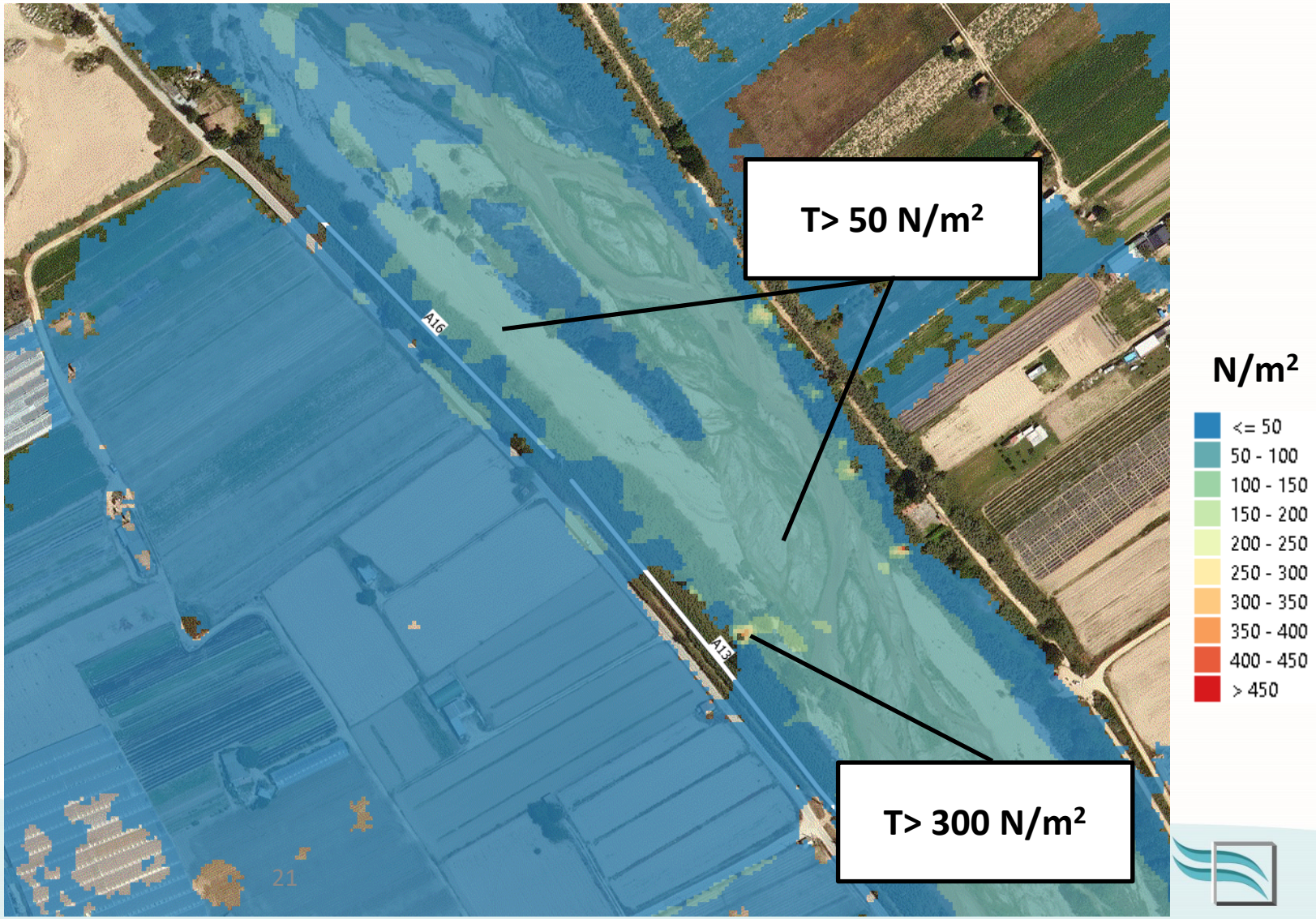
Efectos sobre las motas

- **Estado tensional estimado**: máxima tensión de fondo (A67)



Efectos sobre las motas

- **Estado tensional estimado**: máxima tensión de fondo (A16-A13)



Transporte de material leñoso

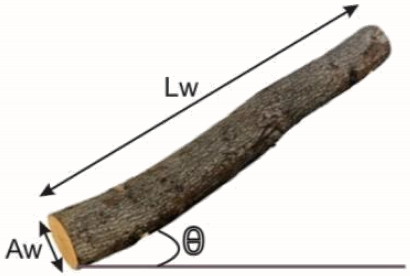
- Modelo de detalle:

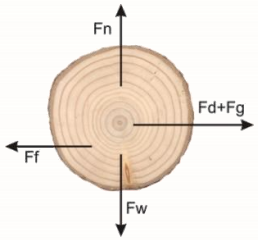
- Más de 91K de elementos, concentrados mayoritariamente en los puntos singulares (caminos, motas, puentes, etc.) que puedan acondicionar la hidrodinámica.

MDT 2x2m ICGC

Estructuras ACA + elaboración propia en base a topografía 1:000 y visita a campo

Transporte de material leñoso



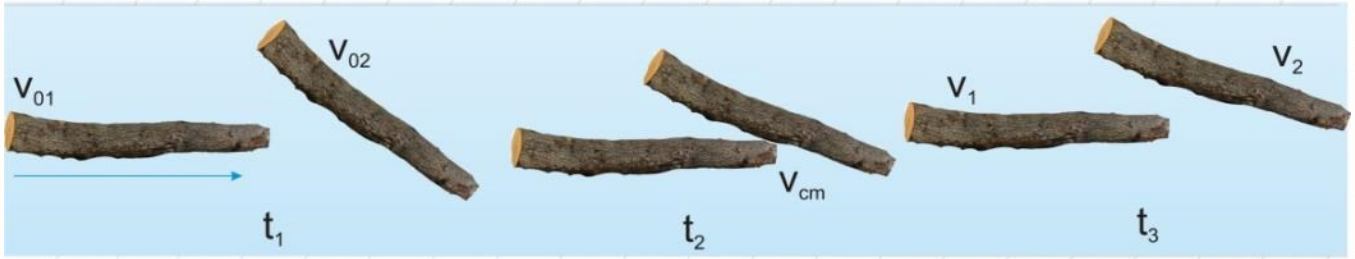


Dinámico: Movimiento de un sólido rígido (segunda ley de Newton)

$$a = \frac{F_g + F_f + F_d}{\rho_w \cdot L_w \cdot A_w}$$

Velocidad: $U_{\log}^{n+1} = U_{\log}^{n} + \Delta t \cdot a$

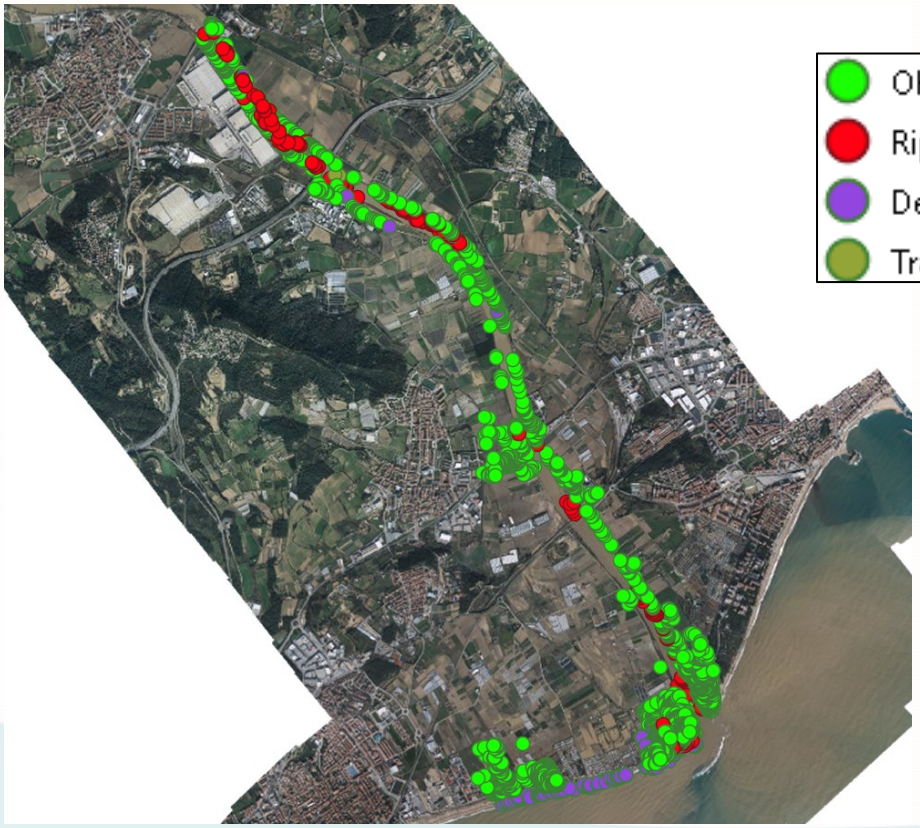
Posición: $X_{\log}^{n+1} = X_{\log}^{n} + \Delta t \cdot U_{\log}^{n} + \frac{1}{2} a \cdot \Delta t^2$



Transporte de material leñoso

- Capacidad del río para generar material leñoso:

Fotointerpretación-> 214 árboles eliminados en los últimos 7 km. Por tanto, extrapolando, en toda la cuenca se **pudieron transportar más de 3.000 árboles**.



Transporte de material leñoso

- Escenarios:

ESC 0-> Modelo de referencia, sin material leñoso.

ESC A-> Modelos con material leñoso (troncos de árboles) eliminados en la zona de estudio como condición inicial (fotointerpretación).

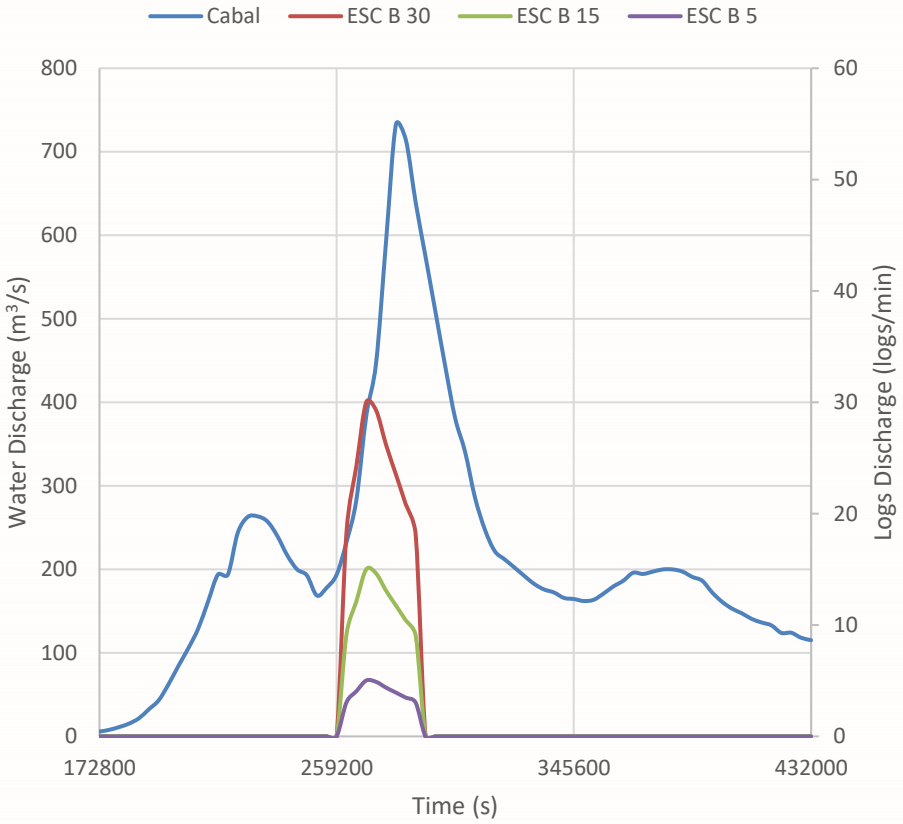
ESC B-> Modelos con incorporación de material leñoso como condición de contorno. Tres sub-escencarios.

- Los “troncogramas” de los escenarios 'ESC B' tienen picos de 5, 15 y 30 troncos por minuto, lo que representa la entrada de 3.626, 10.879 y 21.759 troncos.

Transporte de material leñoso

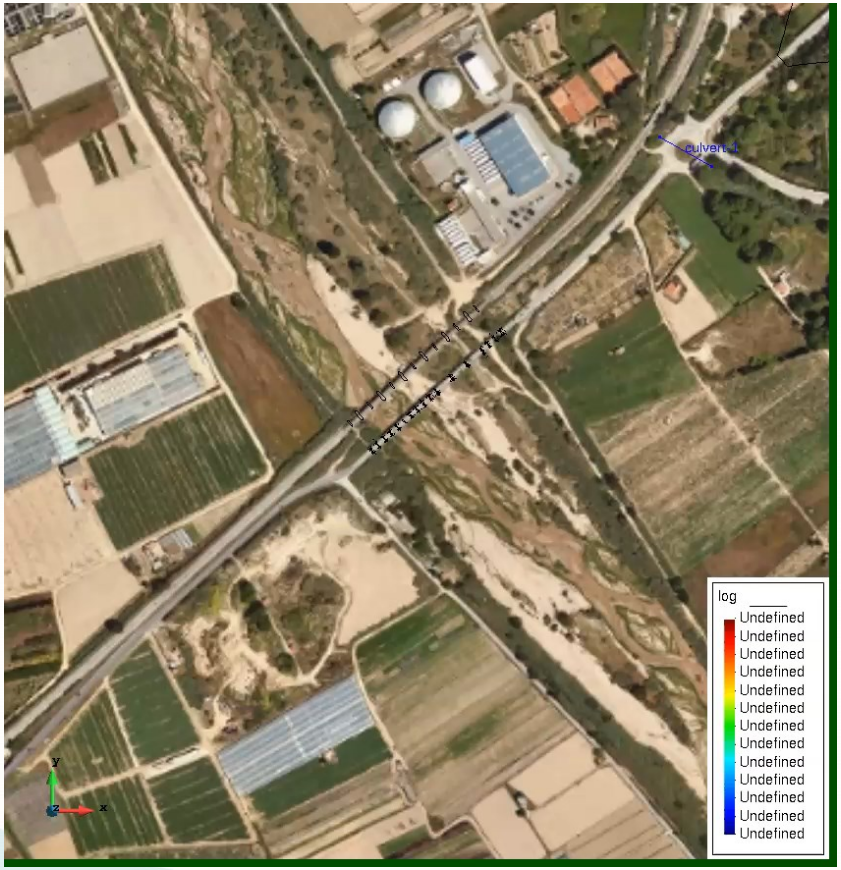
- Escenarios:

ESC B-> dada la falta de datos de campo (nº de troncos depositados, masa de material leñoso retirada, etc.), se han empleado resultados de trabajos anteriores a cuencas similares para diseñar el "troncograma".

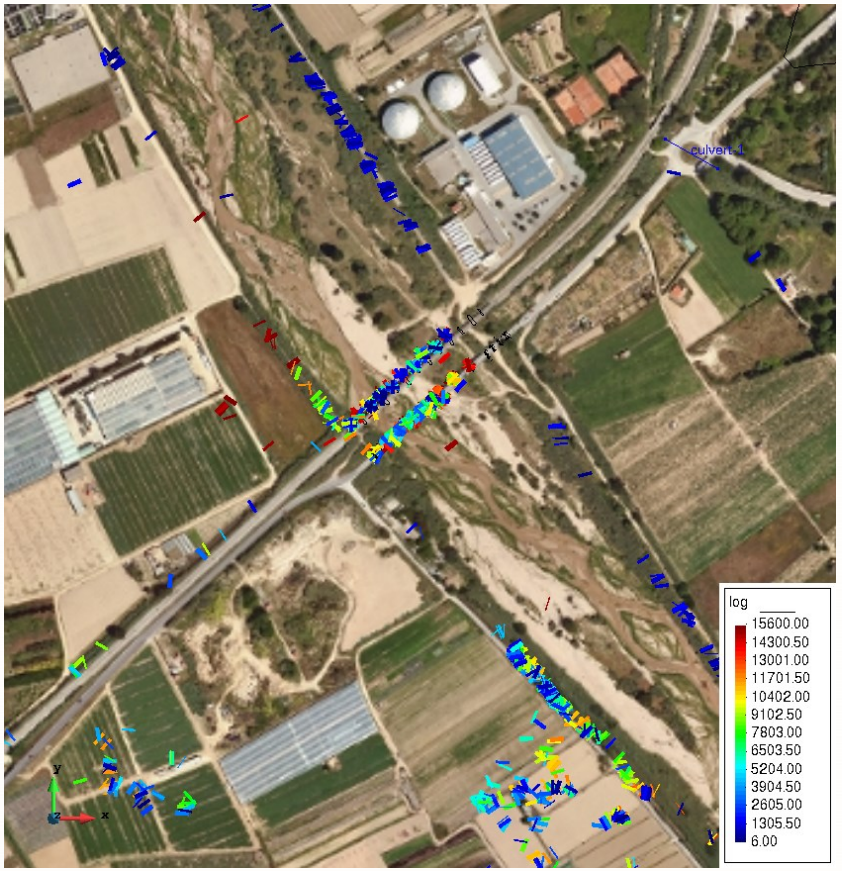


Transporte de material leñoso

- **ESC B (30tr/min)**: material leñoso como condición de contorno



Final

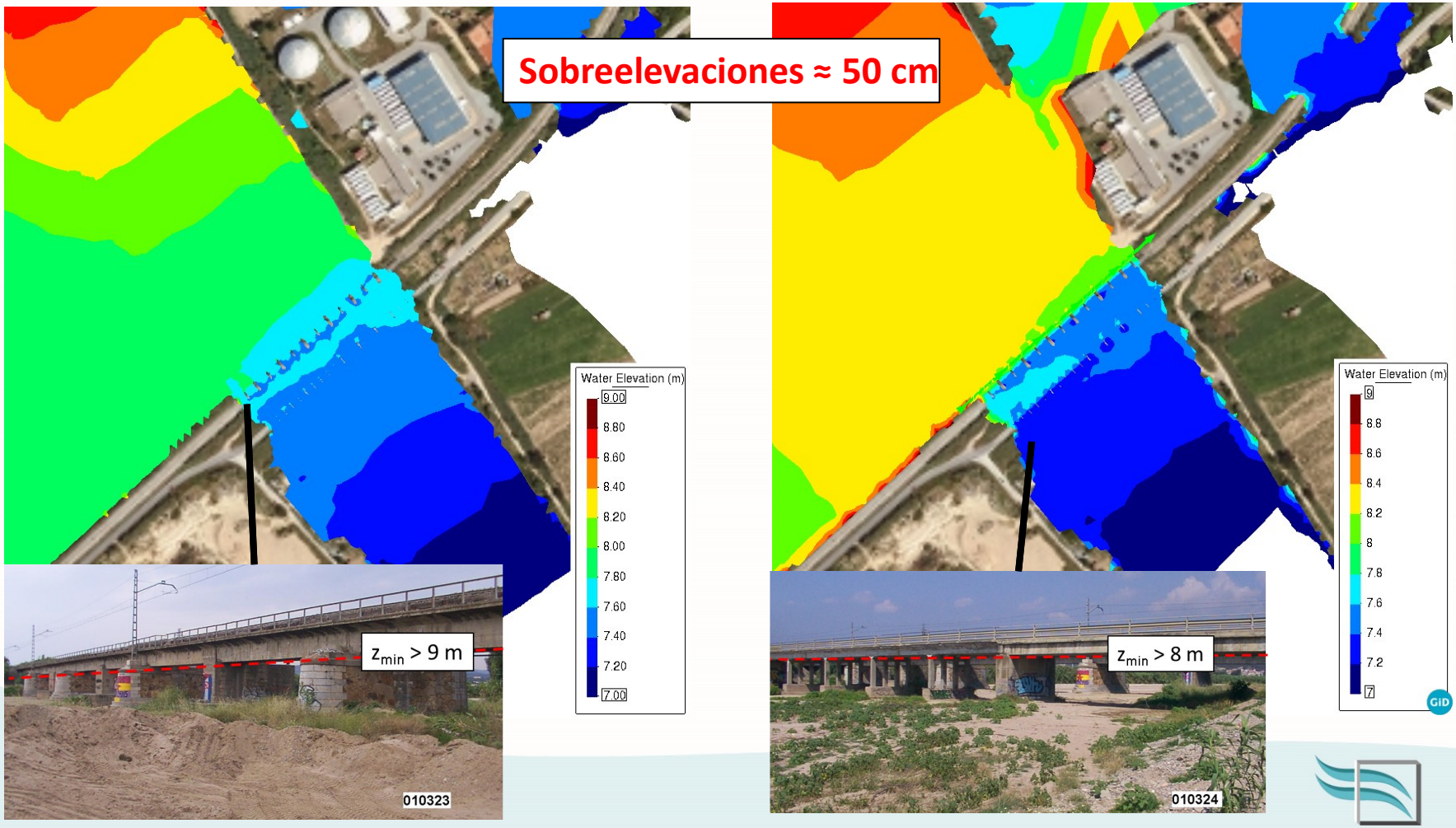


Efecto del material leñoso sobre la inundabilidad

- **ESC 0 vs. ESC B (30 t/min)**: efecto en la inundabilidad (puentes)

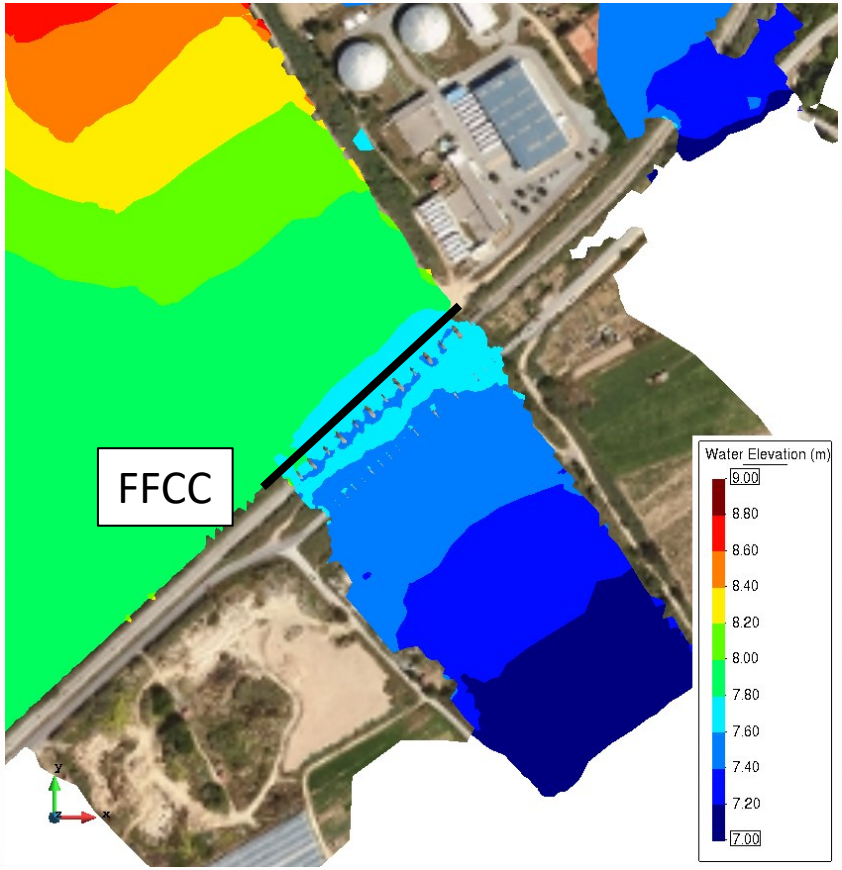
ESC 0

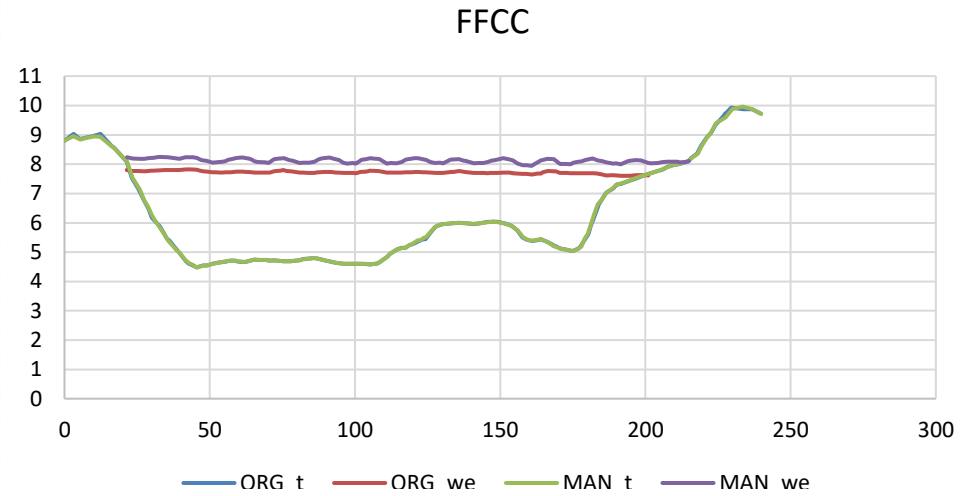
ESC 3 30

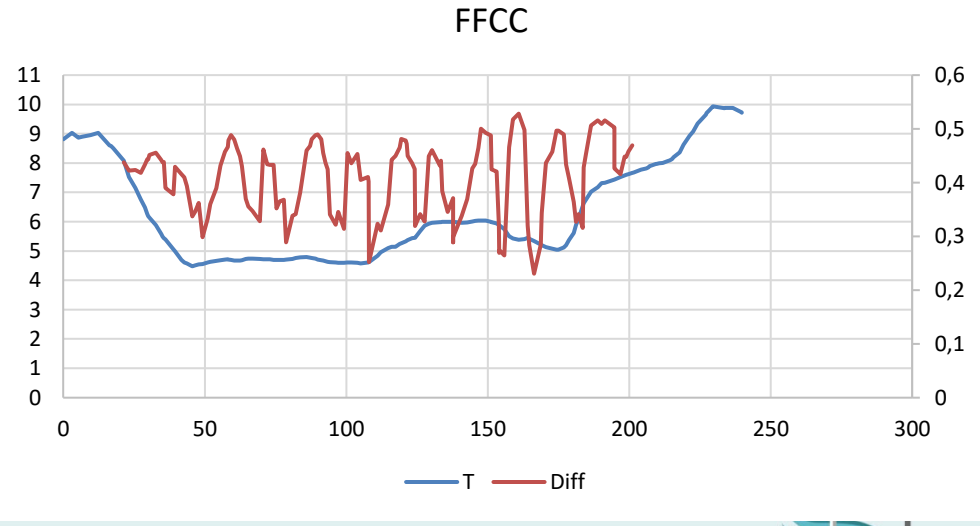


Efecto del material leñoso sobre la inundabilidad

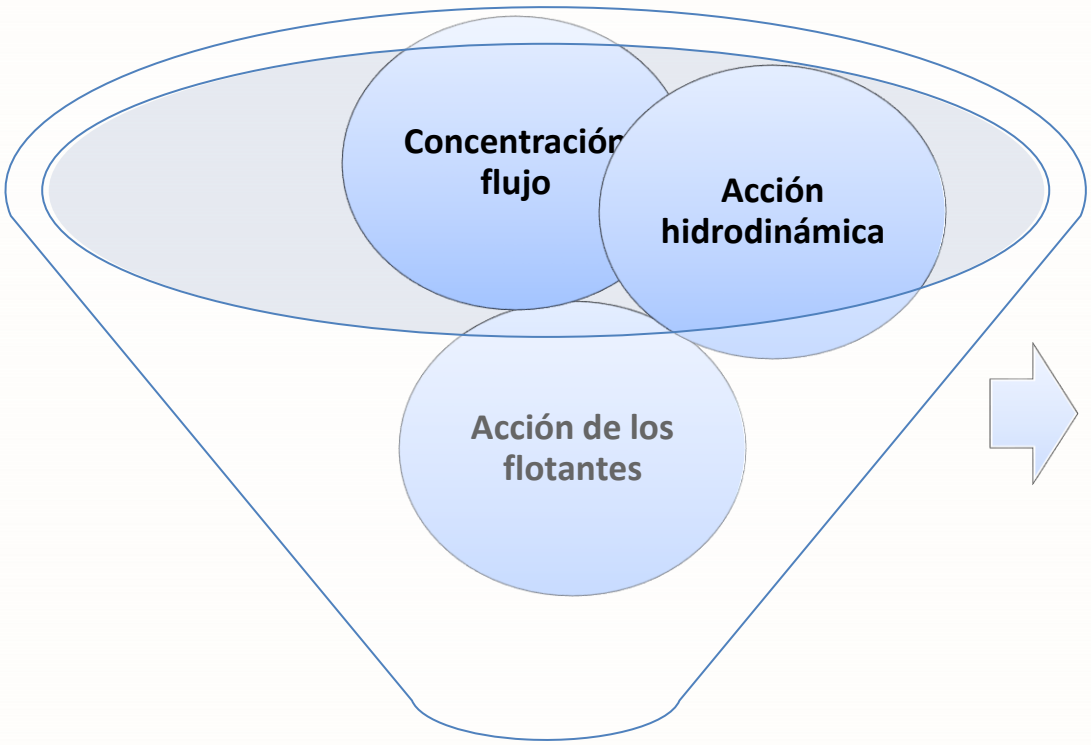
- **ESC 0 vs. ESC B (30 t/min)**: efecto en la inundabilidad (puentes)







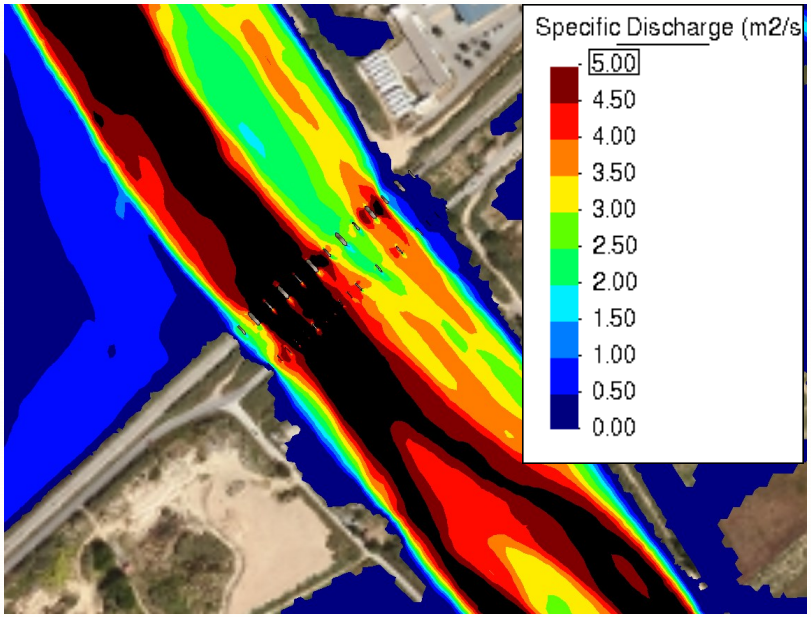
Causas de la rotura de los puentes

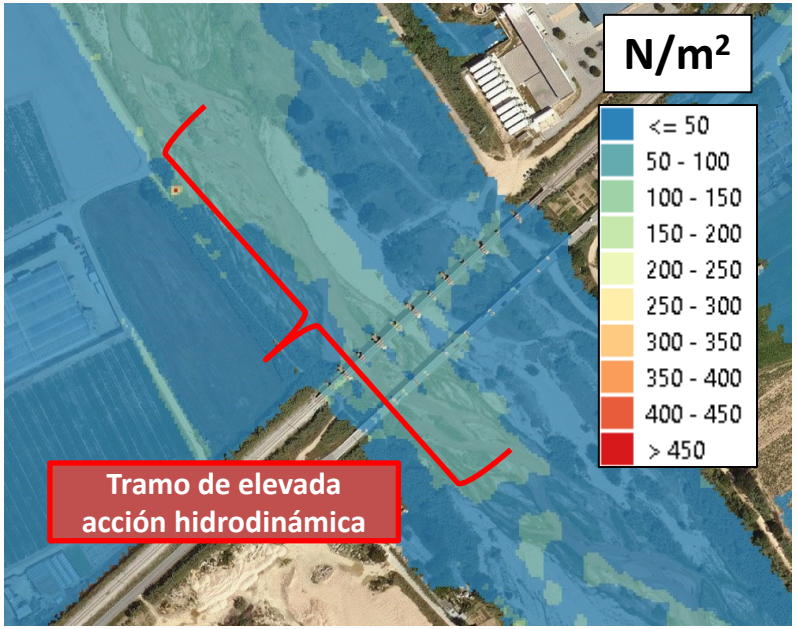


Causas rotura puentes

Causas de la rotura de los puentes

Concentración del flujo - elevada acción hidrodinàmica – acumulación troncos





Conclusiones

Hidrológico

- El hidrograma en la salida de la cuenca se evaluó mediante un modelo hidrológico-hidráulico acoplado, primero en base a datos de precipitación y ajustado en base a datos de nivel.
- Este hidrograma tuvo un pico por encima de los 800 m^3/s, y supuso un incremento del 22% respecto al volumen registrado en Can Simó.

Afección a los puentes

- La sección libre de los puentes afectados (FFCC y BV-6001/GI-6831) concentró el 75% del pico de la avenida, el resto circuló por la llanura de inundación.
- La posición de las pilas de los puentes afectados, en “portillo”, facilitó la concentración de esfuerzos en las pilas del puentede la carretera BV-6001/GI-6831.
- La acción hidrodinámica, evaluada como tensión de fondo, fue elevada en todo el cauce, en especial en la zona de los puentes afectados con tensiones de fondo superiores a los 50 N/m^2

Conclusiones

Afección a motas

- El modelo numérico muestra que las **zonas de rotura de motas** se superaron los **450 N/m²** de tensión de fondo.

Transporte de material leñoso

- El río tiene capacidad de transportado material leñoso por encima de 400 m^3/s
- Los puentes actúan como elementos de retención, con coincidencia entre las zonas de acumulación y daños.
- La acumulación de material leñoso supuso incrementos en la lámina de agua alrededor de 0.5m, de forma localizada sobre todo en los puentes

Rotura de los puentes

- Los resultados del estudio muestran que la caída de los puentes se debió a la acción conjunta de tres factores: concentración del flujo, elevada acción hidrodinámica y el efecto de los flotantes.

Gracias!

flumen
Dinàmica fluvial i enginyeria hidrològica

UPC

CIMNE