

FRANCISCO J. VALLÉS-MORÁN^a

SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LA INUNDACIÓN Y FLUJOS DESBORDADOS EN LA DANA DEL 29 DE OCTUBRE DE 2024 EN L'HORTA SUD (VALENCIA)

RESUMEN

La modelación hidráulica en avenidas es fundamental para la elaboración de mapas de peligrosidad y riesgos asociados a inundaciones. Se trata de una modelación matemática bidimensional físicamente basada que resuelve el sistema de ecuaciones de Saint-Venant. A partir de las simulaciones realizadas mediante una modelación matemática para el caso de la cuenca media-baja del sistema de barrancos de Poyo-Torrent y del sistema Poçalet-Saleta en el ámbito de l'Horta Sud, se plantea el análisis de la inundación (dinámica, extensión máxima, ...) y de los flujos desbordados tras las precipitaciones generadas por la DANA del 29 de octubre de 2024. Se explicita, además, la bondad del modelo a partir de su coherencia con la compleja geomorfología de la zona y con datos de niveles observados, entre otros. El análisis de la inundación permite ver el comportamiento dinámico de esta, la extensión máxima alcanzada por la lámina libre en el territorio, los calados en diferentes puntos de interés, velocidades, caudales, etc., pero también el impacto que en el proceso de inundación han tenido algunas de las principales infraestructuras de transporte en la zona. Por otro lado, el análisis de los flujos desbordados permite explicar los daños materiales ocurridos y, sobre todo, lo que ha sido más importante en nuestro caso, generar a partir de su potencia hidráulica, entendida como indicador de su capacidad de arrastre, una herramienta de ayuda para la localización de personas desaparecidas tras este tipo de sucesos extraordinarios. Siguiendo las trayectorias de los flujos desbordados de gran potencia hidráulica, se pueden identificar las zonas donde se disipa la energía, siendo estas zonas donde hay mayor probabilidad de localizar a los desaparecidos. La herramienta desarrollada ha sido de utilidad para los cuerpos de emergencias en este evento del 29 de octubre de 2024.

PALABRAS CLAVE: crecida; DANA; inundación; modelación hidráulica; simulación matemática.

^a Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA), Universitat Politècnica de València. Camino de Vera, s/n. 46022 València. fvalmo@hma.upv.es, <https://orcid.org/0000-0001-6335-1746>

Fecha de recepción: 18-10-2025. Fecha de aceptación: 17-11-2025.

HYDRAULIC SIMULATION OF FLOODING AND OVERFLOWING FLOWS DURING THE CUT-OFF LOW EPISODE OF OCTOBER 29, 2024, IN VALENCIA

ABSTRACT

Hydraulic modeling during floods is essential for the development of hazard and risk maps associated with flooding. This involves a physically based two-dimensional mathematical modeling approach that solves the Saint-Venant system of equations. Based on simulations carried out for the mid-to-lower basin of the ravine systems Poyo-Torrent and Poçalet-Saleta within the l'Horta Sud district, the analysis focuses on the flood event (its dynamics, maximum extent, etc.) and the overflow following the cut-off low (DANA) rainfall (Mediterranean high-impact weather event) in October 29, 2024. The reliability of the model is demonstrated through its consistency with the area's complex geomorphology and observed water level data, among other factors. The flood analysis enables an understanding of its dynamic behavior, the maximum extent reached by the free surface across the territory, water depths at various points of interest, flow velocities, discharge rates, and more. It also highlights the impact of major transportation infrastructures on the flooding process. Furthermore, the analysis of overflow flows helps explain the material damage caused and, most importantly in our case, provides a tool for locating missing persons after such extraordinary events. This is achieved by evaluating the hydraulic power of these flows—understood as an indicator of their transport capacity. By tracing the paths of these high-power overflow flows, it is possible to identify zones where energy dissipates, which are potential locations for missing persons. The tool developed proved useful for emergency services during the October 29 event.

KEYWORDS: cut-off low (DANA); flood; mathematical simulation; hydraulic modelling; river flooding.

INTRODUCCIÓN

La modelación hidráulica de las crecidas de nuestros ríos y barrancos, y de las inundaciones asociadas a estas, resulta fundamental para la elaboración de los mapas de peligrosidad por inundación fluvial y para la evaluación de los riesgos causados por este tipo de fenómenos. Así mismo, las simulaciones en situación actual resultan de vital interés para el establecimiento de los correspondientes diagnósticos como punto de partida en el planteamiento de las diferentes actuaciones de protección o disminución de la peligrosidad y, consecuentemente, del riesgo (Generalitat Valenciana, 2013; Vallés-Morán, 2025b). Además de lo anterior, este tipo de modelación puede resultar de mucho interés también en fase de emergencia. Así, a través de la potencia hidráulica de la corriente, se puede optimizar el proceso de evaluación de daños a bienes y servicios, y, lo que es más importante en nuestro caso, se puede establecer una metodología de ayuda en la búsqueda de desaparecidos para los cuerpos de emergencias.

Esta modelación hidráulica es de tipo matemático y se basa en la resolución, mediante métodos numéricos aproximados, de las ecuaciones que gobiernan este fenómeno (flujo en lámina libre en cauces y llanuras de inundación). Se conocen como sistema de ecuaciones de Saint-Venant o *Shallow Water Equations* (SWE). Se trata de un conjunto de ecuaciones en derivadas parciales (EDP) de tipo hiperbólico

no lineal. Es un sistema de leyes de conservación: la ecuación de conservación de la masa o ecuación de continuidad, por un lado, y la ecuación de conservación de energía o de cantidad de movimiento como ecuación dinámica, por otro. Este sistema no tiene solución analítica exacta más que para casos muy sencillos de escaso o nulo interés práctico, por lo que se debe recurrir a métodos numéricos aproximados para la resolución de este tipo de ecuaciones y sistemas de ecuaciones. El método más adecuado es el de volúmenes finitos con un esquema numérico de alto orden bien equilibrado de tipo *upwind* (Vallés-Morán, 2024), en cuyo diseño matemático está intrínsecamente considerada la naturaleza de estas leyes de conservación en el caso del movimiento del flujo en lámina libre. Los resultados directos al resolver estas ecuaciones son los valores de las variables hidráulicas incógnita (calado y velocidad o caudal). A partir de ellas, se pueden obtener el resto de las variables hidráulicas de interés (caudal o velocidad, según cuál haya sido la incógnita, número de Froude, tensión tangencial...). Como el caudal discurre tanto por dentro de los cauces como por sus llanuras de inundación (flujos desbordados), este sistema de ecuaciones se plantea en dos dimensiones espaciales (modelación 2D) y una temporal. Una vez conocidas estas variables, sobre un modelo digital de elevaciones se puede representar la superficie ocupada por el agua (área inundada) y cartografiar, por ejemplo, capas de velocidad del agua, entre otras posibles variables de interés.

Este texto presenta algunos de los resultados obtenidos para el caso de la inundación causada por la DANA del 29 de octubre de 2024 en la cuenca media-baja del sistema de barrancos Poyo-Torrent y del sistema Poçalet-Saletta mediante su modelación matemática. Junto al barranco de Poyo se han considerado sus principales tributarios, como el barranco del Gallego y el barranco de l'Horteta. Por otra parte, de manera adicional y como aportación novedosa, se plantea también el posterior análisis de los flujos desbordados como herramienta para la localización de personas desaparecidas tras estos sucesos extraordinarios. El objetivo, en este caso, es encontrar la localización de personas desaparecidas (cuerpos y coches) por arrastre de la corriente durante el proceso de inundación. Para ello, no son suficientes los resultados habituales de caudales, extensión de la lámina de inundación, calados y velocidades, pues lo que interesa con este objetivo es evaluar la capacidad de arrastre de la corriente. Las zonas donde se disipa la energía de la corriente son las zonas de potencial localización de desaparecidos. Con este objetivo, el trabajo plantea el uso de la variable derivada potencia hidráulica de la corriente como indicador de la capacidad de arrastre de esta.

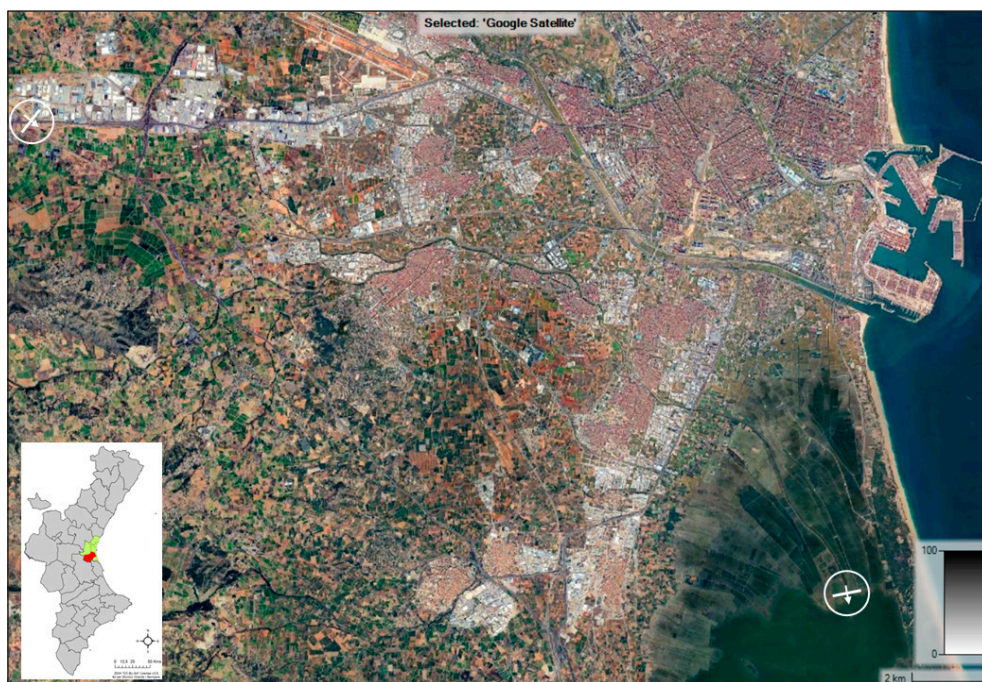
Así pues, con este trabajo se pretende, además de analizar los procesos y la dinámica de inundación, demostrar la utilidad de la modelación matemática como herramienta de ayuda para localizar desaparecidos y realizar así un servicio a la sociedad.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se centra en l'Horta Sud, comarca del área metropolitana de Valencia, al sur de la capital (zona 0). Es una comarca formada por veinte municipios muchos de los cuales se vieron afectados por este episodio.

Desde el punto de vista hidrológico-hidráulico, el modelo se extiende desde el cruce del barranco de Poyo con la autovía A3, al noroeste, en la sección donde se localiza la estación de aforos EA Riabarroja del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), hasta la desembocadura del barranco de Torrent en la laguna de l'Albufera junto al Tancat de la Pipa, al sureste (figura 1). Como se ha comentado, en el sistema de barrancos Poyo-Torrent se han considerado sus principales tributarios, así como el sistema Poçalet-Saleta. Todos estos cauces vierten finalmente sus aguas a la misma área geográfica. Se trata de cauces efímeros, ramblas y barrancos, de elevadas pendientes en cabecera y respuesta rápida (crecidas relámpago o *flash flood*).

Figura 1. Área de estudio. Imagen aérea de Google Satellite



INFORMACIÓN NECESARIA Y METODOLOGÍA

Una vez decidida el área de estudio, la modelación planteada necesita una serie de datos para su implementación. De manera sintética, la información básica necesaria para la puesta a punto de un modelo hidráulico de esta naturaleza implica fundamentalmente el conocimiento de:

- datos relativos al terreno (soporte físico del área de análisis): topografía, normalmente en forma de modelo digital del terreno (MDT); características y usos del suelo (y tipo de vegetación), para la determinación de rugosidades;

- la información de caudales en forma de hidrogramas de avenida de los cauces en la zona de interés (normalmente como condición de contorno de aguas arriba del modelo matemático); y
- condiciones hidráulicas en la salida del modelo, conocidas como condiciones de contorno de aguas abajo, que pueden ser niveles de lámina libre o condiciones de calado asociadas a algún tipo de movimiento en particular.

En ocasiones, además, si la extensión del área inundable es importante y cabe la posibilidad de que la lluvia en ella cambie la naturaleza y magnitud de la inundación, se puede y debe considerar la precipitación directa sobre la zona de estudio.

La información básica necesaria utilizada en nuestro caso se concreta en el apartado siguiente, relativo al diseño del modelo hidráulico.

Para la modelación matemática bidimensional se ha utilizado el *software* de libre distribución HEC-RAS River Analysis System, en su versión 6.5, de febrero de 2024, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers (US Army Corps of Engineers, 2024). Este resuelve, mediante el método de volúmenes finitos, el sistema de ecuaciones de Saint-Venant en dos dimensiones espaciales para cada instante de tiempo del dominio temporal considerado (normalmente, el asociado con el hidrograma o hidrogramas de avenida de interés en cada caso).

Los resultados directos de la simulación hidráulica son presentados en un entorno SIG propio del programa denominado RAS Mapper. Así se obtendrá la mancha máxima de inundación, los mapas de calados, velocidades, números de Froude, etc., además de animaciones de la evolución dinámica del proceso de inundación.

A partir de los resultados directos obtenidos (concretamente a partir de las variables resultado velocidad y tensión tangencial), se elaborará con posterioridad en RAS Mapper el correspondiente mapa de potencia hidráulica de la corriente, a partir de la tensión tangencial y de la velocidad. Esta capa de información se superpone a la de *trayectorias* del flujo, para una mejor interpretación de los resultados. A continuación, se establece un umbral de potencia hidráulica por debajo del cual la corriente pierde la capacidad de arrastre necesaria y, por tanto, deposita lo arrastrado¹. A partir de dicho umbral, puede obtenerse una nueva capa de información geográfica de tipo binario, indicando en el área de interés zonas con valores de potencia hidráulica por debajo del umbral y zonas con valores por encima.

Las zonas de interés, como parcelas de potencial localización de desaparecidos, serán aquellas en las que, recibiendo una corriente de flujo desbordado de potencia hidráulica suficiente, esta se disipa y tiene un valor de esta por debajo del umbral establecido.

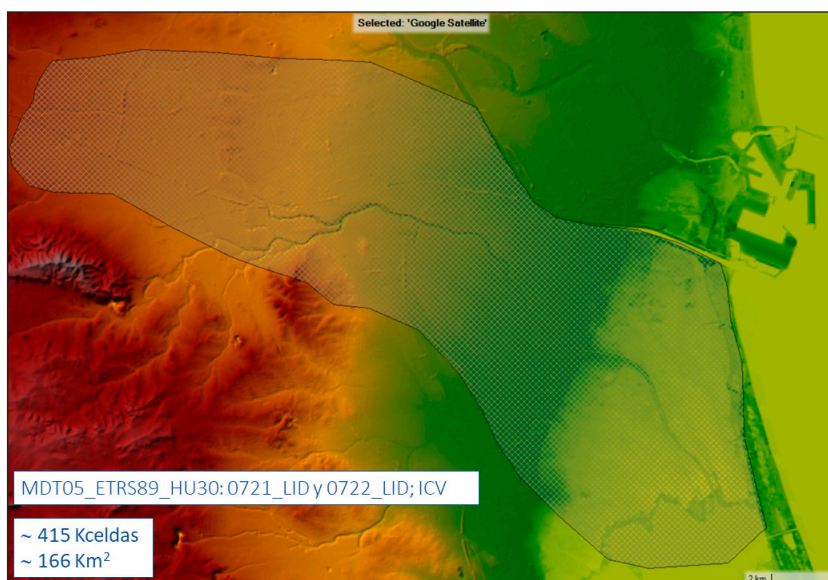
¹ El umbral de potencia hidráulica es función del objeto arrastrado, coches o personas en este caso. Los valores de estos umbrales están todavía en fase de estudio y calibración.

EL MODELO HIDRÁULICO

Características principales

El modelo se ha montado sobre la base topográfica del MDT de 5 m de resolución del Institut Cartogràfic Valencià, (ICV) de descarga libre (<https://geocataleg.gva.es/#/results>). La extensión de la malla de cálculo es de 166 km², aproximadamente, con un número total de celdas de unas 415.000 (figura 2). La celda tipo media es cuadrangular de 20 m de lado, suficiente para el objetivo perseguido. Para la caracterización de la rugosidad se ha utilizado la información disponible a partir de la fotografía aérea en cuanto a la delimitación de áreas por tipología, uso del suelo y vegetación en las zonas de máximo interés. El coeficiente de rugosidad de Manning mayoritario en extensión ha sido de 0,035; oscilando entre un valor máximo de 0,065 en la zona de naranjos densos del Pla de Quart y valores del entorno de 0,015 para zonas asfaltadas o con pavimentos de hormigón.

Figura 2. Modelo hidráulico. Malla de cálculo sobre MDT



Los cauces considerados han sido los del sistema de barrancos Poyo-Torrent y sus principales tributarios, el barranco del Gallego y de l'Horteta; y, además, el sistema de barrancos Poçalet-Saletta. En el caso del barranco de Poyo, en su sección de entrada al modelo, correspondiente al cruce de este con la autovía A3, se ha considerado el hidrograma (ley de variación de caudales con el tiempo) registrado por la estación de aforo EA Riba-roja del SAIH de la CHJ. El máximo caudal registrado fue de 2283 m³/s a las 18:55 h del día 29 de octubre de 2024 (a partir de ese instante ya no hubo más registros del sensor de nivel; la avenida lo destruyó). El máximo estimado a partir de estudios posteriores de la propia CHJ,

publicado días más tarde por el periódico *El País* (Llaneras et al., 2024, 12 de noviembre), es de 2800 m³/s. El modelo hidráulico contempla ambos supuestos (hipótesis con ambos caudales punta). En la rama de recesión del hidrograma se han realizado pequeñas interpolaciones por fallo en la estación de aforo al arrastrar el flujo los sistemas de medición principales. Para el resto de los cauces se han realizado hipótesis razonables en base al análisis de la precipitación caída ese día a partir de información de AEMET y de la Associació Valenciana de Meteorologia (AVAMET), suponiendo una respuesta hidrológica similar para sus subcuencas correspondientes. De manera que, analizadas las lluvias de ese día en la zona, a partir de la información mencionada, se decide adoptar para el resto de los cauces (no aforados) hidrogramas homotéticos al del barranco de Poyo. Los caudales punta se obtienen como resultado de multiplicar el caudal de 500 años de periodo de retorno para cada uno de ellos (establecido en MARM, 2006) por la misma relación caudal punta observada respecto de caudal punta para 500 años de periodo de retorno establecido para el barranco de Poyo. Por otra parte, al tratarse de cauces efímeros, el modelo inicia la simulación con los cauces secos (condición de inicio en seco). En la salida del modelo a la laguna de l'Albufera, desagüe final, se considera una ley razonable de evolución de los niveles en este.

Además, y dado que las precipitaciones se producen en las zonas de cabecera, no se considera la lluvia directa sobre la zona de estudio (malla de cálculo en el modelo hidráulico).

Bondad del modelo

Para el caso de un único evento, el que nos ocupa (DANA de 29 de octubre de 2024), no se puede hablar en sentido estricto de calibración del modelo. Por ello, hemos preferido plantear este asunto de una manera, digamos, débil matemáticamente hablando, y nos referimos a él en términos de evaluación de su bondad, en el sentido de su fiabilidad en cuanto a la reproducción de la realidad ocurrida y, por tanto, observada. Lo que vendría a representar, de alguna manera, su grado de aproximación a dicha realidad; entendemos que esto tiene sentido en sí mismo, dadas las características del modelo (simplificado) anteriormente descritas.

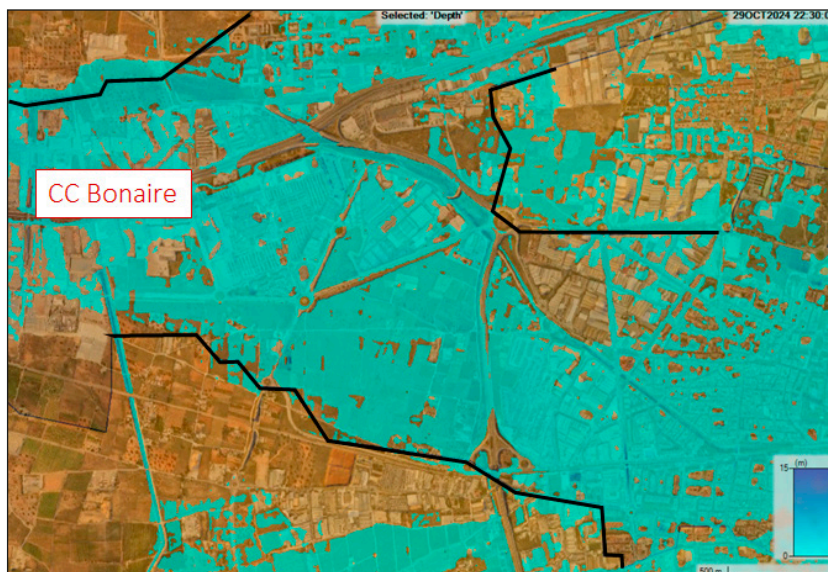
Como elementos de contraste para evaluar esta bondad, se disponía de información de diferente naturaleza. Básicamente información de tres tipos: extensión superficial de la inundación a partir de imagen satelital; calados (alturas de agua) observados; y evolución dinámica del proceso de inundación a partir de información no sistemática (relatos de autoridades locales y vecinos, y vídeos de redes sociales, básicamente).

En cuanto a la extensión del área inundada, se evaluó la bondad del modelo por comparación de la simulada con la obtenida a partir de la delimitación no oficial publicada en la página web del ICV. Esta delimitación fue fruto del estudio realizado por un equipo de investigadores de la Universitat de València² (Julien et al., 2025), partiendo de una delimitación inicial de Copernicus EMS Rapid Mapping. Esta

2 Los investigadores, partiendo de una delimitación inicial de Copernicus EMS Rapid Mapping, utilizaron una metodología que combina técnicas avanzadas de teledetección con la participación ciudadana para la corrección y mejora de la delimitación en diversas zonas. De esta forma, se obtuvo una primera delimitación global de la extensión territorial inundada durante el evento de la DANA de 29 de octubre de 2024.

delimitación, no obstante, es una aproximación al área inundada real, como los propios autores señalan. Así, por ejemplo, en una de las zonas de más difícil caracterización, el centro comercial Bonaire (figura 3), se puede observar cómo el área inundada simulada se ajusta muy bien a la observada en sus límites norte y sur, excediendo un poco el borde de la delimitación por la zona noreste, si bien, según indica el modelo, los calados simulados en esa porción de terreno son de escasos centímetros.

Figura 3. Centro comercial Bonaire. Inundación simulada vs. observada



En cuanto al contraste de calados en el modelo respecto de alturas de agua observadas en el entorno territorial y en calles importantes en entornos urbanos –téngase en cuenta que, dadas las características del modelo y su enorme extensión, este no es de precisión suficiente como para *entrar* en el casco urbano–, el comportamiento ha sido también satisfactorio. Así, por ejemplo (figura 4), los calados obtenidos por el modelo y los observados días posteriores al evento en una visita de campo son prácticamente coincidentes. Se identificaron niveles de agua de 1,70 m sobre rasante de calle al principio de la calle del Sol en Picanya, aguas arriba del mirador existente en esa calle, y como puede verse (figura 4, izquierda) el modelo arroja ahí ese valor de calado; mientras que, recorriendo la calle en el sentido de avance del flujo, los niveles observados alcanzaron los 2 m (en la zona del estribo de la pasarela que existía y que fue una de las primeras estructuras que arrasó la riada en la zona), arrojando (figura 4, derecha) el modelo ahí un resultado de calado de 1,99 m. En el tramo siguiente, donde la calle cambia de nombre y pasa a llamarse Almassereta, la rasante de la vía desciende y los niveles alcanzados por la inundación llegaron más allá de la mitad de la altura de la primera planta, lo que constatamos en la mencionada visita de campo (figura 5). Al inicio de la calle, en la segunda casa, se indica con una pintada en rojo la altura

alcanzada por el agua: 4,75 m de altura sobre la rasante de la calle. El modelo hidráulico, en la sección de flujo correspondiente a la casa, da como resultado un calado simulado también de 4,75 m. De manera que el modelo ahí es de nuevo coincidente con la realidad observada.

Figura 4. Modelo hidráulico. Simulación de los niveles alcanzados por la inundación en la calle del Sol en Picanya

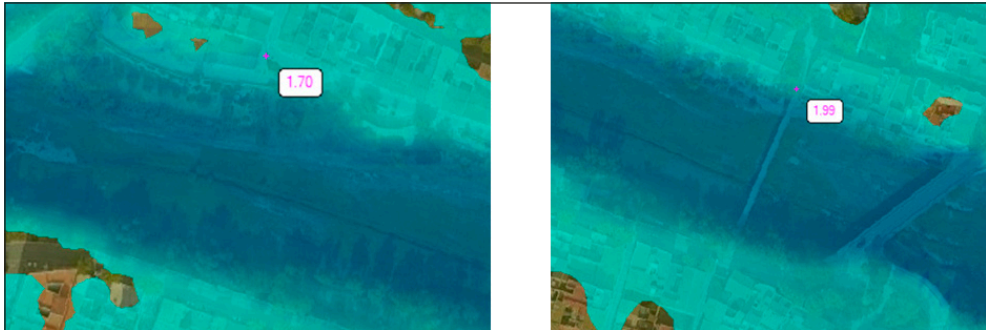
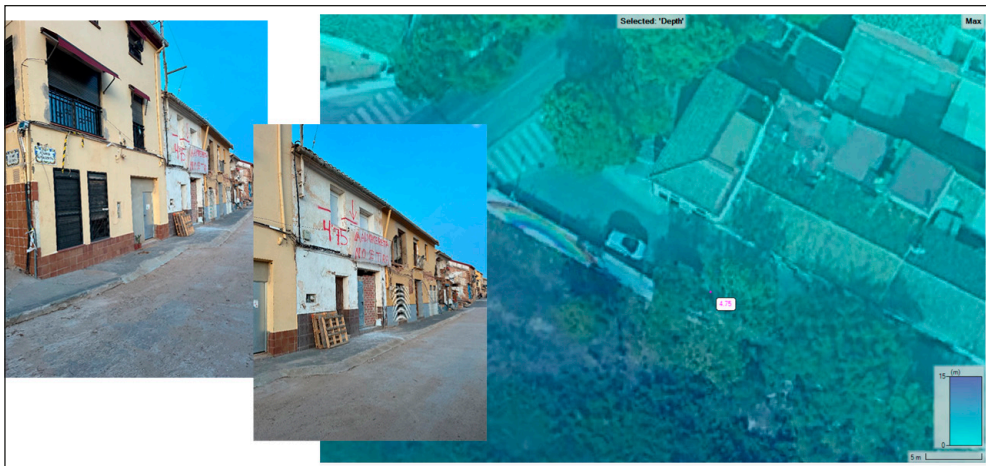


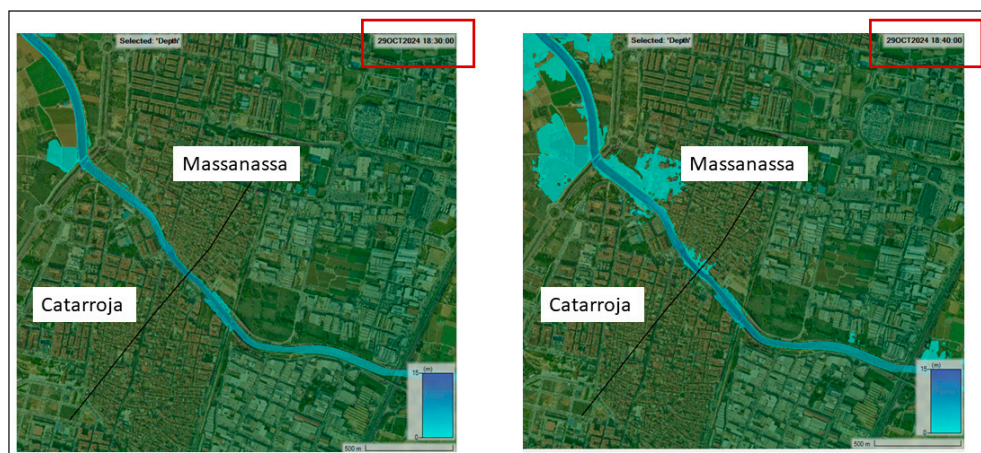
Figura 5. Modelo hidráulico. Simulación de los niveles alcanzados por la inundación en la calle de la Almassereta en Picanya



Desde el punto de vista de la evolución dinámica de la inundación, contamos en su día fundamentalmente con el relato de la alcaldesa de Catarroja y con vídeos publicados en redes sociales, recogidos posteriormente en la pieza periodística publicada por el periódico *El País* (Sevillano et al., 2025, 18 de mayo), en cuya elaboración se ha colaborado. En el primero de los casos, la alcaldesa relata (en varias entrevistas concedidas a diferentes medios de comunicación y en diferentes programas) que su jefe de policía local llamó a las 18:30 h de ese día 29 de octubre para indicarle que el barranco de Catarroja

(así se conoce el barranco de Poyo a nivel local) está a punto de desbordarse en el casco urbano de su población. Después, y apenas 10 min más tarde, la vuelve a llamar y le comunica que ya se ha desbordado y que la inundación del pueblo ha empezado. La figura 6 muestra exactamente las instantáneas de la simulación hidráulica en cada uno de esos dos instantes. A la izquierda, hora 18:30 del 29 de octubre de 2024, podemos ver el cauce del barranco lleno, pero sin desbordamiento; mientras que, en la de la derecha, 10 min más tarde, se aprecia claramente que la inundación de los cascos urbanos de Massanassa y Catarroja ya ha comenzado.

Figura 6. Modelo hidráulico. Inicio de la inundación en Massanassa y Catarroja



En el segundo de los casos, y en relación con la cronología de lo ocurrido publicada por el periódico *El País* en la pieza citada, puede verse, por ejemplo en los vídeos aportados, que la inundación, en el caso ahora de Sedaví, comienza a las 20:00 h de ese día. La evolución dinámica del proceso de inundación simulada por el modelo hidráulico recoge de nuevo este hecho. En Paiporta, la inundación comienza prácticamente al mismo tiempo que en Catarroja: así lo atestiguan los vídeos grabados por los vecinos y publicados en redes sociales que *El País* recoge en el trabajo citado. Nuevamente, el modelo reproduce la realidad observada.

Se puede cerrar, por tanto, este análisis concluyendo que la modelación hidráulica realizada reproduce con suficiente aproximación la realidad observada a escala territorial. En consecuencia, los resultados que se presentan a continuación se pueden considerar suficientemente fiables.

RESULTADOS OBTENIDOS

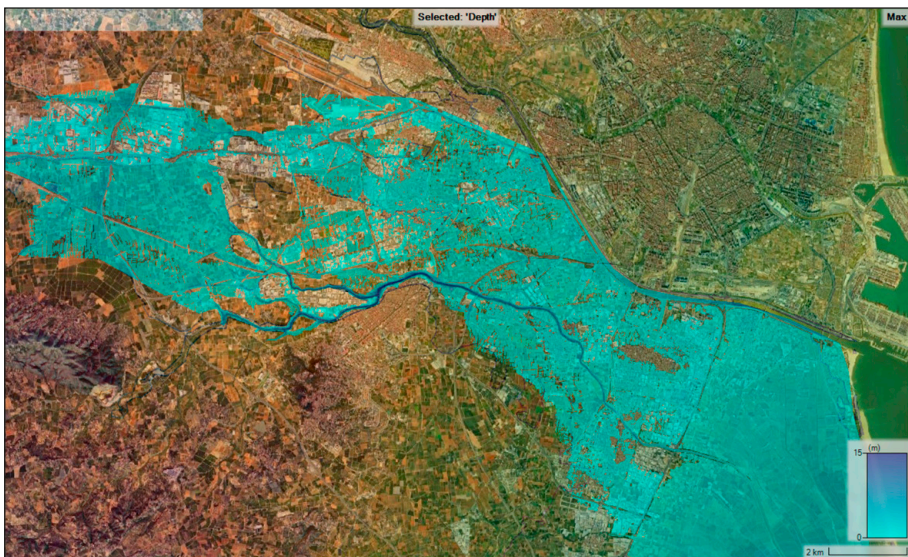
Se presentan a continuación, y de manera sintética, los principales resultados obtenidos tras la simulación del evento de la DANA del 29 de octubre de 2024 en la cuenca media-baja del sistema

de barrancos Poyo-Torrent, junto a la del sistema Poçalet-Saleta en el ámbito fundamentalmente de l'Horta Sud en Valencia.

Características de la inundación

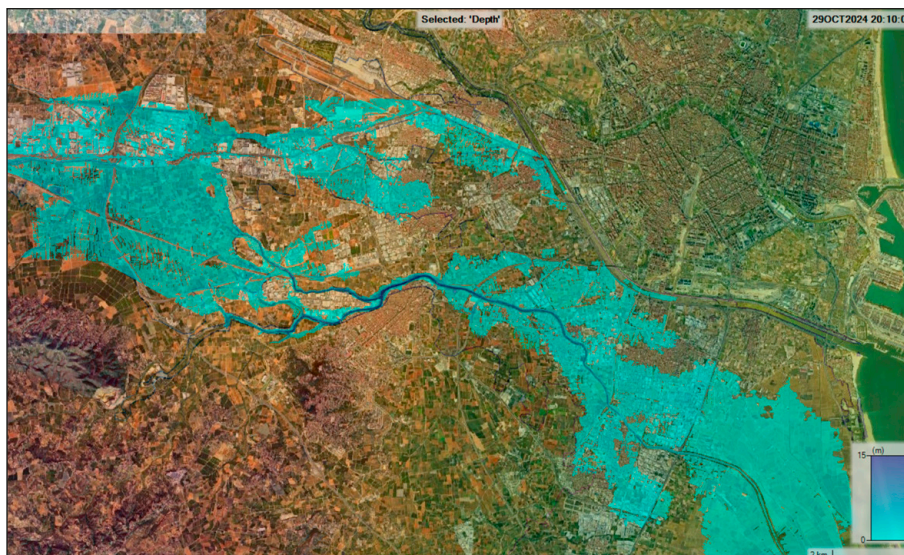
Desde este punto de vista, son resultados interesantes los relativos a la extensión máxima de la inundación; la dinámica del proceso (avance de la onda de avenida y evolución de la inundación con el tiempo), particularmente, las velocidades de la corriente y los tiempos de llegada a las distintas poblaciones; los niveles y calados alcanzados en diferentes sitios de interés; los caudales; la influencia de las diversas infraestructuras de transporte –por ejemplo, de la autovía V-31–; etc. Este trabajo presenta algunos de ellos. Así, la extensión máxima de la inundación se muestra en la figura 7. En ella, la gradación de color, el tono de azul, indica la profundidad de la inundación en cada sitio, según la leyenda que aparece en la propia figura (el modelo permite conocer la altura estimada de agua en metros, en cada una de las aproximadamente 415.000 celdas de cálculo, y por interpolación en cada coordenada territorial del área de estudio).

Figura 7. Modelo hidráulico. Extensión máxima de la inundación



Desde el punto de vista del alcance de la inundación, en su evolución dinámica, un instante de interés puede ser el de las 20:10 h del día 29 de octubre (el modelo reporta resultados cada 5 min), momento muy próximo al de la recepción de los mensajes del sistema ES-Alert (figura 8). De nuevo, la gradación de la escala monocromática indica la profundidad del agua, según la leyenda propia de la figura.

Figura 8. Modelo hidráulico. Situación estimada cuando llegaron los mensajes del sistema ES-Alert



La figura 9 muestra una estimación de la evolución temporal –desde las 17:00 a las 22:30 h, a intervalos de media hora– de la inundación en la zona.

En la figura 10, centrada en l’Horta Sud, puede verse el esquema general de flujos a partir de su campo de velocidades. Las velocidades máximas obtenidas en la simulación hidráulica han sido muy elevadas. Así, en el tramo en el que el cauce del barranco de Poyo discurre paralelo a la autovía A3 aguas abajo de su cruce con esta, en el entorno de la A7, se han alcanzado velocidades de hasta 8 m/s y ligeramente superiores, lo que supone unos 30 km/h. La velocidad media en el tramo comprendido entre el cruce del barranco de Poyo con la A3 y la entrada a Picanya es de 5,6 m/s. La longitud de cauce desde ese punto (cruce del cauce del barranco de Poyo con la A3) hasta la entrada a la población de Picanya es de unos 14,5 km. A esa velocidad media, la crecida recorre esa distancia en unos 43 min, lo que nos permite hacernos una perfecta idea de la celeridad del evento (y del poco margen de maniobra que da *gestionar* la emergencia con datos en tiempo real de caudal).

Figura 9. Simulación de la evolución temporal de la inundación por el barranco de Poyo y el sistema Poçalet-Saleta

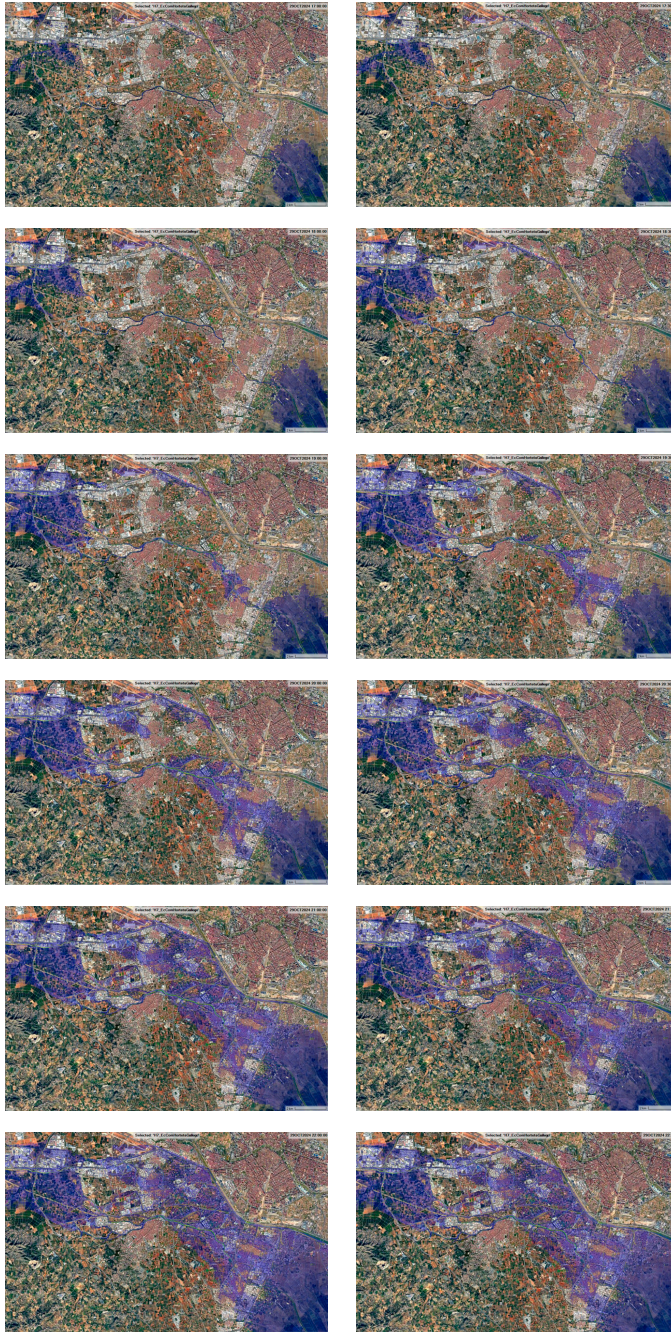
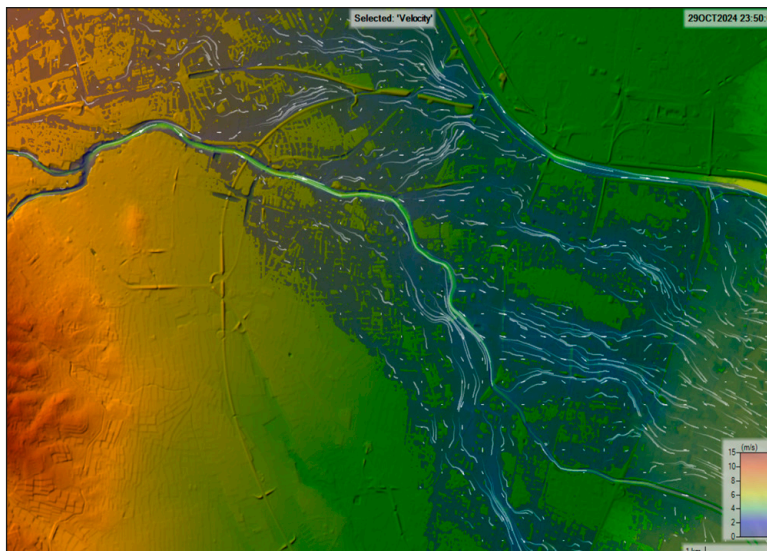


Figura 10. Modelo hidráulico. Simulación del esquema general de flujos a partir de su campo de velocidades

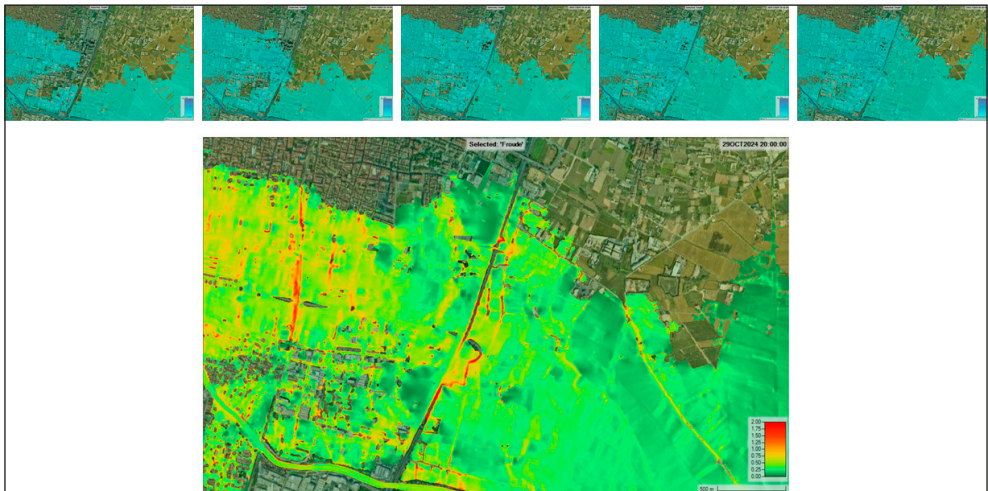


En relación con los caudales, podemos destacar como resultado de interés que, según el modelo, el caudal pico de entrada a la población de Picanya se estima en unos $3.500 \text{ m}^3/\text{s}$. Por su interés como resultado, respecto de la estimación de este caudal en el modelo, conviene hacer alguna consideración. Si bien las condiciones de contorno de aguas arriba en este, hidrogramas de entrada para los barrancos del Gallego y l'Horteta, no se sustentan en un estudio hidrológico previo, sí se basan en hipótesis razonables en cuanto a las respuestas de las respectivas subcuencas, tal y como se ha indicado en el epígrafe “Características principales” sobre el modelo hidráulico. De hecho, y valga como punto de control específico al respecto de la aproximación de los resultados obtenidos, en estas condiciones, la simulación hidráulica arroja resultados de calados máximos del orden de los 15 m en la zona de la confluencia del barranco de l'Horteta con el del Poyo (cuando a este ya se le ha incorporado el del Gallego), inmediatamente aguas abajo de esta. Concretamente, el calado máximo simulado en la zona es de unos 15,14 m, mientras que el máximo observado fue unos 15,20 m, según el levantamiento topográfico de puntos de inundación realizado por Pardo et al. (2024). Los caudales máximos considerados (en las secciones de entrada a la malla de cálculo en el modelo) para los barrancos del Gallego y l'Horteta han sido de $1.150 \text{ m}^3/\text{s}$ y $1.300 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente (de manera muy aproximada, podemos decir que cada uno de ellos representa del orden de la mitad del caudal aportado por el barranco de Poyo en la EA de Riba-roja). Estos valores hay que tomarlos, no obstante, como simples aproximaciones.

A partir de la modelación hidráulica realizada, también es posible analizar el efecto sobre la inundación de las diferentes infraestructuras de transporte en la zona. Los drenajes transversales de estas infraestructuras a menudo resultan insuficientes. Las obras de paso (puentes, marcos, etc.) han sido

siempre pensadas para salvar cauces e incluso pequeñas vaguadas, pero no para permeabilizar todo un trazado en terraplén atravesando un enorme llano de inundación. El efecto conjunto de las infraestructuras de la zona requiere un análisis cuidadoso. Es una cuestión compleja, pero necesaria para llegar a plantear actuaciones que mejoren la situación. A modo de ejemplo, sin embargo, podemos incluir como resultado de interés el caso de la autovía V-31 (Pista de Silla), en la conurbación Valencia-Silla. La urbanización de la zona ha cerrado todos los espacios libres para el paso del agua, excepto el propio cauce, cuya capacidad es muy reducida. Los puentes y las obras de paso de las infraestructuras, el ferrocarril y la propia V-31 bloquean el paso del agua. En la figura 11 podemos ver el efecto de remanso, aguas arriba, que genera dicha infraestructura en la zona de Catarroja-Massanasa-Alfajar. En la tira de imágenes superior se observa que al llegar la inundación a la V-31 se genera un *remanso*, expandiéndose la lámina de inundación hacia el norte. En la imagen inferior, se puede observar, en términos del número de Froude³, que efectivamente el agua es remansada aguas arriba de la V-31. En la zona de expansión del flujo hacia el norte se tienen números de Froude muy pequeños, lo que denota el claro remanso que se está formando motivado por el paso del flujo sobre el pequeño terraplén y la mediana de la V-31.

Figura 11. Modelo hidráulico. Zona Catarroja-Massanassa-Alfajar. Efecto de remanso causado por la V-31



3 El número de Froude (F) es un número adimensional que establece la relación de importancia entre las fuerzas inerciales y gravitatorias en el flujo en lámina libre, las dos fundamentales que lo gobiernan. De este modo, números de Froude menores que 1 y pequeños indican un flujo de baja velocidad y alto calado, en comparación con flujos del mismo caudal con números de Froude mayores que 1 y elevados. Un flujo con $F < 1$ se dice que está en *régimen lento* o *subcrítico*; mientras que aquel en el que $F > 1$ se denomina *régimen rápido* o *supercrítico* (si $F = 1$, el régimen es crítico). En el caso del régimen lento, sus características vienen condicionadas por lo que ocurra aguas abajo. Se dice que estos flujos “se controlan desde aguas abajo”.

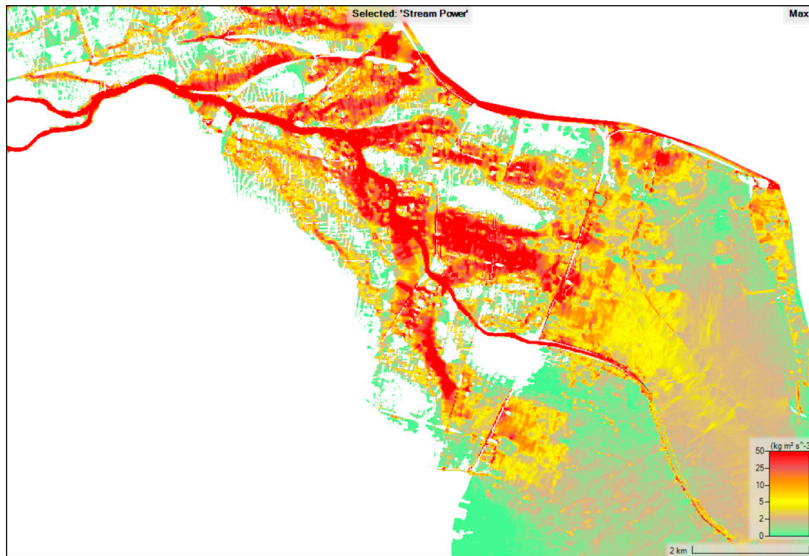
Flujos desbordados

En este epígrafe se analizan los flujos desbordados desde el punto de vista de su potencia hidráulica, que resulta de interés para valorar los daños materiales causados por la corriente y también para caracterizar su capacidad de arrastre. Este último aspecto es en el que centraremos esta parte del estudio.

El objetivo original de esta modelación hidráulica era el de generar una herramienta de ayuda en la búsqueda y localización de desaparecidos (Vallés-Morán, 2025a), para lo cual es fundamental el análisis de los flujos desbordados. En este análisis, la potencia hidráulica de la corriente se utiliza como indicador de su capacidad de arrastre. Así, es posible identificar en el área inundada las líneas de flujo más potentes y, por lo tanto, las susceptibles de causar mayores arrastres y mayores daños. A partir de la definición del concepto de potencia hidráulica de la corriente⁴ (su uso proviene fundamentalmente del campo de la hidráulica fluvial y la mecánica del transporte de sedimentos), se obtuvo, para la zona de interés, la capa con el valor de esta variable (figura 12). En la imagen se observan tres grandes corrientes de flujo desbordado (hacia el este) con una importante capacidad de arrastre (tonos más rojizos): una por el norte (la más delgada al norte de todas representa el nuevo cauce del Turia y no entra en este análisis), otra por el centro y otra por el sur. El brazo norte es el que se produce a partir del desbordamiento del barranco de Poyo por la margen izquierda en Picanya, y se dirige por el norte desde Benetúser hacia Sedaví. El brazo central, formado también a partir de los flujos desbordados por margen izquierda, es el que atraviesa Alfafar por el barrio de Orba, una de las zonas que mayores daños sufrió durante el episodio. Mientras que el brazo sur es el que se produce a partir del desbordamiento por margen derecha del barranco de Poyo al sur de Paiporta. Este se dirige hacia la zona sur del municipio de Catarroja y del polígono industrial al este de Albal, y desde ahí, donde pierde gran parte de su energía, cruzando la V-31, se introduce ya en la zona de huerta y en los arrozales de l'Albufera. Estos grandes brazos de flujo desbordado son coherentes con la compleja geomorfología de la zona en cuanto a la red de paleocauces, las depresiones intercono y los abanicos aluviales (Segura et al., en este número), lo que, sin duda, añade robustez a los resultados.

4 La potencia hidráulica de la corriente (P_H) se define a partir de la tensión tangencial (τ) ejercida por el flujo sobre los contornos sólidos (lecho fundamentalmente) y de la velocidad de la corriente (v) mediante la fórmula: $P_H = \tau v$, en términos de potencia por unidad de superficie, expresada por tanto en vatios por metro cuadrado (w/m^2).

Figura 12. Modelo hidráulico. Potencia hidráulica de la corriente



PROPUESTA DE HERRAMIENTA PARA LA LOCALIZACIÓN DE DESAPARECIDOS

Con este objetivo, la capa de potencia hidráulica de la corriente se superpone a la de *trayectorias* del flujo para una mejor interpretación de los resultados. A continuación, se establece un umbral de potencia hidráulica por debajo del cual la corriente pierde la capacidad de arrastre necesaria y, por tanto, deposita lo arrastrado⁵. A partir de dicho umbral, puede obtenerse una nueva capa de información geográfica de tipo binario, indicando en el área de interés aquellas zonas con valores de potencia hidráulica por debajo del umbral y las zonas con valores por encima.

Las zonas de interés como parcelas de potencial localización de desaparecidos serán aquellas que, recibiendo una corriente de flujo desbordado de potencia hidráulica suficiente (de ahí el interés de la superposición con la capa de trayectorias), en ellas esta se disipa (por rozamiento y fundamentalmente turbulencia) y por tanto tiene un valor por debajo del umbral establecido, que requerirá un calibrado posterior.

Una vez establecido el umbral de potencia hidráulica, se obtiene el mapa binario (zonas con valores por debajo y por encima) que, una vez superpuesto al campo de velocidades y trayectorias del flujo (figura 13), permite visualizar las posibles parcelas de localización de desaparecidos (ejemplo en figura 14). La delimitación de estas parcelas es posteriormente exportada en formato Kml de Google Earth, georreferenciado (figura 15), para ser directamente utilizadas en las labores de búsqueda por los cuerpos de emergencias (UME, Guardia Civil, Bomberos, etc.).

⁵ Como valor preliminar, se ha trabajado con un umbral de potencia hidráulica en torno a los 35 w/m².

Figura 13. Modelo hidráulico. Superposición de la capa de mapa binario con el campo de velocidades y trayectorias del flujo

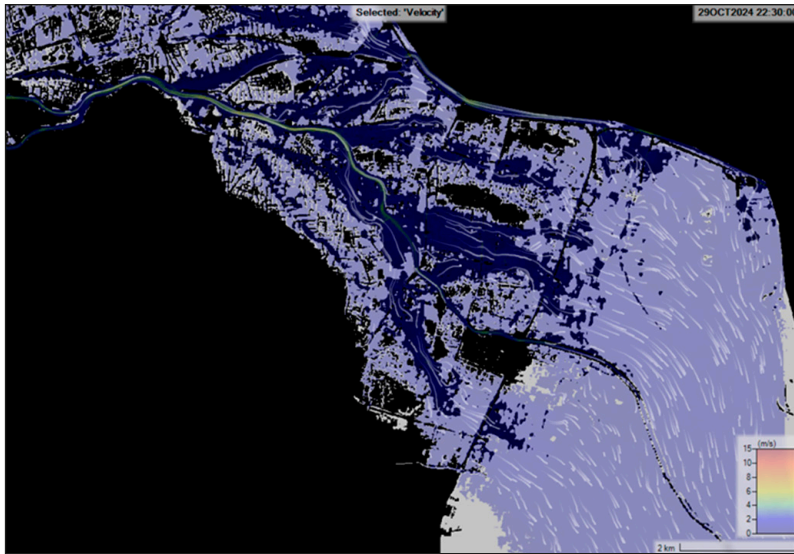


Figura 14. Ejemplo de potenciales parcelas de localización de desaparecidos

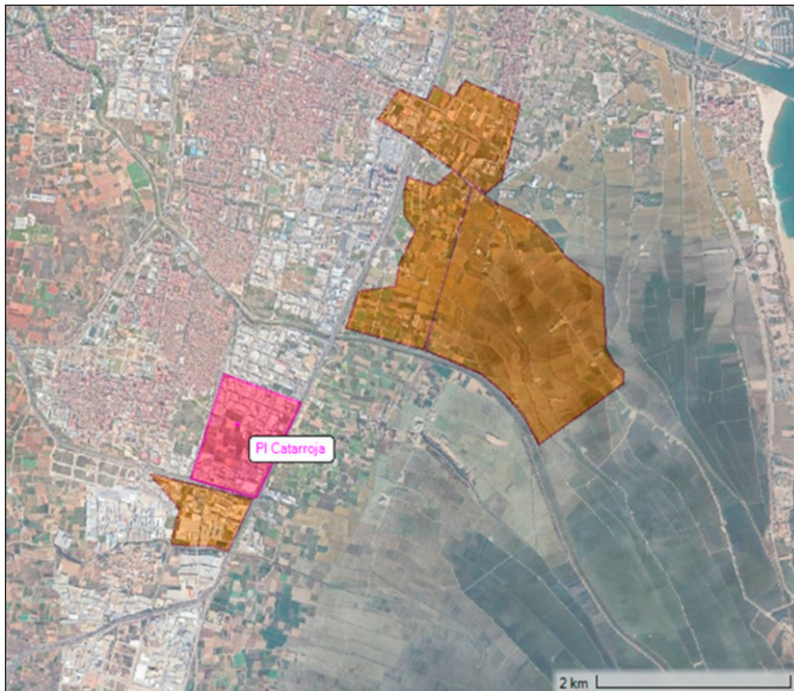
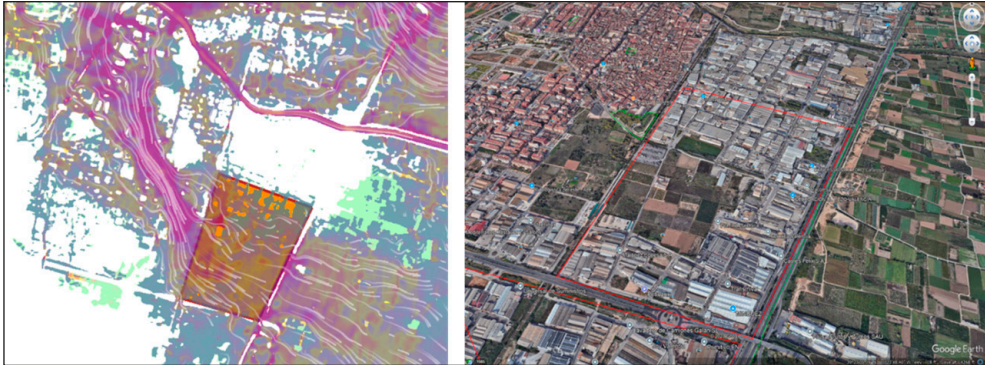


Figura 15. Ejemplo de delimitación y exportación de parcela en formato kmz de Google Earth



Se trata de una herramienta que, utilizada a tiempo, permitirá en el futuro la temprana localización de desaparecidos, lo que puede llevar a salvar vidas humanas y con ello reducir de manera notable el impacto de estos eventos extremos. En el episodio de 29 de octubre pasado en Valencia ha sido aplicada y ha resultado de gran utilidad, según nos han reportado los propios cuerpos de emergencias (a fecha de esta publicación, todavía se sigue trabajando con la Guardia Civil en este sentido). No obstante, para su puesta a punto total, como se ha comentado, requiere ser definitivamente calibrada a partir de las coordenadas reales de los puntos de localización de todos los desaparecidos por arrastre de la corriente.

CONCLUSIÓN

Con este trabajo se pone de manifiesto que, a partir de la información pública disponible (AEMET, AVAMET, SAIH de la CHJ, MDT del ICV, etc.) y con las herramientas adecuadas (de acceso libre), se tiene el conocimiento científico y técnico necesario para reproducir con suficiente aproximación el evento observado. Este tipo de modelación matemática supone una potente herramienta con múltiples aplicaciones en el caso de las inundaciones de origen fluvial. Con todo, se debe dejar claro que se trata de un modelo hidráulico de una realidad tremendamente compleja y, que, como todo modelo, supone una aproximación a esta. Además, por las características propias del modelo presentado, se trata de un modelo hidráulico simplificado. No obstante, analizada su bondad, se ha puesto de manifiesto que su grado de fiabilidad y aproximación son más que suficientes en relación con los objetivos perseguidos.

Los resultados directos obtenidos son, por tanto, de gran utilidad. La simulación ha permitido conocer con suficiente aproximación la extensión de la inundación, las alturas de agua en los diferentes puntos de interés (entorno territorial), la dinámica del proceso de inundación y, por tanto, la situación (foto fija) en distintos instantes del evento. Adicionalmente, a partir de los resultados obtenidos, se puede analizar el efecto de las principales infraestructuras de transporte, como es el caso de la autovía V-31.

Además, a partir de los resultados hidráulicos directos y mediante la utilización del concepto de potencia hidráulica de la corriente (y su uso como indicador de su capacidad de arrastre), se han analizado

los flujos desbordados estableciendo sus corrientes preferentes y se ha desarrollado una herramienta para la localización de desaparecidos. En este asunto en concreto, la investigación continúa, pues su objetivo principal es salvar vidas, es decir, llegar a localizar personas con vida en futuras catástrofes de esta naturaleza. Por ello, la aplicación temprana de la herramienta durante la emergencia es clave. Si desde los cuerpos de emergencias se implementa esta herramienta como ayuda en la búsqueda de desaparecidos, esta se optimiza al ser realizada con criterios científico-técnicos. Se mejora la respuesta pública respecto a estas catástrofes naturales, y al mismo tiempo se facilita la recuperación (en el peor supuesto, las familias recuperan antes los cuerpos de sus familiares fallecidos y pueden iniciar el proceso de duelo).

BIBLIOGRAFÍA

- Generalitat Valenciana (2013). Normativa del Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA). Dirección General de Evaluación Ambiental y Territorial. https://mediambient.gva.es/documents/20551069/91101391/Normativa_PATRICOVA_rev_web/88f5181b-1697-4c7f-83b6-dc471e1b89f0?version=1.0
- Julien, Y., Sobrino, A., Ruescas, A. B., Zornoza, C. & Serrano, J. (2025). Emergency mapping of mud extent in the context of October 29th 2024 flash floods in Valencia. *Recent Advances in Remote Sensing*, 5. <https://www.recentadvancesin.com/remote-sensing/3020-6448-rars25005/>
- Llaneras, K., Galán, J., Sevillano, L. & Grasso, D. (2024, 12 de noviembre). Las consecuencias de la DANA. Los datos evidencian la magnitud extrema de la riada: solo debía ocurrir cada 1.000 años. *El País*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2006). Proyecto Adecuación ambiental y drenaje de la cuenca del Poyo vertiente a la Albufera, Valencia. Confederación Hidrográfica del Júcar.
- Sevillano, L., Álvarez, C. & Borja, A. (2025, 18 de mayo). Predecible, devastadora y muy rápida: qué revela la simulación de la crecida de la Rambla del Poyo. *El País*. <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2025-05-18/predecible-devastadora-y-muy-rapida-que-revela-la-simulacion-de-la-crecida-de-la-rambla-del-poyo.html>
- Pardo, J., Almonacid, J., Fernández, A., Palomar, J. & Roch, A. (dir.). (2025). Altura de làmina d'inundació. <https://DANA2024.upvusig.car.upv.es> (consulta: 01/08/2025).
- Segura-Beltrán, F., Sanchís Ibor, C. & Giménez-Font, P. (2025). Per on corre l'aigua en una inundació: el paper de la geomorfologia en les riuades de l'Horta Sud del 29 d'octubre de 2024. *Cuadernos de Geografía*, (114), en este número.
- US Army Corps of Engineers (2024). HEC-RAS River Analysis System. User's Manual. Version 6.5. Hydrologic Engineering Center. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation.aspx>
- Vallés-Morán, F. J. (2024). *El método de volúmenes finitos en el análisis del flujo en lámina libre. Aplicación a la resolución del sistema de ecuaciones de Saint-Venant*. TFM Máster Interuniversitario en Investigación Matemática. Universitat Politècnica de València- Universitat de València.
- Vallés-Morán, F. J. (2025a). Análisis de los flujos desbordados como herramienta para la localización de desaparecidos DANA del 29 de octubre en la cuenca del barranco del Poyo (Valencia). *Revista*

de Obras Públicas: Órgano profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos, 3.654, 130-137. (Ejemplar dedicado a: DANA 2024). ISSN 0034-8619.

Vallés-Morán, F. J. (2025b). Simulació hidràulica de la revinguda del barranc de Poio durant la dana del 29 d'octubre de 2024 a València. *Revista L'Espill*, 76, 101-109.

Cómo citar este artículo:

Vallés-Morán, F. J. (2025). Simulación hidráulica de la inundación y flujos desbordados en la DANA del 29 de octubre de 2024 en l'Horta Sud (Valencia). *Cuadernos de Geografía*, 114-115, 375-395.

<https://doi.org/10.7203/CGUV.114-15.32121>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

