

Evaluación de la afectación por inundación para conservación de la Iglesia de Santa María de Tobed

Marta Quintilla-Castán
Sergio Martínez-Aranda
Luis Agustín-Hernández

Resumen

En las últimas décadas, el cambio climático ha intensificado amenazas como inundaciones, incendios y deforestación, exponiendo al patrimonio cultural a factores estresantes sin precedentes. Estos fenómenos comprometen su integridad, causando daños irreparables y pérdida de bienes de valor incalculable. La preservación del patrimonio en un clima cambiante exige análisis de riesgos y conservación preventiva para mitigar amenazas. Este enfoque evalúa peligros, vulnerabilidad y resiliencia de edificios históricos, integrando riesgos de origen natural como antrópico. En la presente investigación se evalúa la afectación por inundación en la localidad de Tobed (Zaragoza), donde se ubica la Iglesia de Santa María, declarada Patrimonio Mundial en 2021. El objetivo del estudio es determinar el riesgo de inundaciones de un bien Patrimonio de la Humanidad, mediante el uso de modelos que emplean ecuaciones bidimensionales de aguas someras o *Shallow Water Equations* (SWE-2D). Estos modelos permiten abordar evaluaciones integrales de la respuesta hidráulica y el peligro de inundación para eventos de lluvia extrema futuros. Datos que pueden ser utilizados para el diseño de planes de protección del edificio, tanto para evaluar el riesgo de afección por la escorrentía exterior, como de entrada de modelos de flujo en el interior de edificios patrimoniales más complejos.

Palabras clave

Conservación preventiva, inundaciones, cambio climático, patrimonio mundial, mudéjar.



Vista aérea del exterior
de la Iglesia de Santa
María de Tobed, Zaragoza
(fotografía de los
autores).

Introducción

En el momento actual, en el que se ha demostrado sobradamente que las actuaciones en el patrimonio cultural deben diseñarse bajo criterios de sostenibilidad, las iniciativas para promover su conservación no pueden ceñirse a acciones cuyo objetivo sea únicamente subsanar los efectos que produce el paso del tiempo, sino que, por el contrario, es preciso apostar por la implantación de medidas preventivas.

España posee uno de los patrimonios más ricos y variados del mundo y ocupa el tercer puesto en número de bienes culturales declarados Patrimonio de la Humanidad. Pero es un hecho que el patrimonio cultural no está libre del riesgo de sufrir daños como consecuencia de catástrofes, ya sean de origen natural o antrópico, y los ejemplos a lo largo de la historia son numerosos. Si bien el conocimiento de estos hechos históricos no evita el riesgo de que vuelvan a producirse, es fundamental conocerlos y analizarlos porque arrojan información sobre las circunstancias que hacen más vulnerables nuestros bienes culturales y sobre las medidas preventivas que pueden y deben implementarse [Carrión Gútiez 2015].

En las últimas dos décadas, el patrimonio cultural se enfrenta a fenómenos extremos y amenazas que, bajo un clima futuro en constante cambio, se intensifican rápidamente debido tanto a causas naturales como a acciones humanas. Eventos como precipitaciones extremas, inundaciones, incendios forestales y deforestación son efectos del cambio climático que están exponiendo al patrimonio a factores estresantes que la mayoría de los bienes nunca han experimentado, poniendo en peligro la integridad de algunos y causando daños irreparables, incluyendo la pérdida de bienes de incalculable valor.

La UNESCO, a lo largo de las últimas décadas ha reconocido progresivamente el impacto del cambio climático en el patrimonio mundial. En 2007, se aprobó el *Documento de política en materia de acción por el clima centrada en el Patrimonio Mundial* y en 2021 se inició su actualización para reflejar los avances en la comprensión y gestión de estos efectos. Tal como destaca el Comité Permanente para la Protección del Patrimonio Mundial, durante la *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de la UNESCO* de noviembre de 2021: “El cambio climático se ha convertido en una de las principales amenazas para el patrimonio mundial, con impactos potenciales sobre sus valores universales excepcionales, incluyendo su integridad y autenticidad, así como su capacidad para contribuir al desarrollo económico y social a nivel local” (p. 1).

El análisis de riesgos en la conservación preventiva

La preservación del patrimonio en el escenario de cambio climático, requiere un enfoque urgente y adaptativo para mitigar los impactos de estas amenazas y garantizar su protección para las generaciones futuras. Por ello, es necesario poner en práctica el análisis de riesgos aplicado al patrimonio para realizar una evaluación integrada de los diferentes peligros que puedan afectar su integridad y así abordar estrategias de conservación preventiva.

El análisis de riesgos aplicado al patrimonio arquitectónico implica una evaluación detallada de los peligros inherentes, así como de la vulnerabilidad y resiliencia estructural de los edificios. Este proceso requiere la evaluación de riesgos, identificando riesgos generales y específicos que podrían amenazar un sitio o área histórica en particular, así como determinar la magnitud de su impacto en dicho sitio.

La recopilación de datos relacionados con el peligro identificado suele ser menos compleja. Sin embargo, generalmente no se limita a un único factor, sino que implica un conjunto de elementos que pueden abarcar diversas categorías de riesgo, como fenómenos físicos, acciones humanas, incendios, inundaciones, plagas o condiciones ambientales adversas, clasificados según la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres [UNDRR 2020].

La gestión integral del riesgo en edificios históricos utiliza un enfoque de conservación preventiva, donde los riesgos individuales se integran para calcular un riesgo total

acumulado. Los resultados del análisis de riesgos permiten identificar los peligros más significativos, aquellos que representan mayores daños para los valores históricos del bien. Al considerar la naturaleza interrelacionada de los peligros, este método proporciona una visión completa y estructurada. Permitiendo abordar los desafíos desde una perspectiva interdisciplinaria y optimizar las estrategias de conservación para garantizar la protección eficaz del patrimonio arquitectónico [Sroczyńska 2023].

La complejidad de esta tarea se ve incrementada por la naturaleza multidimensional del patrimonio arquitectónico y la singularidad del tejido histórico de cada edificación, lo que ha impedido, hasta el momento, el desarrollo de un modelo universal para evaluar el riesgo de deterioro en edificios históricos [De la Torre 2002].

Además, se evidencia que la evaluación de riesgos se centra principalmente en contextos urbanos y territoriales, mientras que su aplicación a edificios específicos sigue siendo limitada [Appiotti et al. 2020].

Evaluación de riesgo de inundaciones

Numerosos bienes patrimoniales a nivel mundial enfrentan una creciente exposición a inundaciones, intensificada por los efectos del cambio climático que aumentan la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos. Ante este panorama, muchos países están priorizando la realización de planes de conservación preventiva específicos para sitios patrimoniales, con un enfoque particular en la evaluación de los posibles daños causados por inundaciones.

La gestión de riesgos de inundación en el marco del cambio climático exige un enfoque integral que aúne tecnologías avanzadas para la cuantificación del riesgo, análisis detallados de la vulnerabilidad intrínseca de los bienes patrimoniales y la implementación de estrategias adaptativas para garantizar su conservación y resiliencia.

Las características inherentes de los sitios patrimoniales, como su ubicación geoespacial, proximidad a masas de agua y atributos geomorfológicos, tienen un impacto crítico en su vulnerabilidad a las inundaciones, requiriendo soluciones integrales y específicas para cada caso.

Las inundaciones, en estos entornos, representan el desastre más común y destructivo, seguido por el riesgo de incendios. Aunque la principal causa de inundaciones consiste en la concentración de precipitaciones extremas en cortos períodos, factores como la capacidad de los sistemas de alcantarillado, fallos en las infraestructuras de drenaje y la escorrentía no controlada, contribuyen notablemente al impacto.

El objetivo del estudio es determinar el riesgo de inundaciones de un bien Patrimonio de la Humanidad como la Iglesia de Santa María de Tobed. Mediante el empleo de modelos hidrológicos se va a proceder a simular el comportamiento del área de estudio ante diversos eventos de precipitación, lo que va a permitir identificar y evaluar las zonas más vulnerables a inundaciones. Estos modelos facilitarán la identificación de áreas con mayor riesgo de inundación, considerando las características físicas como la topografía, el tipo de suelo y la vegetación, así como las condiciones hidrológicas. Además, permitirán estimar la magnitud y extensión de las inundaciones, calculando el volumen de agua que podría inundar el entorno del bien objeto de estudio y la profundidad máxima que podría alcanzar.

Gracias a la realización de diferentes modelos, se analizará el impacto de diferentes escenarios de precipitación, como eventos históricos o escenarios extremos proyectados bajo el cambio climático, proporcionando información valiosa para la gestión de riesgos.

Área de estudio: La iglesia de Santa María en Tobed

Tobed, un municipio situado en la provincia de Zaragoza, representa un caso ejemplar de integración entre el entorno natural, el desarrollo histórico y la planificación urbana, evidenciando una adaptación sostenible a las condiciones climáticas y geográficas



Fig. 1. Entorno urbano de la Iglesia de Santa María de Tobed (fotografías de los autores).

locales. El río Grío, que atraviesa el territorio, desempeña un papel determinante en el desarrollo urbano y económico de Tobed. El río configura un valle estrecho con terrazas fluviales y depósitos aluviales, siendo frecuentes los abarrancamientos y chimeneas de hadas [Lahoz Gimeno, Osácar Soriano, Pocoví Juan 2012]. Además, el núcleo urbano



Fig. 2. Nube de puntos obtenida por fotogrametría con dron de la Iglesia de Santa María de Tobed (elaboración propia).

está atravesado por el barranco de Valdeolivo, que se encuentra soterrado en su recorrido bajo.

Desde una perspectiva geográfica, el asentamiento urbano está estrechamente condicionado por las pendientes y desniveles del terreno, lo que ha llevado a una disposición compacta y adaptativa que aprovecha al máximo las características del valle. Tobed conserva un trazado urbano que refleja su origen medieval, típico de las pequeñas localidades de Aragón. El núcleo urbano está articulado en torno a la iglesia de Santa María, un relevante ejemplo de arquitectura mudéjar declarada Patrimonio Mundial por la UNESCO desde 2021 (fig. 1). Su ubicación estratégica en el centro histórico no solo refuerza su función religiosa, sino que también simboliza su importancia social y cultural para los habitantes. La iglesia de Santa María de Tobed pertenece a la categoría de iglesias-fortaleza, caracterizadas por su nave única y planta rectangular (fig. 2).

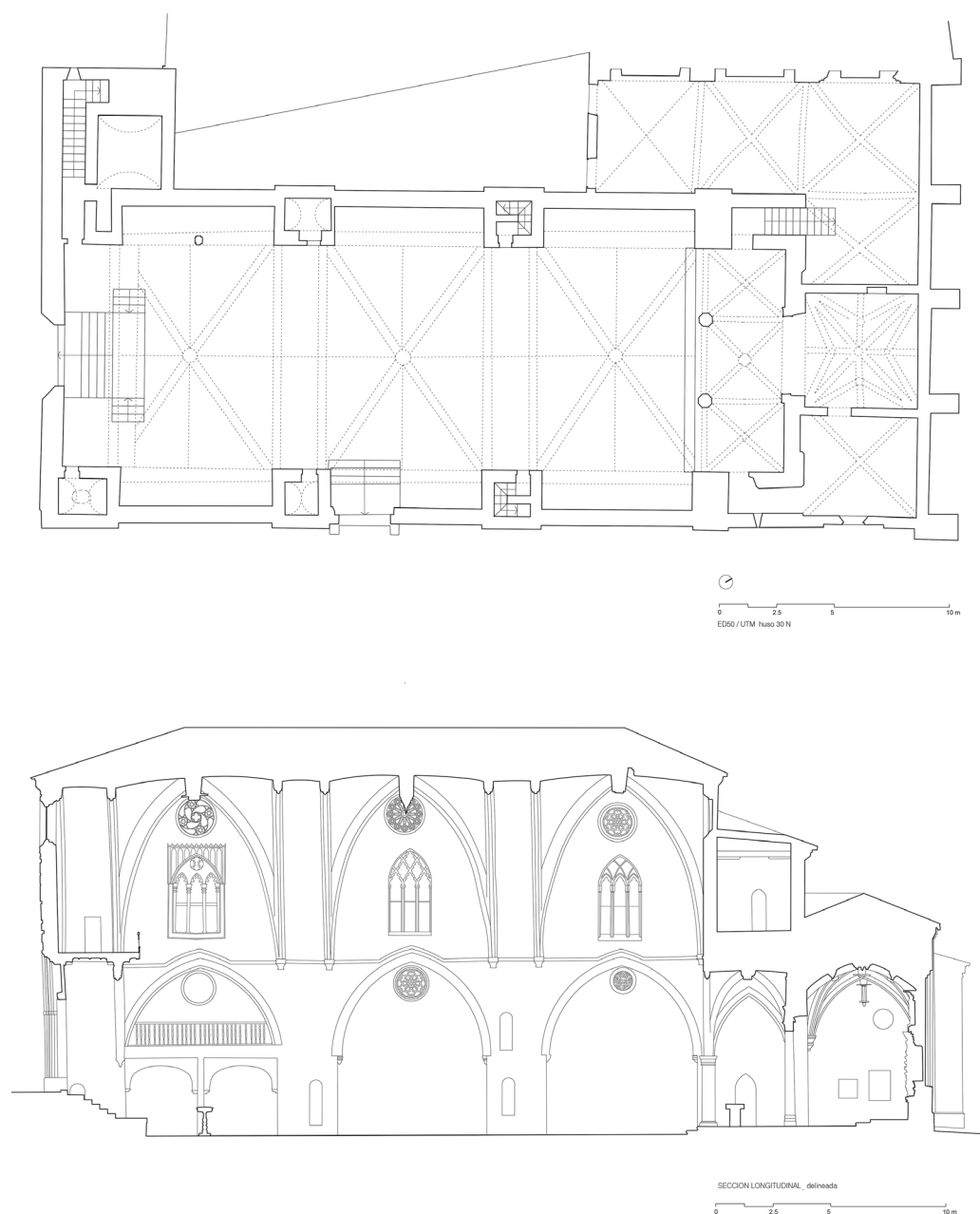
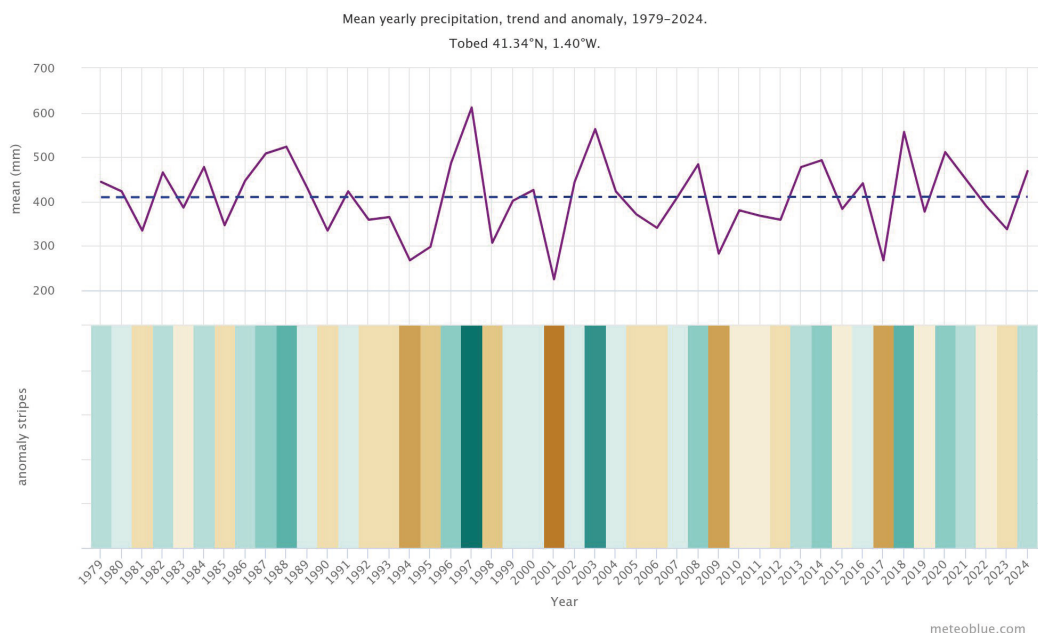


Fig. 3. Planta baja y sección longitudinal de la Iglesia de Santa María de Tobed (elaboración propia).

Fig. 4. Precipitación media anual, tendencia y anomalía en Tobed, 1979-2024. El gráfico superior muestra una estimación de la precipitación total media. En la parte inferior, el gráfico muestra las denominadas *fajas de precipitación*. Cada faja de color representa la precipitación total de un año: verde para los años más húmedos y marrón para los más secos (meteoblue.com).



Su construcción comenzó en 1356 y concluyó en las primeras décadas del siglo XV [Condor Abanto 2010]. El edificio se presenta como un volumen compacto, definido por sus muros de ladrillo dispuestos a soga y tizón, y con un marcado carácter militar acentuado por las torres-contrafuerte.

La fachada principal, orientada hacia el oeste, destaca por su decoración de estilo almohade, en la que se combinan ladrillo y azulejería.

En el interior, la cabecera alberga el presbiterio, compuesto por tres capillas de planta cuadrada, que se abren a la nave mediante tres arcos apuntados (fig. 3). Estas capillas están interconectadas entre sí y se cubren con bóvedas de crucería sencilla [Borrás Gualis 1985].

El clima de Tobed se caracteriza por un régimen mediterráneo continentalizado, con inviernos fríos (temperaturas mínimas promedio cercanas a los 0 °C) y veranos calurosos (temperaturas máximas que rondan los 30 °C).

Las precipitaciones anuales, de aproximadamente 400 mm, presentan una distribución desigual, concentrándose principalmente en los meses de primavera y otoño, mientras que el verano es marcadamente seco. Los meses más lluviosos son abril y mayo, con precipitaciones que superan los 50 mm mensuales, mientras que julio y agosto son los más secos, con valores inferiores a 20 mm (fig. 4).

Analizando los datos históricos de precipitaciones diarias en el periodo 1950-2020 obtenidos de la *serie histórica de precipitaciones diarias* publicada por la Dirección General de Cambio Climático y Educación Ambiental del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, se observa que los fenómenos extremos están aumentando en las últimas décadas, siendo en 2018 el día con más precipitaciones, 112.5 mm, alejado del segundo día con más precipitaciones del que se tiene constancia, de 75.5 mm en el año 2011.

La localidad de Tobed no se encuentra dentro del Mapa de Susceptibilidad de Riesgo de inundaciones del *Plan Territorial de Protección Civil de Aragón (PLATEAR)*, ni en el *Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)*.

Sin embargo, por sus características geológicas, geográficas y la relevancia de la Iglesia de Santa María, Patrimonio de la Humanidad, se ha considerado necesario realizar un estudio en detalle del riesgo de inundaciones en el supuesto de precipitación extrema debido al cambio climático.

Metodología

Las ecuaciones bidimensionales de aguas someras o *Shallow Water Equations* (SWE-2D) están compuestas por las ecuaciones de conservación de masa y cantidad de movimiento promediadas verticalmente en la escorrentía y gobiernan el proceso hidrodinámico de transformación de lluvia a escorrentía.

En este trabajo usamos el modelo *RiverFlow2D* [Hydronia LLC 2025], basado en las SWE-2D y desarrollado por la Universidad de Zaragoza. Este modelo SWE-2D requiere la reconstrucción topográfica detallada del terreno y de los edificios, así como la distribución de usos de suelo para caracterizar la rugosidad hidráulica, también llamado coeficiente de Manning. El forzamiento hidrológico es impuesto por la distribución de la intensidad de lluvia I_{r60} (mm/h) en el tiempo y el espacio. Como resultado, *RiverFlow2D*

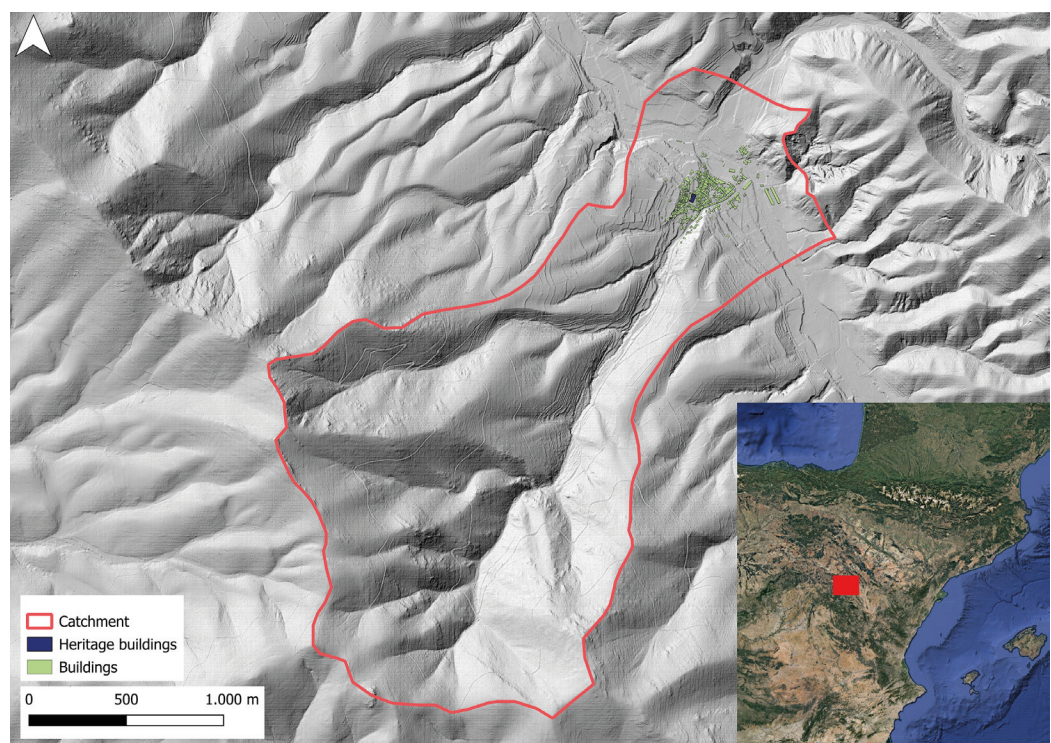


Fig. 5. Modelo Digital de Elevación (MDE) de toda la cuenca hidrográfica del entorno de Tobed (elaboración propia).

proporciona soluciones de alta resolución en tiempo y espacio para la profundidad de escorrentía h [m] y la velocidad del flujo a lo largo de las coordenadas cartesianas x e y , denominadas u [m/s] y v [m/s] respectivamente. Esto permite abordar evaluaciones integrales de la respuesta hidráulica y el peligro de inundación para eventos de lluvia extrema futuros.

Primero, se creó el modelo digital de elevación (MDE) con resolución 1×1 m a partir de la nube de puntos LIDAR 2ª cobertura oficial [CNIG 2016a] para el área urbana de Tobed, incluyendo las elevaciones del terreno y de los edificios. A continuación, este MDE del área urbana se superpuso con el modelo digital del terreno oficial MDT02 [CNIG, 2016b] para crear el MDE de toda la cuenca hidrológica para el barranco de Valdeolivo (fig. 5).

La distribución espacial del coeficiente de rugosidad de Manning en la cuenca hidrográfica se derivó a partir de la clasificación de cobertura del suelo SIOSE [CNIG 2018] utilizando las reglas de conversión para cada tipo de cobertura del suelo recomendadas en las directrices nacionales *Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables* [Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino 2011].

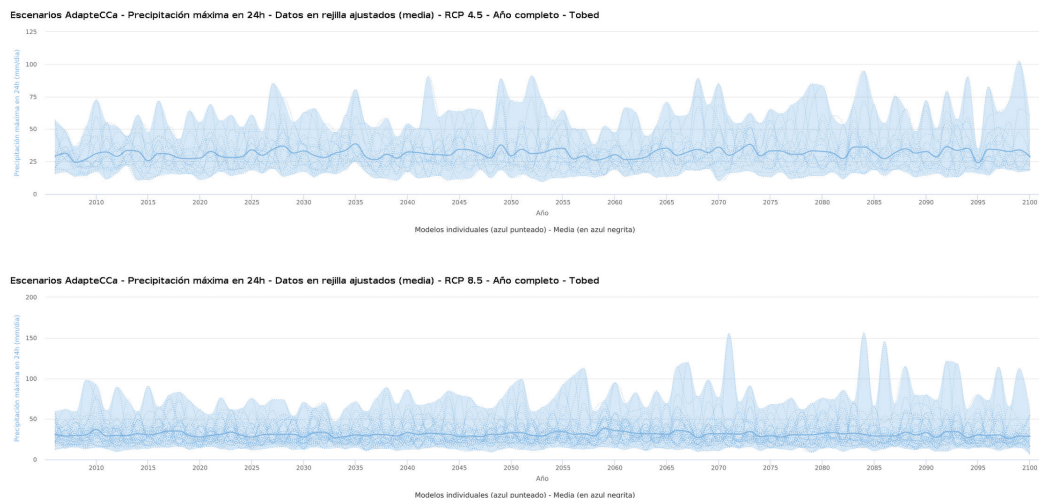


Fig. 6. Escenarios obtenidos del Visor de Escenarios del Cambio Climático de precipitación máxima en 24h de Tobed. Arriba, escenario RCP 4,5 y abajo escenario RCP 8,5 (<https://escenarios.adaptecca.es>).

Esta conversión da lugar a coeficientes de rugosidad de Manning en la cuenca que oscilan entre $n_b = 0,03-0,04 \text{ s/m}^{1/3}$ para zonas de suelo natural desnudo y $n_b = 0,09-0,10 \text{ s/m}^{1/3}$ para zonas con coberturas artificiales, como carreteras y áreas urbanas.

Para evaluar la respuesta hidráulica de la cuenca ante precipitaciones extremas, se utiliza un conjunto de 4 eventos sintéticos de lluvia con diferente probabilidad de ocurrencia. En primer lugar, se obtuvo la precipitación diaria máxima en la zona de Tobed para periodos de retorno (TR) de 50, 100, 200 y 500 años a partir del análisis estadístico de las series históricas de precipitación, siguiendo el método establecido en las directrices nacionales *Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular* [Ministerio de Fomento 1999]. Esta precipitación diaria máxima se modificó utilizando las proyecciones regionalizadas del cambio climático para España en el *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático PNACC* [Rodríguez, Gutiérrez 2017]. En este documento, las proyecciones globales reportadas en el *Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC-AR5)* se adaptan específicamente para cada región de España, incluyendo la anomalía relativa de

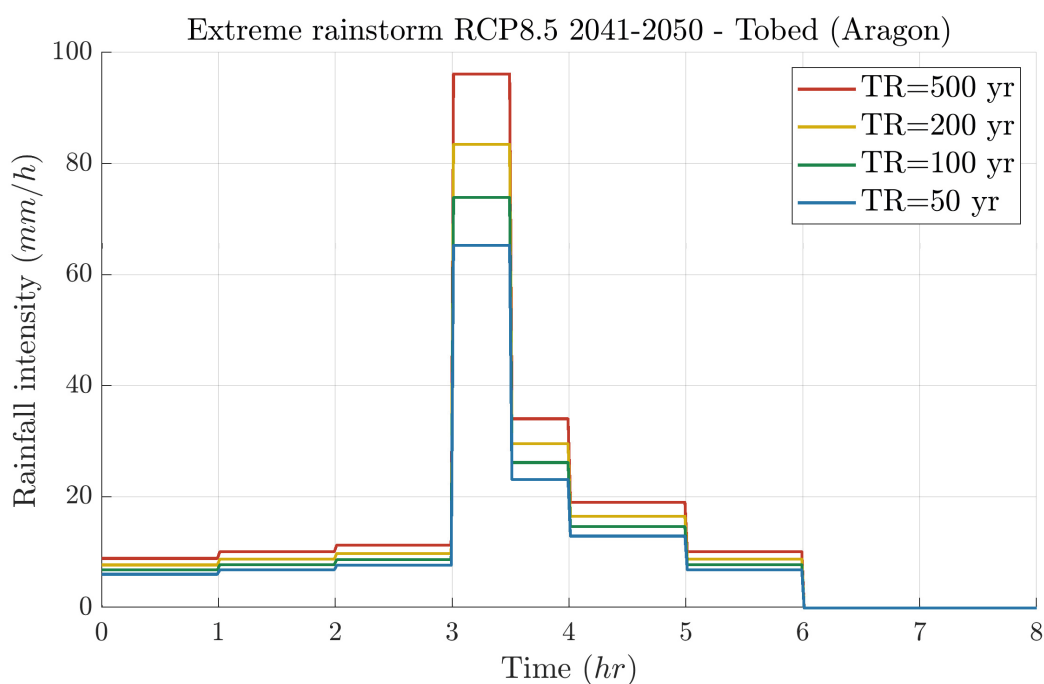


Fig. 7. Hietogramas sintéticos resultantes para aguacero extremo en el escenario RCP8.5 2041-2050 de Tobed (elaboración propia).

las variables meteorológicas respecto al periodo de referencia climático 1971-2000 (fig. 6). Este documento ofrece proyecciones regionalizadas para los escenarios RCP4.5 (cambio climático moderado) y RCP8.5 (cambio climático severo).

Utilizando la anomalía relativa proporcionada en estos informes para la precipitación diaria máxima en el área de Tobed en el escenario de emisiones RCP8.5, podemos actualizar el valor de precipitación diaria máxima asociado a cada TR para el periodo temporal 2041-2050.

A continuación, se crearon los hietogramas (intensidad de lluvia vs. tiempo) para un aguacero de 6 horas de duración asociado a cada periodo de retorno. La relación entre intensidad, duración y frecuencia del evento extremo de lluvia se realizó siguiendo las directrices nacionales de la *NORMA 5.2-IC de la Instrucción de carreteras* [Ministerio de Fomento 2019].

La figura 7 muestra los hietogramas sintéticos resultantes para el aguacero extremo correspondiente a periodos de retorno de $TR = 50$, $TR = 100$, $TR = 200$ y $TR = 500$ años en la zona de Tobed. Estos hietogramas se utilizan como entrada del modelo hidrodinámico *RiverFlow2D*.

Resultados

Para los eventos extremos de precipitación con $TR = 50$, $TR = 100$, $TR = 200$ y $TR = 500$ años, la simulación realizada con *RiverFlow2D* ofrece como resultado la distribución de escorrentía en alta resolución en toda cuenca del barranco de Valdeolivo, en términos de profundidad y velocidad de flujo superficial. Para la valoración del nivel de riesgo al que se encuentra expuesta la Iglesia de Santa María, se estudiará la evolución de la escorrentía generada por cada aguacero extremo en las calles del núcleo urbano. Se fijan los puntos de control *OP-1* (entrada principal a la iglesia) y *OP-2* (entrada lateral a la nave), así como la sección de control *SEC-1* transversal a la fachada principal mudéjar (fig. 8).

El entramado urbano genera un efecto embudo en el movimiento del flujo superficial por las calles del municipio. Las figuras 9 y 10 muestran la distribución de altura h y

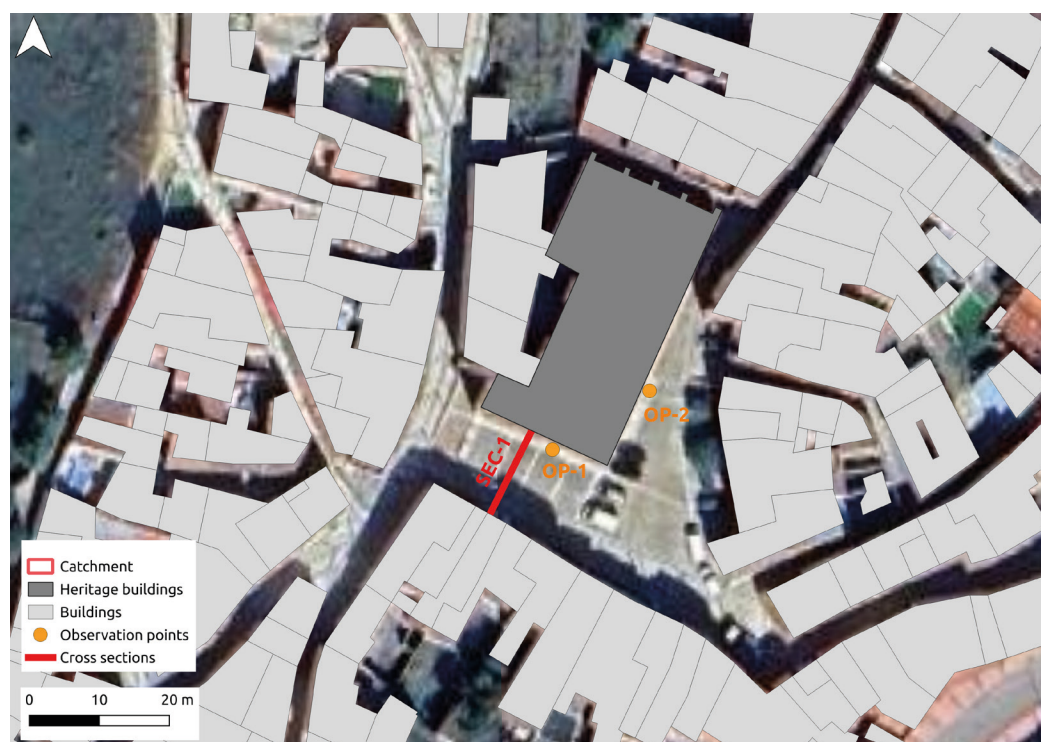


Fig. 9. Distribución de la velocidad de la escorrentía en el tiempo 4 hr del aguacero con tiempo de retorno TR-500 años, en el entorno de la Iglesia de Santa María (elaboración propia).

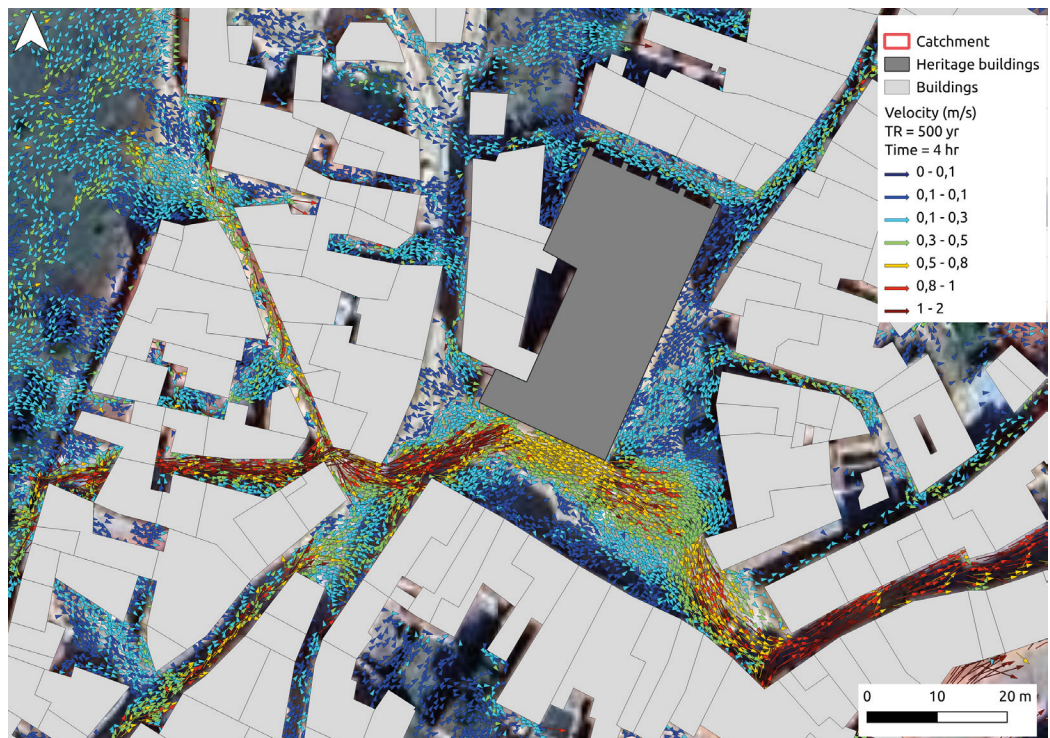


Fig. 10. Distribución de la altura h de la escorrentía en el tiempo 4 hr del aguacero con tiempo de retorno TR-500 años, en el entorno de la Iglesia de Santa María (elaboración propia).

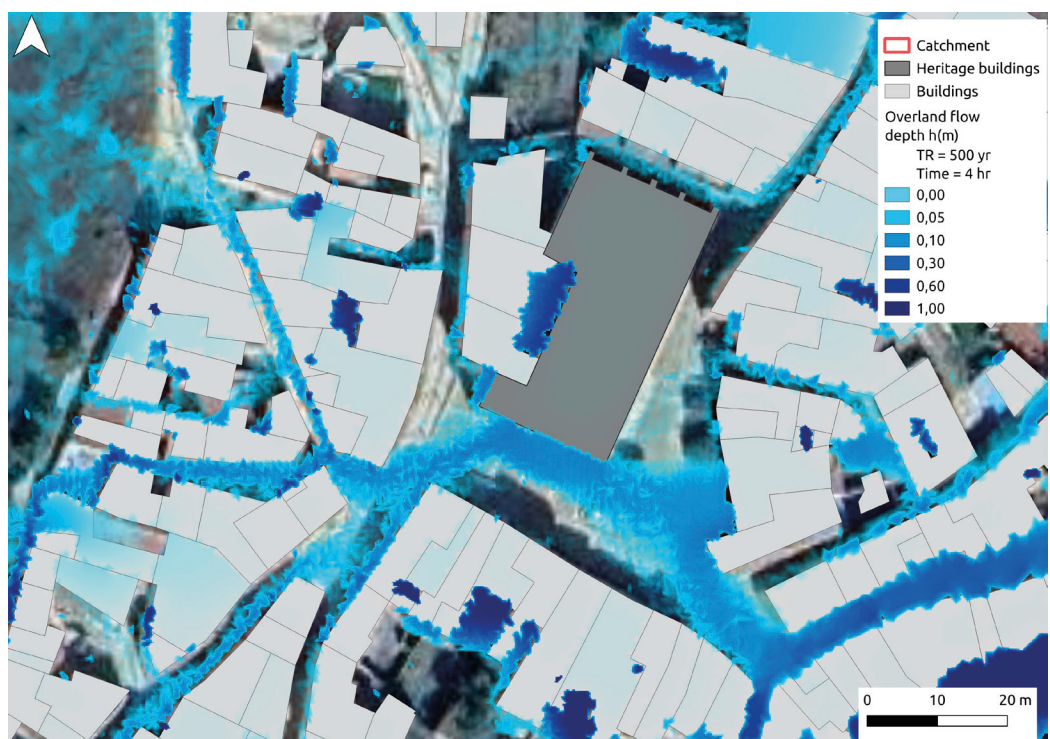
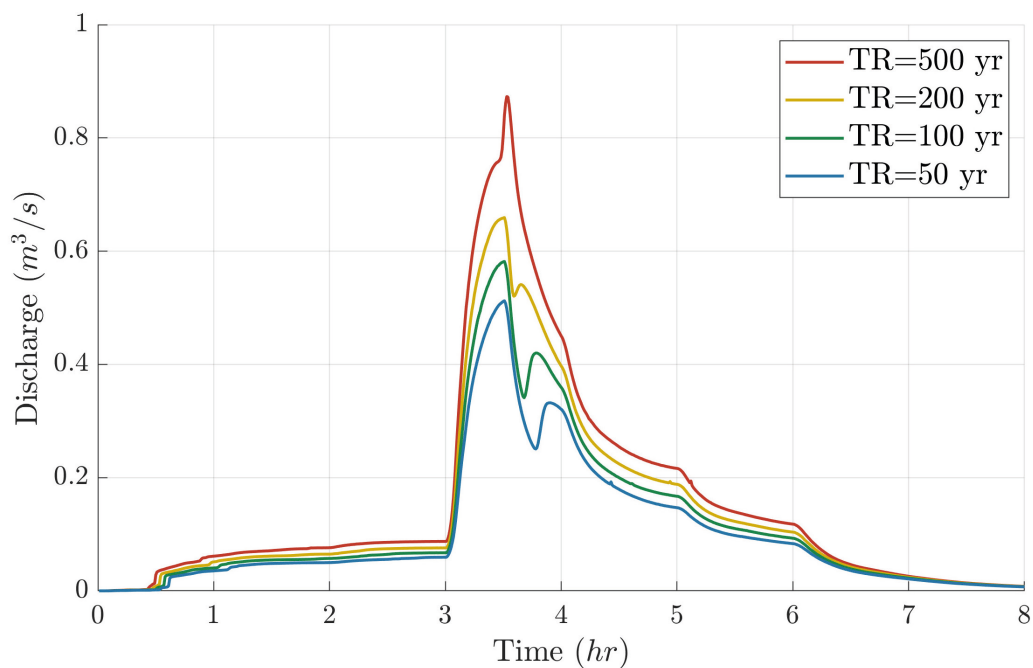


Fig. 11. Evolución temporal del caudal de escorrentía frente a la fachada principal mudéjar para cada aguacero con TR=50, TR=100, TR=200 y TR=500 (elaboración propia).



velocidad de la escorrentía, respectivamente, en el tiempo 4 hr del aguacero con tiempo de retorno TR = 500 años.

El efecto conjunto de las calles situadas en la zona elevada, genera una acumulación artificial de escorrentía en la plaza frente a la fachada principal de la iglesia. Según los resultados, en esta plaza se pueden alcanzar alturas de escorrentía de hasta 25 cm con velocidades cercanas a 1 m/s. Esto equivale a una corriente con alta energía y un gran poder de arrastre, capaz de desplazar mobiliario urbano no-fijo y vehículos estacionados aguas abajo.

Además, la especial disposición del entramado urbano aguas-abajo de la iglesia, parece ofrecer la posibilidad de que estos objetos arrastrados obstaculicen la salida natural

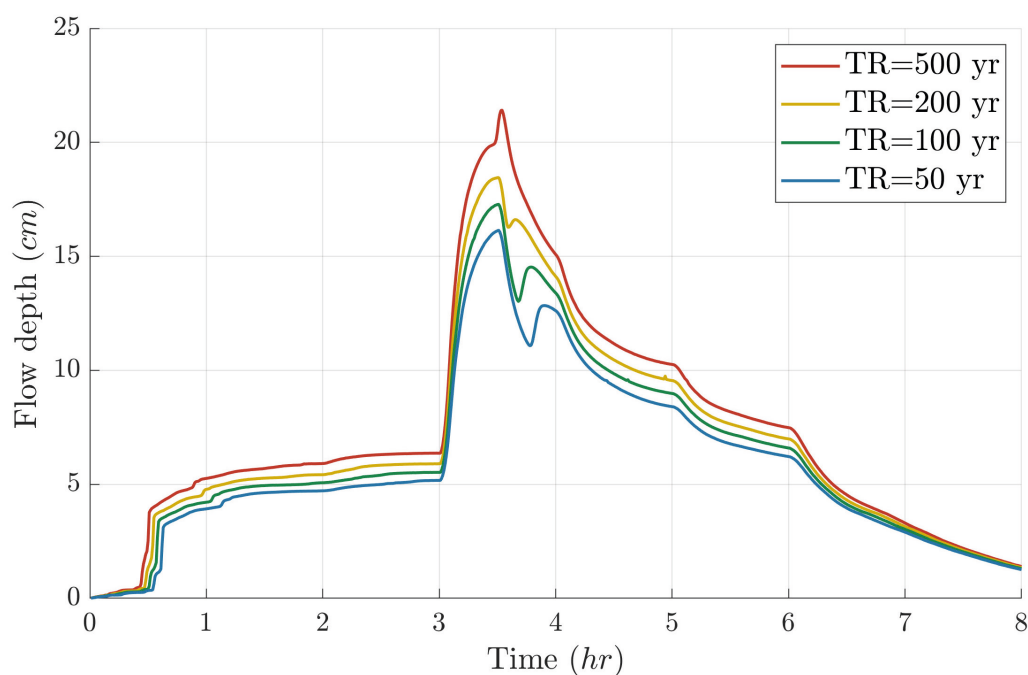
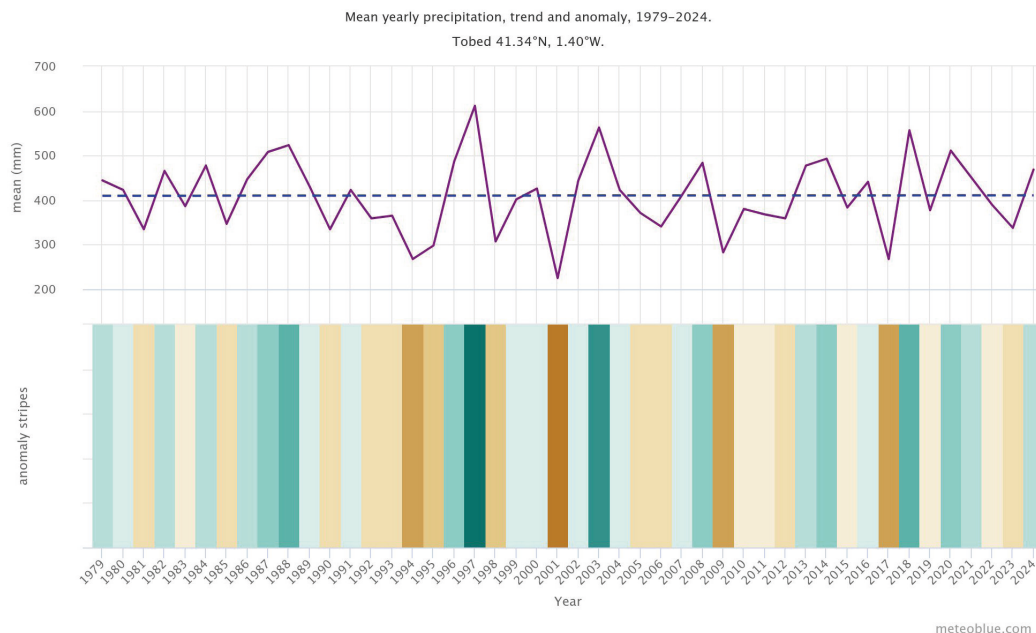


Fig. 12. Variación de la altura de la escorrentía en el punto de control OP-1 (entrada principal) para todos los eventos extremos considerados (elaboración propia).

Fig. 13. Variación de la velocidad del flujo superficial de la escorrentía en el punto de control OP-1 (entrada principal) para todos los eventos extremos considerados (elaboración propia).



del flujo hacia el barranco de Valdeolivo. Esto resultaría en la formación un tapón de escombros en la zona inferior derecha de la plaza principal, lo que incrementaría posiblemente la afectación a la zona aguas-arriba de este punto, donde se encuentra el bien patrimonial.

Los resultados ofrecidos por *RiverFlow2D* permiten evaluar de forma cuantitativa la variación del riesgo de afectación dependiendo de la probabilidad de ocurrencia del evento extremo de lluvia, i.e. en función de su tiempo de retorno.

La figura 11 muestra la evolución temporal del caudal de escorrentía que atraviesa la calle frente a la fachada principal de la iglesia para cada aguacero con TR = 50, TR = 100, TR = 200 y TR = 500 años. Este dato permite hacer una valoración cuantitativa de la capacidad de arrastre del flujo.

Para el evento con TR = 500 años, el pico de escorrentía que atraviesa la sección de control SEC-1 alcanzaría los 0.8 m³/s en el tiempo 3.5 hr. Este pico se reduce a 0.5 m³/s para el evento extremo con TR = 50 años. Ambos valores representan corrientes con una alta energía disponible para arrastrar mobiliario flotante. Finalmente, las características de la escorrentía en los puntos de control OP-1 y OP-2, i.e. las entradas principales a la nave de la iglesia, aportan información cuantitativa sobre cuál sería la afectación al interior del bien patrimonial.

Las figuras 12 y 13 muestran la variación de la altura y velocidad del flujo superficial en el punto OP-1 (entrada principal) para todos los eventos extremos considerados. Para un aguacero con TR = 500 años, la altura de escorrentía alcanzaría los 20 cm con una velocidad de casi 0.7 m/s en el pico del evento. Estos valores se reducen a una altura de 16 cm con velocidad 0.55 m/s para el evento extremo de lluvia con TR = 50 años. Estos datos demuestran que la afectación al interior del bien patrimonial podría ser importante.

Además, estos datos en los puntos de control pueden ser utilizados para el diseño de planes de protección del edificio.

El análisis de eventos extremos en Tobed considera la evaluación de los umbrales de precipitación, la frecuencia e intensidad de eventos históricos, así como sus impactos en la población y la economía local.

Herramientas como el índice de riesgo de inundación anual promedio y los mapas relacionados, permiten a los gestores del patrimonio definir criterios y priorizar los sitios que necesitan medidas de mitigación de inundaciones.

Los datos ofrecidos por las simulaciones *SWE-2D* de alta resolución pueden ser utilizados para el diseño de planes de protección del edificio, tanto para evaluar el riesgo de afección por la escorrentía exterior, como de entrada de modelos de flujo en el interior de edificios patrimoniales más complejos.

Este es un paso que este trabajo deja para desarrollos futuros. Estas acciones serán clave para mitigar los riesgos asociados a eventos climáticos extremos y garantizar la protección del patrimonio arquitectónico de Tobed en un futuro cada vez más afectado por las variaciones climáticas.

Conclusiones

La presente investigación, centrada en la evaluación del riesgo de inundación en la Iglesia de Santa María de Tobed, aborda una problemática que trasciende el ámbito técnico para situarse en un cruce disciplinar que incluye la representación, la percepción y la narración del patrimonio en el contexto del cambio climático.

Este trabajo no solo modela el impacto físico de eventos extremos mediante simulaciones *SWE-2D*, sino que también activa procesos representativos que contribuyen a una narrativa visual y espacial del riesgo.

Al describir cómo el agua recorre el entramado urbano y afecta los accesos a un edificio de alto valor simbólico, el estudio genera una nueva forma de *èkphrasis* contemporánea: la descripción visual y técnica del futuro posible de un bien cultural amenazado.

Por tanto, puede afirmarse que este artículo propone una *èkphrasis* del riesgo, que traslada los datos climáticos, topográficos e históricos a representaciones visuales detalladas (modelos digitales, mapas de escorrentía, gráficos hidrodinámicos) que no solo informan, sino que apelan a la imaginación del lector especializado, despertando una conciencia crítica sobre el impacto del cambio climático en el patrimonio.

Esta forma de representación constituye un discurso visual que da forma y sentido a una amenaza inmaterial, haciéndola visible y tangible a través del dibujo y la simulación digital.

Créditos

Este trabajo se ha realizado dentro del marco de trabajo del grupo de referencia: H32_23R. Grupo de Representación Arquitectónica del Patrimonio Histórico y Contemporáneo. GRAPHyC, reconocido por el Gobierno de Aragón y del Instituto de Patrimonio y Humanidades de la Universidad de Zaragoza (IPH).

Ha sido financiado por el Proyecto PID2022-137334NB-I00: *Herramientas computacionales predictivas y optimización mediante Inteligencia Artificial para riesgos hidro-morfológicos y escenarios de Cambio Climático*.

Referencias bibliográficas

- Appiotti, F., Assuma, V., Bottero, M., Campostrini, P., Datola, G., Lombardi, P., Rinaldi, E. (2020). Definition of a Risk Assessment Model within a European Interoperable Database Platform (EID) for Cultural Heritage. In *Journal of Cultural Heritage*, n. 46, pp. 268-277. <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2020.08.001>.
- Borrás Gualis, G. M. (1985). *Arte Mudéjar Aragonés*. Zaragoza: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza, Caja de Ahorros y Monte Piedad de Zaragoza, Aragón y Rioja.
- Carrión Gútiérrez, A. (2015). *Plan Nacional de Emergencias y Gestión de Riesgos en Patrimonio Cultural*. Madrid: Ministerio de Educación Cultura y Deporte.
- Centro Nacional de Información Geográfica, CNIG (2016a). *MDT02*. <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/lidar-segunda-cobertura>.
- Centro Nacional de Información Geográfica, CNIG (2016b). *LIDAR 2º Cobertura*. <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/modelo-digital-terreno-mdt02-segunda-cobertura>.
- Centro Nacional de Información Geográfica, CNIG (2018). *SIOSE-AR*. <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/siose-ar>.
- Condor Abanto, L. (2010). La iglesia de Santa María de Tobed. In *Cuadernos de Aragón*, n.45. Zaragoza: Institución Fernando El Católico.
- De la Torre, M. (2002). *Assessing the value of cultural heritage*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Hydronia LLC. (2025). *RiverFlow2D* [software]. <https://www.hydronia.com/riverflow2d>.
- Lahoz Gimeno, J., Osácar Soriano, M.C., Pocoví Juan, A. (2012). El singular paraje de "Los Abuelos" (Tobed, provincia de Zaragoza) y su relación con la falla de Datos (Cadena Ibérica Oriental, NE de España). In G. Meléndez Hevia, J. Ramajo Cordero, A. Pocoví Juan (Eds). *Geotemas*, VIII Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico, Zaragoza, 18-21 junio 2009, vol. 12, pp. 147-150. Zaragoza: Octavio y Felez, S.A.
- Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras (1999). *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*. https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/0610300.pdf.
- Ministerio de Fomento (2019). *Norma 5.2-IC de la Instrucción de Carreteras. Drenaje superficial*. <https://publicaciones.transportes.gob.es/norma-5-2-ic-de-la-instruccion-de-carreteras--drenaje-superficial>.
- Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino (2011). *Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/guia-metodologica-determinacion-zonas-inundables.html>.
- Rodríguez, E., Gutiérrez, J.M. (2017). *Escenarios-PNACC 2017: Nueva colección de escenarios de cambio climático regionalizados del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)*. Madrid: AEMET, CSIC, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Sroczynska, J. (2023). Basic methods of risk assessment analysis in preventive conservation of architectural heritage. In S. Parinello, R. De Marco (Eds). *Digital Strategies for Endangered Cultural Heritage: Forthcoming Interspecies*, pp. 94-103. Pavia: Pavia University Press.
- UNDRR (2020). *Hazard definition and classification review. Technical Report*. Ginebra: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), International Science Council (ISC).

Autores

Marta Quintilla-Castán, Universidad de Zaragoza, mquintilla@unizar.es
Sergio Martínez-Aranda, Universidad de Zaragoza, sermar@unizar.es
Luis Agustín-Hernández, Universidad de Zaragoza, lagustin@unizar.es

Para citar este artículo: Marta Quintilla-Castán, Sergio Martínez-Aranda, Luis Agustín-Hernández (2025). Evaluación de la afectación por inundación para conservación de la Iglesia de Santa María de Tobed. In L. Carlevaris et al. (a cura di). *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Atti del 46° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Milano: FrancoAngeli, pp. 4055-4082. DOI: 10.3280/oa-1430-c965.

Flood Risk Assessment in the Preventive Conservation of the Church of Santa María of Tobed

Marta Quintilla-Castán
Sergio Martínez-Aranda
Luis Agustín-Hernández

Abstract

In recent decades, climate change has intensified threats such as floods, fires and deforestation, exposing cultural heritage to unprecedented stressors. These phenomena compromise its integrity, causing irreparable damage and loss of invaluable assets. Preserving heritage in a changing climate requires risk analysis and preventive conservation to mitigate threats. This approach assesses hazards, vulnerability and resilience of historic buildings, integrating risks of natural and anthropogenic origin. This research assesses the impact of flooding in the town of Tobed (Zaragoza), where the Church of Santa María is located, declared a World Heritage in 2021. The objective of the study is to determine the risk of flooding of a World Heritage Asset, through the use of models that employ two-dimensional shallow water equations or *Shallow Water Equations (SWE-2D)*. These models allow comprehensive assessments of hydraulic response and flood hazard for future extreme rainfall events. Data that can be used to design building protection plans, both to assess the risk of damage from external runoff and the entry of flow models into the interior of more complex heritage buildings.

Keywords

Preventive conservation, floods, climate change, world heritage, mudejar.



Aerial view of the exterior of the Church of Santa María of Tobed, Zaragoza (photograph by the authors).

Introduction

At the present time, when it has been amply demonstrated that actions on cultural heritage must be designed under sustainability criteria, initiatives to promote its conservation cannot be limited to actions whose objective is only to remedy the effects produced by the passage of time, but, on the contrary, it is necessary to commit to the implementation of preventive measures.

Spain has one of the richest and most varied heritages in the world and ranks third in the number of cultural assets declared World Heritage Sites. But it is a fact that cultural heritage is not free from the risk of damage as a result of catastrophes, whether of natural or man-made origin, and there are numerous examples throughout history. Although knowledge of these historical facts does not prevent the risk of their recurrence, it is essential to know and analyze them because they provide information about the circumstances that make our cultural assets more vulnerable and about the preventive measures that can and should be implemented [Carrión Gútiérrez 2015].

In the last two decades, cultural heritage has been confronted with extreme events and threats that, under a constantly changing future climate, are rapidly intensifying due to both natural causes and human actions. Events such as extreme rainfall, flooding, wildfires and deforestation are effects of climate change that are exposing heritage to stressors that most assets have never experienced, jeopardizing the integrity of some and causing irreparable damage, including the loss of assets of incalculable value.

UNESCO has gradually recognised the impact of climate change on world heritage over the past few decades. In 2007, the *Policy Document on Climate Action Focused on World Heritage* was approved and in 2021 its update began to reflect advances in understanding and managing these effects. As highlighted by the Standing Committee for the Protection of World Heritage during the UNESCO *Convention on the Protection of the World Cultural and Natural Heritage* in November 2021: “Climate change has become one of the major threats to world heritage, with potential impacts on its outstanding universal values, including its integrity and authenticity, as well as its ability to contribute to economic and social development at the local level” (p. 1).

Risk analysis in preventive conservation

The preservation of heritage in the context of climate change requires an urgent and adaptive approach to mitigate the impacts of these threats and ensure its protection for future generations. Therefore, it is necessary to implement risk analysis applied to heritage in order to carry out an integrated assessment of the different dangers that may affect its integrity and thus address preventive conservation strategies.

Risk analysis applied to architectural heritage involves a detailed assessment of the inherent hazards, as well as the structural vulnerability and resilience of buildings. This process requires risk assessment, identifying general and specific risks that could threaten a particular historic site or area, as well as determining the magnitude of their impact on that site.

Collecting data related to the identified hazard is usually less complex. However, it is generally not limited to a single factor, but involves a set of elements that can cover various risk categories, such as physical phenomena, human actions, fires, floods, pests or adverse environmental conditions, classified according to the United Nations Office for Disaster Risk Reduction [UNDRR 2020].

Integrated risk management in historic buildings uses a preventive conservation approach, where individual risks are integrated to calculate a total accumulated risk. The results of the risk analysis allow us to identify the most significant hazards, those that represent the greatest damage to the historical values of the property. By considering the interrelated nature of hazards, this method provides a comprehensive and structured view, allowing challenges to be addressed from an interdisciplinary perspective and optimising conservation strategies to ensure the effective protection of architectural heritage [Sroczyńska 2023].

The complexity of this task is increased by the multidimensional nature of the architectural heritage and the uniqueness of the historical fabric of each building, which has prevented, until now, the development of a universal model to assess the risk of deterioration in historic buildings [De la Torre 2002].

Furthermore, it is evident that risk assessment focuses mainly on urban and territorial contexts, while its application to specific buildings remains limited [Appiotti *et al.* 2020].

Flood risk assessment

Many heritage properties around the world are facing increasing exposure to flooding, intensified by the effects of climate change that increase the frequency and intensity of extreme weather events. Against this scenario, many countries are prioritising the implementation of specific preventive conservation plans for heritage sites, with a particular focus on assessing potential damage caused by flooding.

Flood risk management in the context of climate change requires a comprehensive approach that combines advanced technologies for risk quantification, detailed analysis of the intrinsic vulnerability of heritage assets and the implementation of adaptive strategies to ensure their conservation and resilience.

The inherent characteristics of heritage sites, such as their geospatial location, proximity to water bodies and geomorphological attributes, have a critical impact on their vulnerability to flooding, requiring comprehensive and case-specific solutions.

Flooding in these environments represents the most common and destructive disaster, followed by the risk of fire. Although the main cause of flooding is the concentration of extreme rainfall in short periods, factors such as the capacity of sewer systems, failures in drainage infrastructure and uncontrolled runoff contribute significantly to the impact.

The aim of the study is to determine the risk of flooding in a World Heritage Site like the Church of Santa María of Tobed. Using hydrological models, the behaviour of the study area under various precipitation events will be simulated, which will allow the identification and assessment of the areas, most vulnerable to flooding. These models will facilitate the identification of areas with a higher risk of flooding, considering physical characteristics such as topography, soil type and vegetation, as well as hydrological conditions. In addition, they will allow the magnitude and extent of flooding to be estimated, calculating the volume of water that could flood the surroundings of the property under study and the maximum depth it could reach.

Thanks to the creation of different models, the impact of different precipitation scenarios will be analysed, such as historical events or extreme scenarios projected under climate change, providing valuable information for risk management.

Study area: The church of Santa María in Tobed

Tobed, a town located in the province of Zaragoza, represents an exemplary case of integration between the natural environment, historical development and urban planning, evidencing a sustainable adaptation to local climatic and geographic conditions. The Grío River, which runs through the territory, plays a decisive role in the urban and economic development of Tobed. The river forms a narrow valley with river terraces and alluvial deposits, with frequent ravines and fairy chimneys [Lahoz Gimeno, Osácar Soriano, Pocoví Juan 2012]. In addition, the urban centre is crossed by the Valdeolivo ravine, which is buried in its lower course.

From a geographical perspective, the urban settlement is closely conditioned by the slopes and unevenness of the terrain, which has led to a compact and adaptive layout that makes the most of the characteristics of the valley. Tobed retains an urban layout that reflects its medieval origin, typical of small towns in Aragon. The urban centre is built around the church of Santa María, a significant example of *Mudejar* architecture declared a World Heritage Site by UNESCO in 2021 (fig. 1).



Fig. 1. Urban setting of the Church of Santa María de Tobed (Photographs by the authors).

Its strategic location in the historic centre not only reinforces its religious function, but also symbolises its social and cultural importance for its inhabitants. The church of Santa María de Tobed belongs to the category of fortress churches, characterized by their single nave and rectangular floor plan (fig. 2).



Fig. 2. Point cloud obtained by drone photogrammetry of the Church of Santa María de Tobed (own elaboration).

Its construction began in 1356 and was completed in the first decades of the 15th century [Condor Abanto 2010]. The building is presented as a compact volume, defined by its brick walls arranged in rows and rows, and with a marked military character accentuated by the buttress towers. The main façade, facing west, stands out for its Almohad-style decoration, combining brick and tile. Inside, the apse houses the presbytery, made up of three square-shaped chapels, which open onto the nave through three pointed arches (fig. 3). These chapels are interconnected and covered with simple cross vaults [Borrás Gualis, 1985].

The climate of Tobed is characterised by a continental Mediterranean climate, with cold winters (average minimum temperatures close to 0°C) and hot summers (maximum temperatures around 30°C).

Annual rainfall, of approximately 400 mm, is unevenly distributed, concentrated mainly

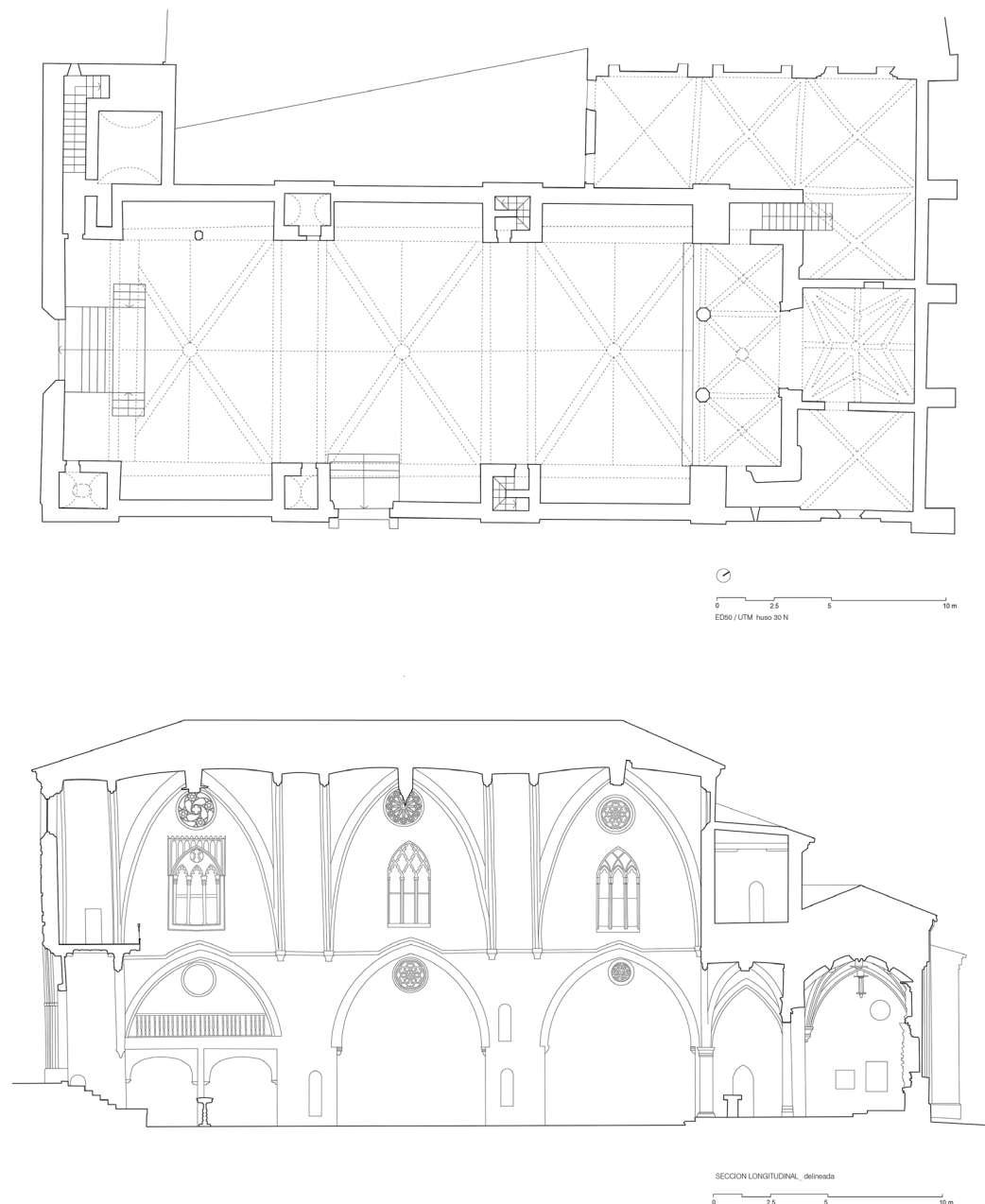
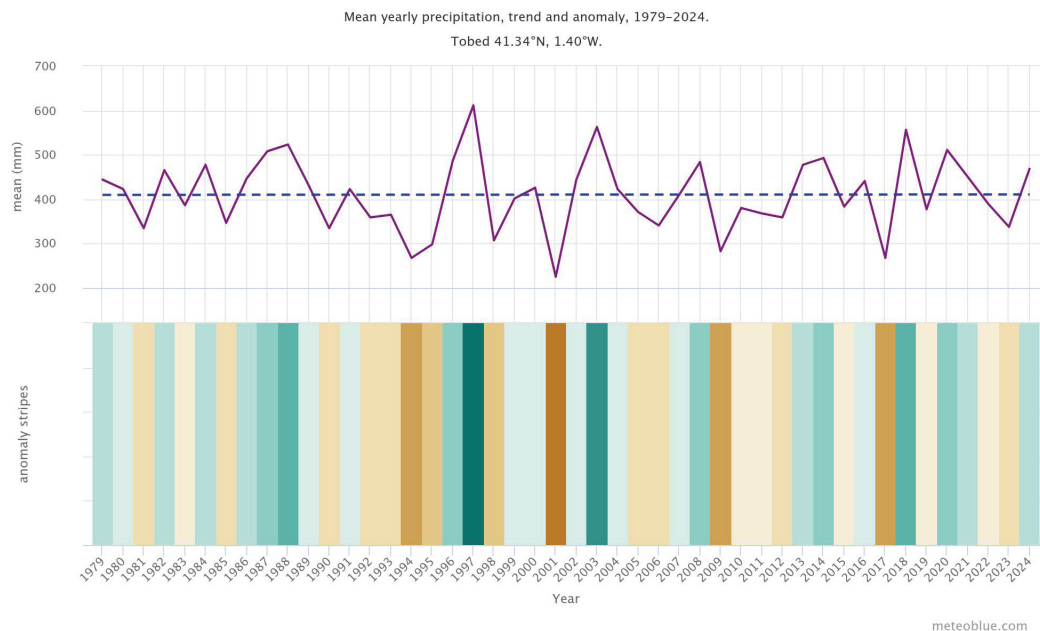


Fig. 3. Ground floor and longitudinal section of the Church of Santa María de Tobed (own elaboration).

Fig. 4. Average annual precipitation, trend and anomaly in Tobed, 1979-2024. The top graph shows an estimate of the average total precipitation. In the lower part, the graph shows the so-called "precipitation bands". Each colour band represents the total precipitation of a year: green for the wettest years and brown for the driest ones (meteoblue.com).



in the spring and autumn months, while summer is markedly dry. The rainiest months are April and May, with rainfall exceeding 50 mm per month, while July and August are the driest, with values below 20 mm (fig. 4).

Analyzing the historical data on daily rainfall in the period 1950-2020 obtained from the *historical series of daily rainfall* published by the Dirección General de Cambio Climático y Educación Ambiental del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, it is observed that extreme phenomena are increasing in recent decades, being in 2018 the day with the most rainfall, 112.5 mm, far from the second day with the most rainfall on record, 75.5 mm in 2011.

The town of Tobed is not included in the Flood Risk Susceptibility PLATEAR (*Plan Territorial de Protección Civil de Aragón*), nor in the SNCZI (*Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*).

However, due to its geological and geographical characteristics and the importance of the Church of Santa María, a World Heritage Site, it has been considered necessary to carry out a detailed study of the risk of flooding in the event of extreme rainfall due to climate change.

Methodology

The two-dimensional SWE-2D (*Shallow Water Equations*) are composed of the depth-averaged mass conservation and the momentum equations and account for the hydrodynamic rainfall-runoff transformation process.

In this work we use the *RiverFlow2D* model [Hydronia LLC 2025], based on SWE-2D and developed by the University of Zaragoza. This SWE-2D model requires the detailed topographic reconstruction of the terrain and buildings, as well as the distributed land uses in order to characterize the hydraulic Manning roughness. The input of the model is the rainfall intensity I_{r60} (mm/h) distribution in time and space. As a result, *RiverFlow2D* provides high-resolution solutions in time and space for runoff depth h [m] and the flow velocity along the x and y coordinates, u [m/s] and v [m/s] respectively, in time and space. This allows to address comprehensive assessments of hydraulic response and flooding hazard for extreme rainfall events.

The DEM (digital elevation model) with resolution 1×1 m was created from the official

LIDAR point cloud [CNIG 2016a] for the Tobed urban area, including the terrain and buildings elevations. Then, this urban area DEM was overlapping with the official digital terrain model MDT02 [CNIG 2016b] to create the MDE of the entire hydrological basin for the Valdeolivo ravine (fig. 5). The spatial distribution of the Manning roughness coefficient was derived with resolution 1x1 m from the SIOSE land cover classification [CNIG 2018] using the conversion rules for each land cover type recommended in national guidelines *Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables* [Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino 2011]. This conversion leads to Manning roughness coefficients in the catchment ranging between $n_b = 0,03-0,04 \text{ s/m}^{1/3}$ for natural bare soil zones to $= 0,09-0,10 \text{ s/m}^{1/3}$ for zones with artificial covers, such as roads and urban areas.

To evaluate the hydraulic response of the basin to extreme rainfall, a set of 4 synthetic rainfall events with different probability of occurrence is used. First, the maximum daily precipitation in the Tobed area was obtained for return periods (TR) of 50, 100, 200 and 500 years from the statistical analysis of the historical precipitation series, following the method established in the national guidelines *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular* [Ministerio de Fomento 1999].

This maximum diary precipitation was modified using the regionalized projections of

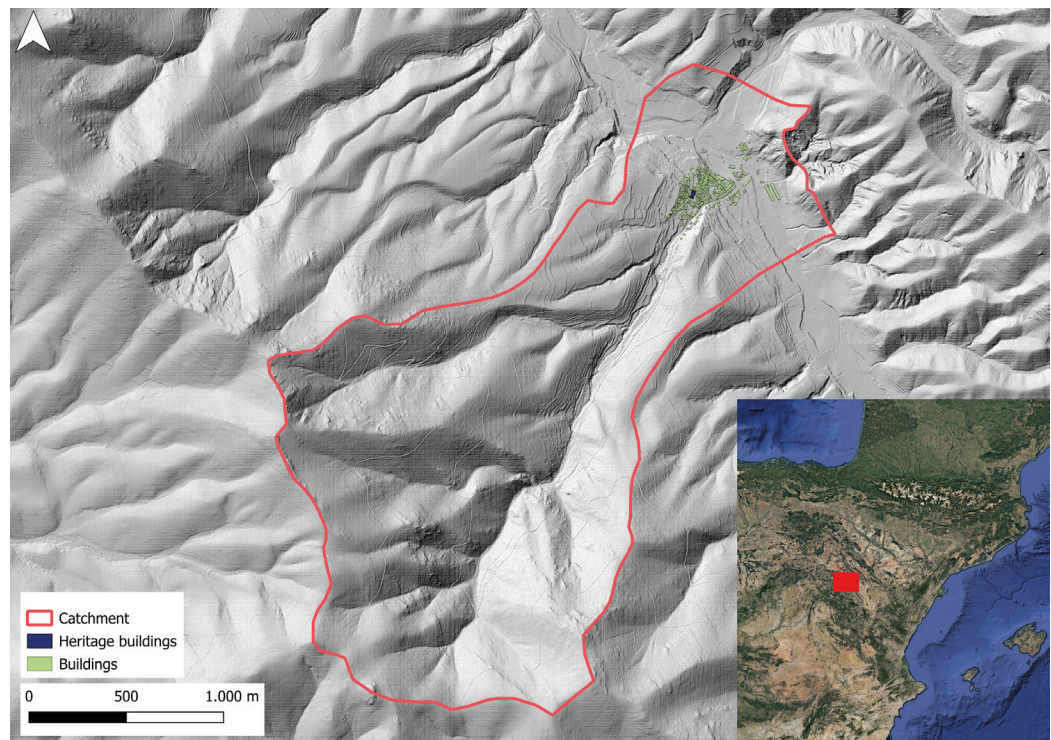


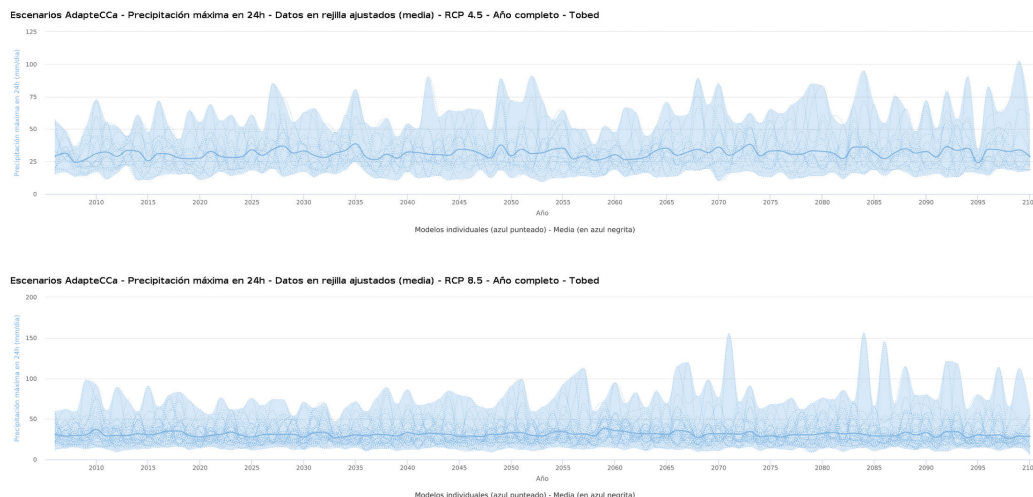
Fig. 5. Digital Elevation Model (DEM) of the entire watershed surrounding Tobed (own elaboration).

climate change for Spain PNACC (*Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*) [Rodríguez, Gutiérrez 2017].

In this document, the global projections reported in the Fifth Assessment Report of the IPCC-AR5 (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) are specifically adapted for each region of Spain, including the relative anomaly of the meteorological variables with respect to the climatic reference period 1971-2000 (fig. 6). This paper provides regionalized projections for the RCP4.5 (moderate climate change) and RCP8.5 (severe climate change) scenarios.

Using the relative anomaly provided in these reports for maximum daily precipitation in

Fig. 6. Scenarios obtained from the Tobed Climate Change Scenario Viewer for maximum precipitation in 24h. Above, RCP 4.5 scenario and below, RCP 8.5 scenario (<https://escenarios.adaptecca.es>).



the Tobed area under the RCP8.5 emissions scenario, we can update the maximum daily precipitation value associated with each TR for the time period 2041-2050.

Hyetographs (rain intensity vs. time) were then created for a 6-hour downpour associated with each return period. The relationship between intensity, duration and frequency of the extreme rain event was carried out following the national guidelines of *NORMA 5.2-IC de la Instrucción de carreteras* [Ministerio de Fomento 2019].

Figure 7 shows the resulting synthetic hyetographs for the extreme rainfall corresponding to return periods of TR = 50, TR = 100, TR = 200 and TR = 500 years in the Tobed area. These hyetographs are used as input to the *RiverFlow2D* hydrodynamic model.

Results

For extreme rainfall events with TR = 50, TR = 100, TR = 200 and TR = 500 years, the simulation carried out with *RiverFlow2D* provides a high-resolution runoff distribution throughout the Valdeolivo ravine basin, in terms of depth and surface flow velocity. To assess the level of

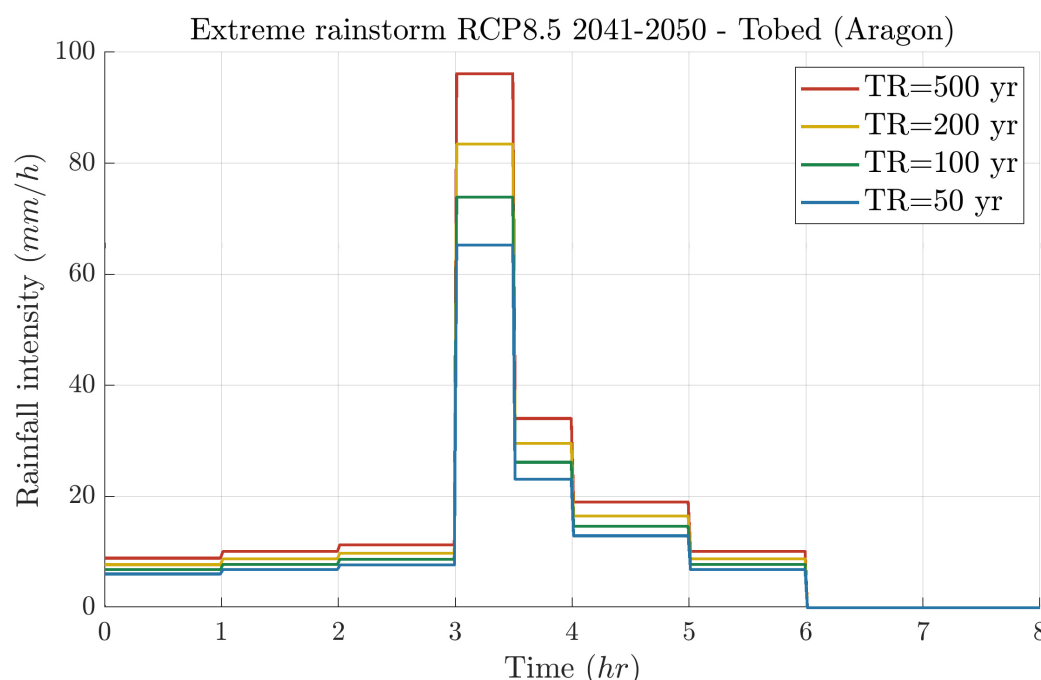


Fig. 7. Resulting synthetic hyetographs for extreme rainfall in the RCP8.5 2041-2050 scenario of Tobed (own elaboration).

risk to which the Church of Santa María is exposed, the evolution of the runoff generated by each extreme downpour in the streets of the urban centre will be studied. The control points *OP-1* (main entrance to the church) and *OP-2* (side entrance to the nave) are established, as well as the control section *SEC-1* transverse to the main *Mudejar* façade (fig. 8). The urban layout generates a funnel effect on the movement of surface flow through the streets of the municipality. Figures 9 and 10 show the distribution of height *h* and speed of the runoff, respectively, at the 4 hr time of the downpour with return time $TR = 500$ years.

The combined effect of the streets located in the elevated area generates an artificial accumulation of runoff in the square in front of the main façade of the church. According to the results, runoff heights of up to 25 cm can be reached in this square with

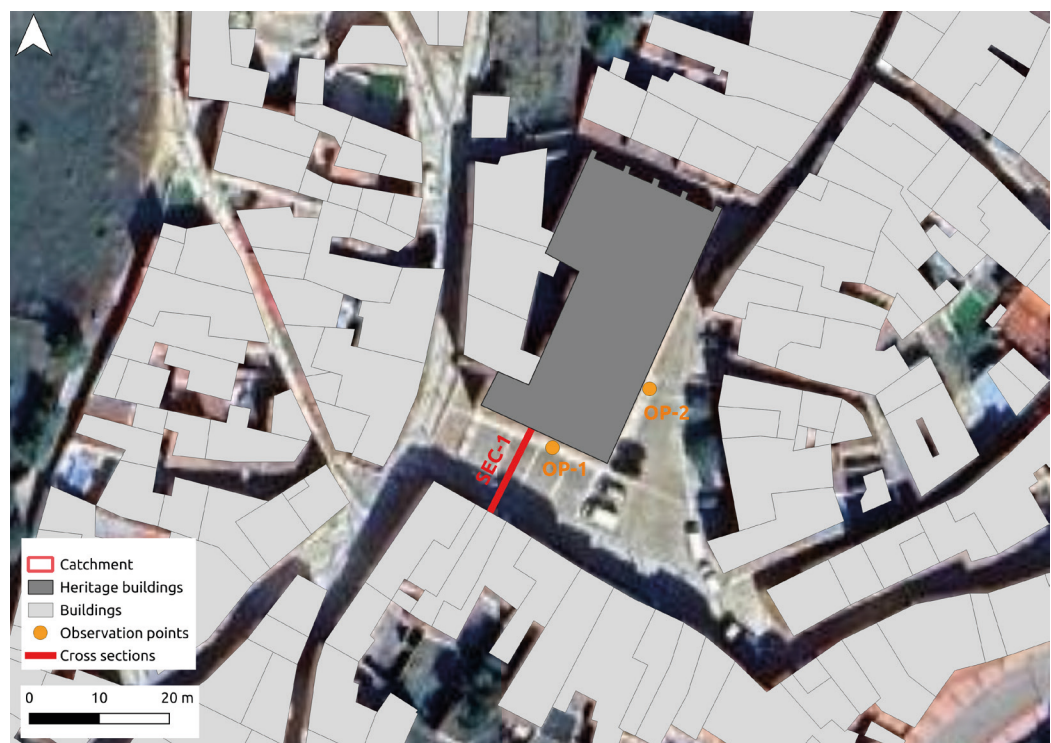


Fig. 8. Surroundings of the Church of Santa María de Tobed, where control points *OP-1* and *OP-2* are located, as well as the control section *SEC-1* (own elaboration).

velocities close to 1 m/s. This is equivalent to a current with high energy and great drag power, capable of displacing non-fixed street furniture and vehicles parked downstream. Furthermore, the special layout of the urban layout downstream of the church seems to offer the possibility that these dragged objects could obstruct the natural outflow towards the Valdeolivo ravine.

This would result in the formation of a plug of debris in the lower right area of the main square, which would possibly increase the impact on the area upstream of this point, where the heritage asset is located.

The results provided by *RiverFlow2D* allow a quantitative assessment of the variation in the risk of impact depending on the probability of occurrence of the extreme rainfall event, i.e. based on its return time.

Figure 11 shows the temporal evolution of the runoff flow that crosses the street in front of the main façade of the church for each downpour with $TR = 50$, $TR = 100$, $TR = 200$ and $TR = 500$ years. This data allows a quantitative assessment of the flow's drag capacity. For the event with $TR = 00$ years, the peak runoff that crosses the control section *SEC-1* would

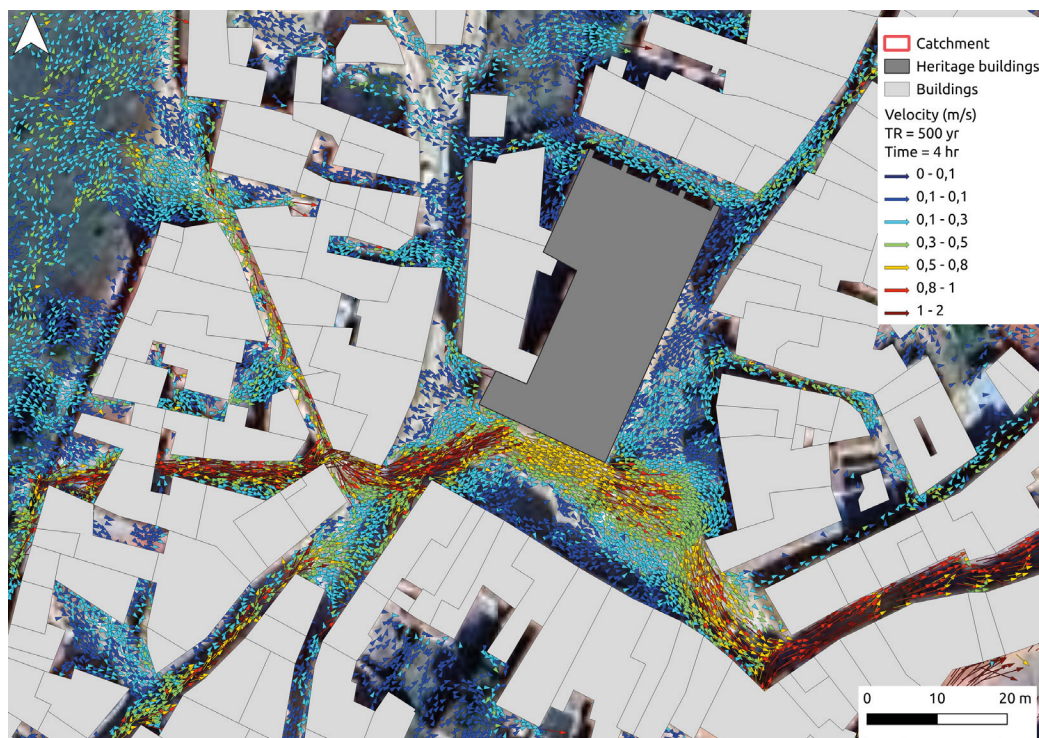


Fig. 9. Distribution of the runoff velocity over the 4-hr period of the downpour with a return time of TR-500 years, in the area surrounding the Church of Santa María (own elaboration).

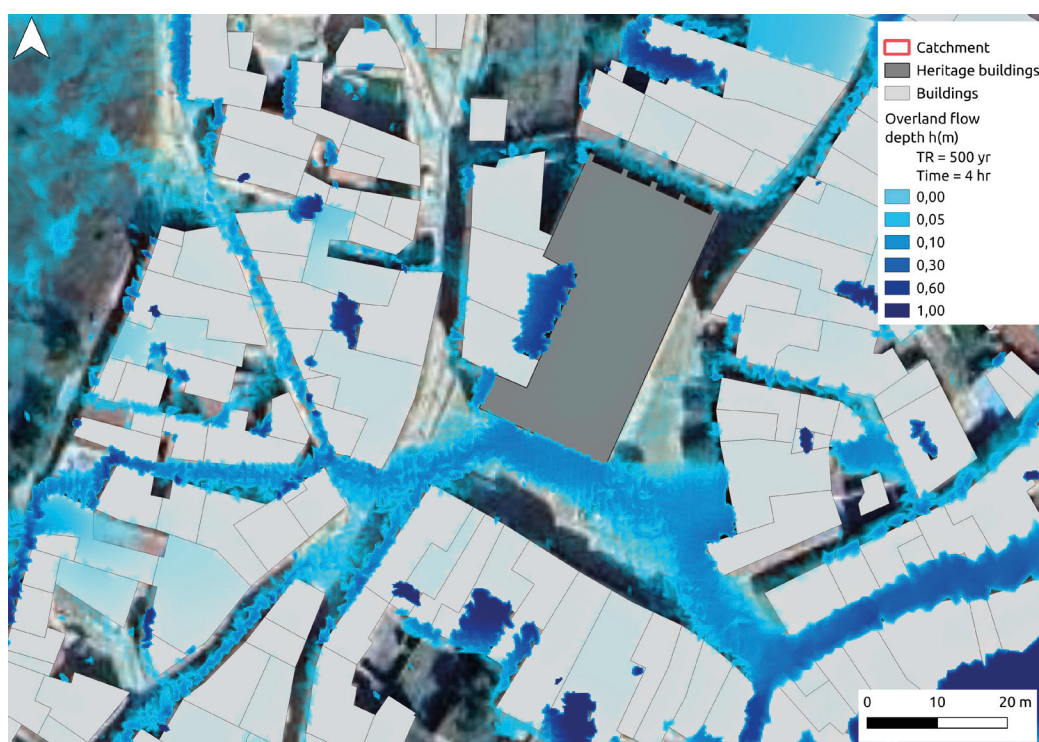
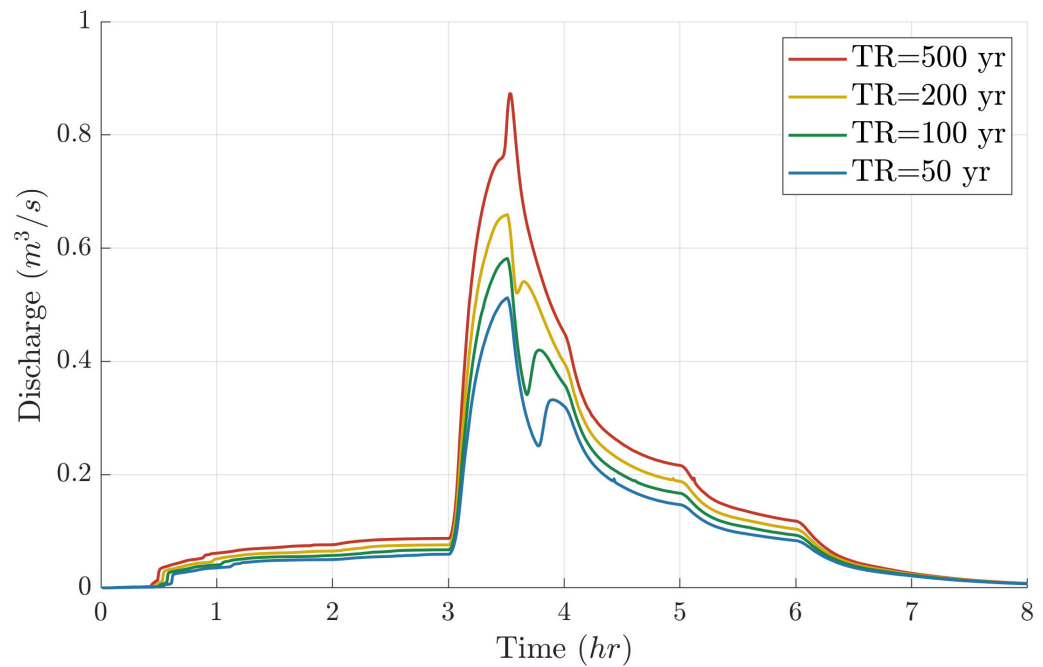


Fig. 10. Distribution of the height h of the runoff over the 4 hr time of the downpour with a return time TR-500 years, in the area around the Church of Santa María (own elaboration).

Fig. 11. Temporal evolution of the runoff flow in front of the main Mudejar façade for each downpour with TR=50, TR=100, TR=200 and TR=500 (own elaboration).



reach $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ in time 3.5 hr. This peak is reduced to $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ for the extreme event with TR = 50 years. Both values represent currents with a high energy available to drag floating furniture.

Finally, the characteristics of the runoff at control points *OP-1* and *OP-2*, i.e. the main entrances to the nave of the church, provide quantitative information on what the impact would be on the interior of the heritage property.

Figures 12 and 13 show the variation in the height and speed of the surface flow at point *OP-1* (main entrance) for all the extreme events considered. For a downpour with TR = 500 years, the runoff height would reach 20 cm with a speed of almost 0.7 m/s

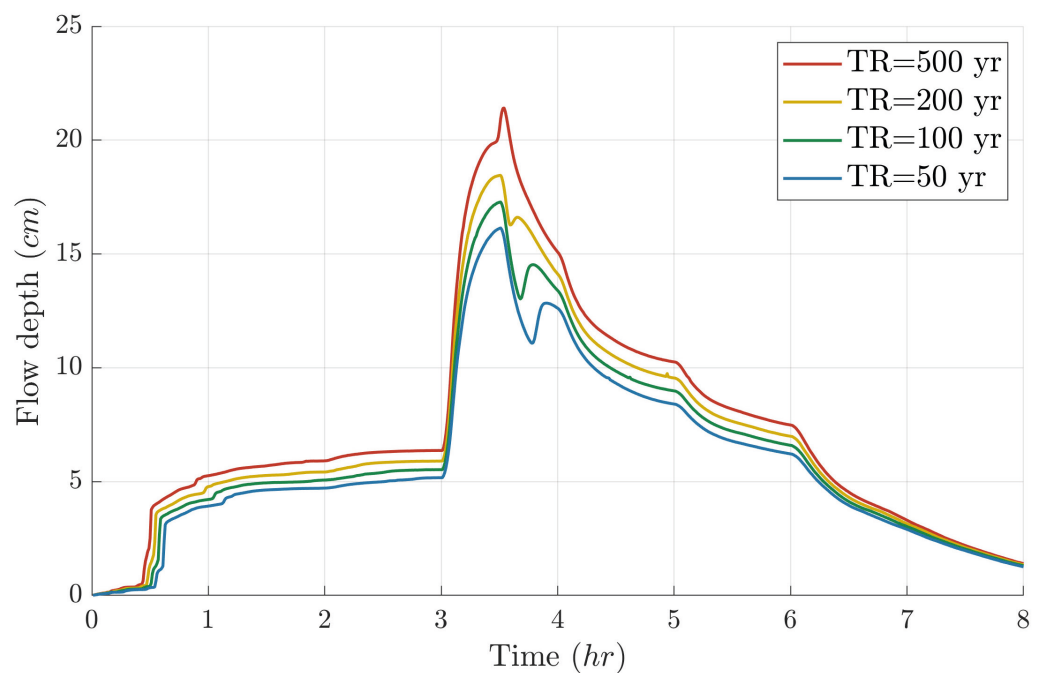
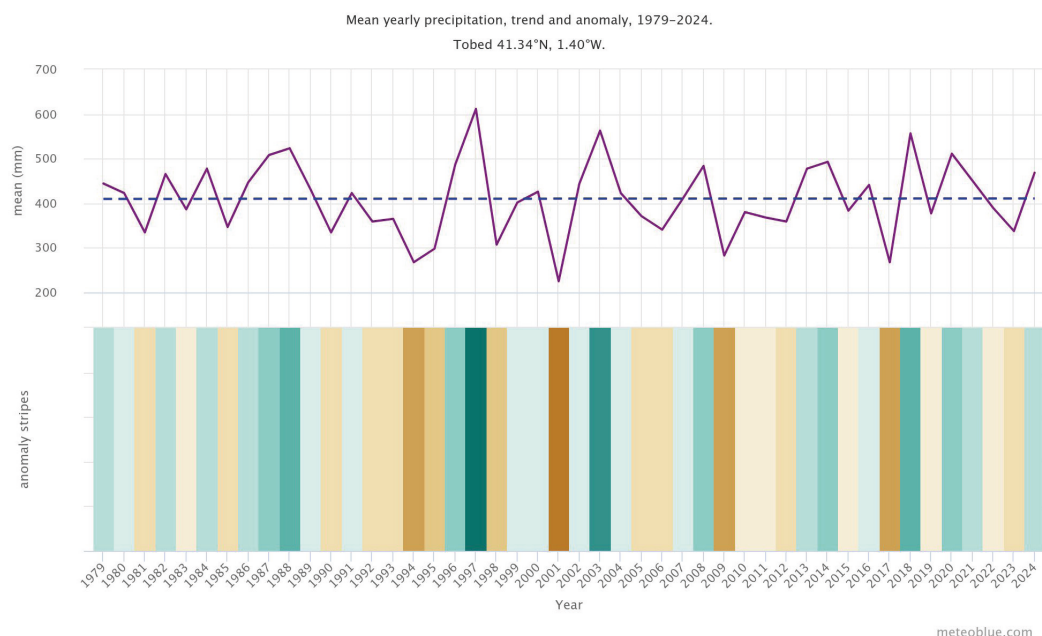


Fig. 12. Variation in runoff height at control point *OP-1* (main facade) for all extreme events considered (own elaboration).

Fig. 13. Variation in the surface flow velocity of the runoff at control point *OP-1* (main facade) for all extreme events considered (own elaboration).



at the peak of the event. These values are reduced to a height of 16 cm with a speed of 0.55 m/s for the extreme rainfall event with $TR = 50$ years.

These data show that the impact on the interior of the heritage asset could be significant. In addition, these data at the control points can be used to design building protection plans.

The analysis of extreme events in Tobed considers the assessment of precipitation thresholds, the frequency and intensity of historical events, as well as their impacts on the local population and economy. Tools such as the average annual flood risk index and related maps allow heritage managers to define criteria and prioritize sites that need flood mitigation measures.

The data provided by high-resolution *SWE-2D* simulations can be used to design building protection plans, both to assess the risk of damage from external runoff and the entry of flow models into the interior of more complex heritage buildings. This is a step that this work leaves for future developments. These actions will be key to mitigating the risks associated with extreme weather events and ensuring the protection of Tobed's architectural heritage in a future increasingly affected by climate variations.

Conclusions

This research, focused on flood risk assessment at the Church of St. Mary in Tobed, addresses a problem that transcends the technical realm to situate itself at a disciplinary intersection, including the representation, perception, and narrative of heritage in the context of climate change.

This work not only models the physical impact of extreme events using *SWE-2D* simulations but also activates representational processes that contribute to a visual and spatial narrative of risk.

By describing how water flows through the urban fabric and affects access to a building of high symbolic value, the study generates a new form of contemporary ekphrasis: the visual and technical description of the possible future of a threatened cultural asset.

Therefore, it can be said that this article proposes a risk ekphrasis that translates climatic, topographical, and historical data into detailed visual representations (digital models, runoff maps, hydrodynamic graphs) that not only inform but also appeal to the imagination

of the specialized reader; awakening a critical awareness of the impact of climate change on heritage.

This form of representation constitutes a visual discourse that gives shape and meaning to an immaterial threat, making it visible and tangible through drawing and digital simulation.

Credits

This work has been carried out within the framework of the reference group: H32_23R. Architectural Representation Group of Historical and Contemporary Heritage. GRAPHyC, recognized by the Government of Aragon and the Institute of Heritage and Humanities of the University of Zaragoza (IPH). It has been funded by the Project *PID2022-137334NB-I00: Predictive computational tools and optimization through Artificial Intelligence for hydro-morphodynamic risks and Climate Change scenarios*.

Reference List

- Appiotti, F., Assuma, V., Bottero, M., Campostrini, P., Datola, G., Lombardi, P., Rinaldi, E. (2020). Definition of a Risk Assessment Model within a European Interoperable Database Platform (EID) for Cultural Heritage. In *Journal of Cultural Heritage*, n. 46, pp. 268-277. <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2020.08.001>.
- Borrás Gualis, G. M. (1985). *Arte Mudéjar Aragonés*. Zaragoza: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza, Caja de Ahorros y Monte Piedad de Zaragoza, Aragón y Rioja.
- Carrión Gútiérrez, A. (2015). *Plan Nacional de Emergencias y Gestión de Riesgos en Patrimonio Cultural*. Madrid: Ministerio de Educación Cultura y Deporte.
- Centro Nacional de Información Geográfica, CNIG (2016a). *MDT02*. <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/lidar-segunda-cobertura>.
- Centro Nacional de Información Geográfica, CNIG (2016b). *LIDAR 2ª Cobertura*. <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/modelo-digital-terreno-mdt02-segunda-cobertura>.
- Centro Nacional de Información Geográfica, CNIG (2018). *SIOSE-AR*. <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/siose-ar>.
- Condor Abanto, L. (2010). La iglesia de Santa María de Tobed. In *Cuadernos de Aragón*, n.45. Zaragoza: Institución Fernando El Católico.
- De la Torre, M. (2002). *Assessing the value of cultural heritage*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Hydronia LLC. (2025). *RiverFlow2D [software]*. <https://www.hydronia.com/riverflow2d>.
- Lahoz Gimeno, J., Osácar Soriano, M.C., Pocoví Juan, A. (2012). El singular paraje de "Los Abuelos" (Tobed, provincia de Zaragoza) y su relación con la falla de Datos (Cadena Ibérica Oriental, NE de España). In G. Meléndez Hevia, J. Ramajo Cordero, A. Pocoví Juan (Eds.). *Geotemas*, VIII Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico, Zaragoza, 18-21 junio 2009, vol. 12, pp. 147-150. Zaragoza: Octavio y Felez, S.A.
- Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras (1999). *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*. https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/0610300.pdf.
- Ministerio de Fomento (2019). *Norma 5.2-IC de la Instrucción de Carreteras. Drenaje superficial*. <https://publicaciones.transportes.gob.es/norma-5-2-ic-de-la-instruccion-de-carreteras--drenaje-superficial>.
- Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino (2011). *Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/guia-metodologica-determinacion-zonas-inundables.html>.
- Rodríguez, E., Gutiérrez, J.M. (2017). *Escenarios-PNACC 2017: Nueva colección de escenarios de cambio climático regionalizados del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)*. Madrid: AEMET, CSIC, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Sroczynska, J. (2023). Basic methods of risk assessment analysis in preventive conservation of architectural heritage. In S. Parinello, R. De Marco (Eds.). *Digital Strategies for Endangered Cultural Heritage: Forthcoming Interspecies*, pp. 94-103. Pavia: Pavia University Press.
- UNDRR (2020). *Hazard definition and classification review. Technical Report*. Ginebra: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), International Science Council (ISC).

Authors

Marta Quintilla-Castán, Universidad de Zaragoza, mquintilla@unizar.es
Sergio Martínez-Aranda, Universidad de Zaragoza, sermar@unizar.es
Luis Agustín-Hernández, Universidad de Zaragoza, lagustin@unizar.es

To cite this chapter: Marta Quintilla-Castán, Sergio Martínez-Aranda, Luis Agustín-Hernández (2025). Flood Risk Assessment in the Preventive Conservation of the Church of Santa María of Tobed. In L. Carlevaris et al. (Eds.). *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 4055-4082. DOI: 10.3280/oa-1430-c965.