

Criterios de peligrosidad en medio urbano. Estudio comparativo entre referencias nacionales e internacionales

Tema C (Agua y ciudad)

Russo B.¹, Gómez M.², Macchione F.³

¹*Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia (Univ. de Zaragoza), brusso@unizar.es*

²*Grup de Recerca FLUMEN, Universitat Politècnica de Catalunya, manuel.gomez@upc.edu*

³*Laboratorio Lampit, Università della Calabria, f.macchione@unical.it*

Resumen

Más de la mitad de la población del planeta y en particular la de España vive en medio urbano. El crecimiento del número de ciudades, del tamaño de las mismas, las elevadas condiciones de impermeabilidad y en algunos casos la climatología irregular, con tormentas intensas en periodos de tiempo cortos, genera cada año un rosario de problemas de inundación que si bien son pequeños en extensión (pocos Kilómetros cuadrados), tienen una gran repercusión entre los ciudadanos y suponen cuantiosos daños materiales dado el elevado valor de los bienes localizados en cualquier entorno urbano, y en ocasiones también pérdidas de vidas humanas. La provincia de Granada el año pasado, Cambrils en el año 2002, Santa Cruz de Tenerife en el 2001, Alicante en 1999, y otras muchas poblaciones de la costa mediterránea y del Sur de España, son ejemplos de sitios donde se han producido cuantiosos daños materiales acompañados de pérdidas de vidas humanas. La seguridad de las actividades ciudadanas durante un suceso de lluvia, como el tráfico peatonal y vehicular, y la no inundabilidad de viviendas, es el objetivo principal que guía el funcionamiento de un sistema de drenaje. Sucesos de lluvia extremos combinados con una insuficiente capacidad del sistema de drenaje pueden producir inundaciones de áreas urbanas y problemas asociados a la circulación vehicular y peatonal (aquaplaning, salpicaduras, peligro de arrastre y vuelco para peatones y vehículos, etc.). Estudios recientes relacionan los criterios de peligrosidad asociado a escorrentía en zonas urbanas al comportamiento hidráulico del sistema de calles durante un suceso extremo de lluvia y eso se justifica al pensar en la gran capacidad de transporte de agua que muchas de ellas pueden tener. Actualmente existe un cierto acuerdo en literatura sobre el hecho que la peligrosidad hidráulica asociado a escorrentía urbana sea básicamente asociado a los parámetros del flujo calado (y) y velocidad (v) y muchos autores han proporcionado, en el curso de los últimos años, algunas expresiones que evalúan el grado de peligrosidad del flujo en función de uno de estos parámetros o de la combinación de los dos (Abt *et al.*, 1989; Reiter, 2000). En muchos de estos casos la peligrosidad del flujo se define como la condición necesaria para que ocurra un fenómeno de vuelco o deslizamiento del peatón por efecto del flujo. Muchos de estos estudios proponen expresiones que se refieren a flujos en cauces o llanuras de inundación por lo cual no son muy adecuadas para caracterizar la peligrosidad del flujo en el calles urbanas cuando las inundaciones se producen por el efecto combinado de la escorrentía superficial y de los caudales excedentes del sistema de drenaje en carga (bajos calados y velocidades elevadas). Con el fin de hallar criterios de peligrosidad específicos para el medio urbano durante eventos de lluvia extremos, en el marco de un proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia Español, y apoyado por la Fundación Agbar, el Grupo de Investigación FLUMEN de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), se ha realizado una plataforma que simula con la máxima precisión posible, una sección de calle real (con aceras, bordillos, calzada con bombeo transversal, etc.).



*Figura 1 A la izquierda y al centro experiencias experimentales para simular el flujo en llanuras de inundación (Abt *et al.*, 1989; ARMC, 2000. A la derecha imagen de la campaña experimental en plataforma UPC que simula calle urbana.*

Además, de acuerdo con el objetivo del proyecto, se han desarrollado una serie de ensayos para evaluar la estabilidad de los peatones de acuerdo con un determinado protocolo de ensayo. Según este protocolo, 23 sujetos de riesgo, con diferentes pesos y alturas, cruzaban la plataforma y circulaban en ella frente a varios caudales circulantes (de 100 a 500 l/s) y para diferentes pendientes longitudinales (hasta el 10%). En particular se analizaron las condiciones límites en las cuales los sujetos de riesgo manifestaban clara inestabilidad u ocurrían fenómenos de arrastre debido a la acción del flujo. Los resultados obtenidos sobre la base de 834 ensayos, han demostrado que, para sujetos de riesgo con un peso entre 50 y 60 Kg, velocidades del flujo en calles del orden de 1.5 - 2 m/s pueden resultar críticas en relación a su estabilidad. Además, el producto $v \cdot y$ (velocidad por calado) asociado a condiciones de inestabilidad muchas veces ha resultado ser bastante menor del valor habitualmente utilizado en bibliografía de 0.5 m²/s. Los parámetros de las condiciones del flujo asociados a condiciones de alta peligrosidad se han comparado con los criterios empleados en España para la clasificación de la alta peligrosidad en la “Guía Técnica de Clasificación de presas en función del riesgo potencial” (MMA-DGOHCA, 1996) y con diferentes criterios internacionales (Shand *et al.*, 2010). Ha quedado evidente que todos los estudios analizados sobrestiman la capacidad de resistencia de un peatón frente a la acción hidrodinámica del flujo en medio urbano, por lo cual parecen poco adecuados a la hora de estimar la peligrosidad en calles durante episodios de lluvia extremos.

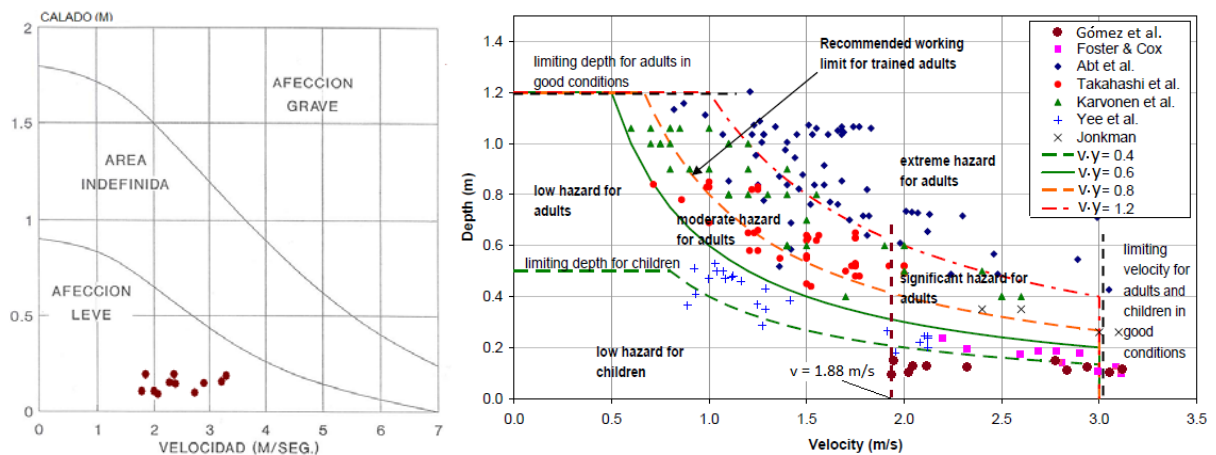


Figura 2 Situaciones de peligrosidad hidráulica registrados durante la campaña experimental de la UPC representados en la gráfica propuesta por el MMA-DGOHCA (1996) (a la izquierda) y en estudio comparativo de criterios de peligrosidad de ámbito internacional propuesto por Shand *et al.* (2010) (a la derecha)

Finalmente los datos experimentales se han utilizado para encontrar una relación entre los parámetros críticos del flujo (parámetros relacionados a las condiciones de inestabilidad) y las características de los sujetos (peso total y altura). A partir de esta ecuación es posible deducir para cada individuo con un cierto peso y una cierta altura, cuales son las condiciones del flujo que determinan un nivel de peligrosidad alto para su estabilidad en caso de inundaciones en medio urbano.

Referencias bibliográficas

- Abt S.R., Wittler R. J., Taylor A. y Love D. J. (1989). *Human Stability in a High Flood Hazard Zone*. AWRA Water Resources Bulletin Vol. 25 N°. 4: 881-890, Agosto 1989.
- Agricultural and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ARMC), (2000). *Floodplain Management in Australia. Best Practice Principles and Guidelines*. SCARM Report 73, CSIRO Publishing.
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA-DGOHCA) (1996). *Guía Técnica de Clasificación de presas en función del riesgo potencial*. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de Aguas. Madrid, España
- Reiter P. (2000). *International methods of risk Analysis, Damage evaluation and social impact studies concerning Dam-Break accidents*. Helsinki PR Water Consulting, Finlandia.
- Russo B. (2009). *Design of surface drainage systems according to hazard criteria related to flooding of urban areas*. PhD Dissertation, Technical University of Catalonia, Spain.
- Shand D., Smith G., Blacka M. (2010). *Appropriate criteria for the safety and stability of people in stormwater design*. Proceedings of National Conference of the Stormwater Industry Association. Sydney, Australia, November, 9-12, 2010.