

Teniendo en cuenta fotografías aéreas del área, se estimaron los porcentajes de impermeabilidad de las sub-cuencas. Se adoptó un 85% de impermeabilidad para las sub-cuencas mayormente urbanizadas, y un 25% para las menos pobladas. Se utilizaron como coeficientes de rugosidad en las canalizaciones $N=0,035$ para canales naturales y $N=0,011$ para conductos de hormigón.

2-Determinación de pérdidas de escurrimiento: Dado que los eventos estudiados son eventos aislados de corta duración, solo fueron consideradas las pérdidas por almacenamiento en depresiones e infiltración, despreciándose las pérdidas por intercepción y evaporación.

Para la determinación de las pérdidas en depresiones de la parte impermeable se utilizó la fórmula de Kidd (1978), la cual determina dicho valor en función de la pendiente media de la cuenca. Para la parte permeable se adoptó un valor igual a 5 mm ASCE (1992).

Se utilizó el método de número de curva del U.S. Soil Conservation Service (1966) para descontar las pérdidas por infiltración en las áreas permeables. En función del tipo de suelo observado en el área de estudio se adoptó un suelo tipo B (poco profundos); y se consideró una condición de humedad antecedente tipo III, resultando un $CN = 75$.

Para la verificación del modelo se dispuso de tormentas producidas en la ciudad de Santa Fe en febrero de 2015 y febrero de 2016, con intensidades de lluvias de 148 mm/h y 70 mm/h respectivamente. En estas fechas se produjeron inundaciones en los puntos críticos del sistema de drenaje urbano, donde se adoptó un tirante sobre la calzada en Av. Gorriti igual a 0,25 m, en función a observaciones realizadas por la SRH de la Municipalidad de la ciudad de Santa Fe. Dichas tormentas fueron registradas por la Estación Hidrometeorológica ubicada en el parque "Carlos Zapata" de la ciudad Universitaria de Santa Fe, con un paso de tiempo de 10 minutos.

Para la simulación del modelo se confeccionaron tormentas de diseño con una recurrencia de 2 años y 5 años utilizando las curvas Intensidad – Duración – Recurrencia de la estación Paraná (periodo 1965-2000). Para ello se adoptó un intervalo de tiempo de 5 min y una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de la modelación de la situación actual, sin el conducto del Callejón El Sable ejecutado y con el conducto funcionando se presentan en las tablas 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1.- Resultados de la corrida situación actual.

Evento	imáx [mm/h]	D [hs]	Δh Cava [m]	Vol Cava [m ³]	Δh inun Gorriti [m]	ΔT inun. [hs]
T = 2 años	144,08	2,5	0,1	6077	0,28	1,25
25/02/15	148,5	15,17	0,39	26639	0,35	5,25

imax = intensidad máxima, D=Duración, Vol=Volumen de almacenamiento, Δh inunGorriti=Tirante de inundación sobre Av. Gorriti, ΔT =Tiempo que permanece el Δh inun.

Tabla 2.- Resultados de la corrida situación futura obra.

Evento	imáx [mm/h]	D [hs]	Δh Cava [m]	Vol Cava [m ³]	Δh inun Gorriti [m]	ΔT inun. [hs]
T = 2 años	144,08	2,5	0,06	3693	-	-
25/02/15	148,5	15,17	0,14	8585	-	-

Estos resultados evidencian que, para la situación actual, se producen anegamientos a la salida de la cuenca debido a la falta de sección de los conductos que ingresan al desagüe principal en Av. Gorriti. El Δh obtenido para la tormenta del 25/02/2015 fue de 0,35 m lo que implicaría un tirante sobre la calzada de aproximadamente 0,20 m, superando la altura del cordón cuneta. Esta situación fue observada por la SRH de la Municipalidad de la ciudad de Santa Fe durante las recorridas realizadas en esa fecha en los lugares afectados que cuentan con alturas de referencia.

De la simulación de la situación con la obra de desagüe se puede ver que en dicha salida ya no se produciría una inundación debido a los aportes de la cuenca Roca. No se descarta la posibilidad de que ocurran inundaciones debido a aportes de otras cuencas que no se tuvieron en cuenta en esta modelación.

De la modelación se puede concluir que, a raíz del incremento de flujo en la entrada al conducto del Callejón El Sable, este podría presentar problemas de anegamiento en la cabecera para lluvias de intensidades del orden de los 140 mm/h.

Se comprobó que la cava posee una capacidad de almacenamiento de agua hasta una altura de 16,50 m IGN con un tirante medio máximo de 3,5 m sin que se produzcan desbordes.

Además, se corroboró que las variaciones del tirante de la cava son mayores, cuando mayor es la duración de la lluvia debido a que la misma es más sensible al volumen precipitado que a la intensidad de la lluvia.

Finalmente se concluye que la cava contribuye a garantizar la seguridad hídrica del sector Oeste de la cuenca, ya que la misma recibe los excesos que el sistema no puede evacuar de forma inmediata, almacenándolos hasta su capacidad máxima, brindando una regulación de los caudales hacia las conducciones. De esta manera se logra disminuir el volumen y el tiempo de inundación en los puntos más conflictivos de la cuenca.

Referencias bibliográficas

- ASCE, (1992). "Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems", *Manual and Report on Engineering*, New York, NY).
- Fornari E. M, D'Elia M. P., Fedele A. L. (2013). "Relaciones hidráulicas entre un acuífero y cuerpos de agua superficial en áreas urbanas", *XXIV Congreso Nacional del Agua*, San Juan, 2013.
- Kidd, C. H. R. (1978). "Rainfall-runoff processes over urban surfaces." *Proc., Int. Workshop Institute of Hydrology*, Wallingford, U.K.
- Macor J. L. (2002). "Análisis comparativo del parámetro ancho de Cuenca del modelo RUNOFF-SWMM", *Revista Ingeniería Hidráulica en México*, vol. XVII, núm. 2, pp 17-26, abril-junio 2002.
- U.S. Soil Conservation Service (1966). "Diseño de presas pequeñas". *Bureau of Reclamation*. pp 639.