

Incorporación del impacto del cambio climático en la gestión del drenaje urbano

Agustina Spais¹

¹ Instituto Nacional del Agua-Centro Región Litoral

E-mail: agus_01_12@hotmail.com

RESUMEN

La utilización de información climática en general, y en particular la información pluviométrica utilizada para el diseño de sistemas de drenaje urbano se basa actualmente en la hipótesis de clima estacionario, asumiendo que las condiciones futuras resultan iguales a las del pasado.

Si el sistema falla con mayor frecuencia que la prevista en el proyecto, se producen perjuicios como destrucción acelerada de los pavimentos y pérdida de valor inmobiliario de las propiedades. Las estructuras hidráulicas urbanas son dimensionadas en base a un caudal o hidrograma de diseño pero la mayoría de los métodos estadísticos de cuantificación de caudales de proyecto resultan de difícil aplicación, debido a inexistencia de datos o a la deficiente calidad de los mismos, por lo cual resulta necesario el empleo de modelos de transformación lluvia-caudal.

En escenarios de cambio climático las características estadísticas de las precipitaciones futuras son diferentes de las del pasado y la hipótesis de estacionariedad no es válida. El último informe del IPCC confirma que existe una clara tendencia de aumento del número de episodios de precipitación intensa a corto y largo plazo, previendo incrementos de la intensidad y frecuencia de las precipitaciones (Garat, 2017).

Es por ello que el presente informe se enfoca en evaluar la respuesta de una cuenca urbana (denominada Cruz Roja) ubicada en la ciudad de Santa Fe, Argentina, ante dos escenarios de lluvias: uno considerando una tormenta estacionaria (IDF actual) y otro con una tormenta aumentada en intensidad que contemple la incidencia del cambio climático. La simulación de estos dos escenarios se llevará a cabo mediante un modelo matemático, el EPA SWMM 5.0. Además, se presenta una evaluación y cuantificación de los daños por anegamiento para los dos escenarios antes mencionados.

PALABRAS CLAVES: cambio climático, drenaje urbano, impactos hidráulicos, impactos económicos.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo al último informe del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) se establece que las proyecciones del CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project) confirman una clara tendencia de aumento del número de episodios de precipitación intensa a corto y largo plazo, previendo incrementos de la intensidad y frecuencia de las precipitaciones (Garat, 2017).

La Tercera Comunicación para el Cambio Climático de la República Argentina (TCCCAR), indica que las precipitaciones extremas tienden a aumentar en los escenarios futuros. Ese incremento de la magnitud y frecuencia de las precipitaciones extremas aumentará las fallas de los sistemas de drenaje urbano (impactos hidráulicos), lo que implica mayores daños y costos de adaptación del sistema (impactos económicos).

El actual contexto de variación temporal de las características estadísticas de las variables climáticas causada por el cambio climático constituye un escenario de incerteza profunda o incerteza severa (deep uncertainty). Eso tiene un efecto directo sobre los recursos hídricos. Es necesario incorporar consideraciones sobre la incerteza del cambio climático en las etapas de planeamiento y toma de decisiones, y definir estrategias de adaptación a los impactos, para mejorar la eficiencia y resiliencia de las inversiones en programas, proyectos e infraestructura (Villanueva et al., 2017).

En contextos de cambio climático han sido identificados los siguientes problemas que afectan directamente la eficiencia de los sistemas de drenaje urbano (Nie, 2012): se prevé un aumento de la frecuencia y severidad de los problemas de anegamiento en áreas urbanas, debido al crecimiento de zonas pavimentadas y a la insuficiencia de la capacidad de los sistemas de traslado y almacenamiento del escurrimiento pluvial. El mismo se asocia a importantes daños económicos que afectan a las actividades sociales y comerciales, y puede generar un aumento del riesgo de enfermedades de origen hídrico.

En el presente trabajo se comentan los efectos que produciría el cambio climático debido al aumento en la intensidad de las precipitaciones, en una cuenca urbana denominada Cruz Roja, ubicada en la ciudad de Santa Fe, Argentina. La misma se encuentra limitada al norte por calle Salta, al oeste por calle 1° de Mayo, al sur por la calle Monseñor Zaspé y al este por el Dique 1 (puerto de Santa Fe) (Figura 1).

Actualmente, la cuenca presenta problemas de anegamiento principalmente cuando ocurren tormentas de alta intensidad. Un factor adicional es que al ser una zona comercial central hay un tránsito intenso de vehículos, particulares, comerciales y de transporte urbano que genera oleaje, haciendo más críticas las consecuencias de la inundación. Esto se traduce en daños a las edificaciones y en pérdidas comerciales (Figura 2).

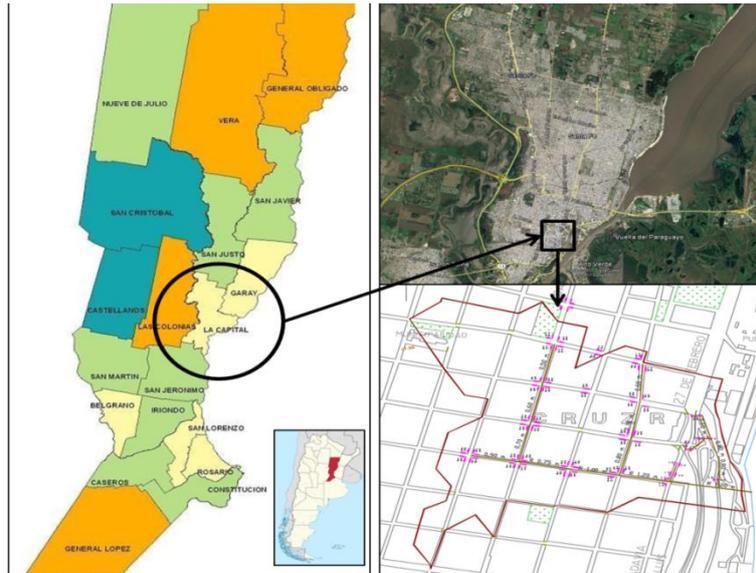


Figura 1.- Ubicación de la cuenca y características de la red de drenaje.



Figura 2.- Anegamiento producido en esquina de San Jerónimo y Salta. Tormenta de 2 años de recurrencia

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El presente trabajo se divide en cuatro etapas de análisis; la primera de ellas referida a los efectos sobre los sistemas de drenaje que produciría el cambio climático sobre las zonas urbanas debido al aumento en magnitud y frecuencia de las precipitaciones intensas. La segunda de las etapas hace referencia a la simulación de diversos escenarios climáticos sobre la cuenca urbana mediante un modelo matemático: el EPA SWMM 5.0, identificando zonas más vulnerables en términos de inundación y tramos del sistema más ineficientes. La tercera etapa se refiere al cómputo y presupuesto necesario para llevar a cabo la construcción

de un nuevo sistema pluvial, en función de una tormenta de recurrencia establecida. La última etapa contempla la evaluación de daños originados por inundación, para tormentas de diversas recurrencias.

A continuación se realizará una descripción más detallada de cada una de estas etapas y su aplicación al problema presentado en este informe.

Impacto introducido por el cambio climático

De acuerdo a los datos reportados por el IPCC, en base a las observaciones y proyecciones de los modelos climáticos, las estimaciones actuales prevén un incremento de las precipitaciones extremas con el calentamiento global.

En función de lo mencionado hasta aquí, se realizó un análisis para el caso en estudio. La finalidad fue la de evaluar los problemas de anegamiento que se generan en la cuenca, evitando las consecuencias ya mencionadas al comienzo del informe. Se decidió en primera instancia evaluar la capacidad del sistema de drenaje actual de la cuenca y determinar zonas anegadas; en función de esto, se estudio la alternativa de ampliar el sistema actual según lo establecido por el Plan Director de la ciudad de Santa Fe. Para ello, se tuvieron en cuenta diferentes tormentas de diseño: una estacionaria (IDF actual Paraná) con recurrencia de 2 años y 5 años para la verificación del sistema, y una en situación de cambio climático, incrementando para ello la intensidad de la precipitación en un 20% (Garat, 2017). La ciudad de Santa Fe no cuenta con curvas IDF propias, por lo que la municipalidad local adopta el uso de la de la ciudad de Paraná (ubicada a 20 Km aproximadamente de la ciudad) para cálculos hidrológicos.

Cabe mencionar que, además de las tormentas antes mencionadas, se utilizó para la estimación de daños generados por inundación tormentas estacionarias de 25 y 50 años, como así también situaciones de incorporación del cambio climático con aumentos en la intensidad del 10% y 30% no solo para esas dos recurrencias sino también para 2 y 5 años.

Modelación matemática

Para analizar la respuesta hidráulica del sistema y la identificación de zonas críticas para los escenarios antes mencionados, se utilizó un modelo matemático hidrodinámico de simulación, de dominio público: SWMM 5.0 vE de la EPA de los Estados Unidos. El Storm Water Management Model de la EPA (SWMM) es un modelo dinámico de simulación de escurrimiento que se puede utilizar para un único evento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua, especialmente en sistemas de drenaje urbano.

Se realizó el montaje en el modelo de la cuenca Cruz Roja. La tormenta utilizada para simular la situación actual de la cuenca fue de recurrencia de 2 años, con una duración de 2 horas y un intervalo de tiempo de 15 minutos.



Figura 3.- Montaje de la cuenca Cruz Roja en SWMM.

El municipio de la ciudad de Santa Fe establece para el diseño de una red pluvial que, para una tormenta de recurrencia de 2 años el sistema debe funcionar solo por gravedad y para 5 años los mismos pueden trabajar bajo carga pero no se debe generar anegamientos en calles que superen la altura del cordón (15 cm aproximadamente).

Las características físicas de la cuenca se adoptaron en función de los porcentajes de áreas permeables e impermeables, rugosidad de los pavimentos, características geométricas de las subcuencas, entre otras. Las características de la red de drenaje y cámaras de registro se obtuvieron de estudios antecedentes (Plan Director de la ciudad de Santa Fe) (INA-CRL, 2001).

Cómputo y presupuesto

El objetivo fue determinar un costo estimativo para el redimensionamiento de la red pluvial existente para las tormentas de diseño de 2 años y 2+20% de recurrencia.

El cómputo se realizó por análisis de precio, teniendo en cuenta que se discrimina el costo de cada elemento en tres grupos de componentes, materiales, equipos y mano de obra. Para cada uno de ellos se considera que

la fórmula de costos, con un criterio económico se conforma de la suma de los gastos, las amortizaciones y los intereses.

Ahora bien, para poder estimar el costo total del ítems (puesto que el cómputo se realiza por análisis de precio), se estiman el CUE (costo unitario de equipos), CUMO (costo unitario de mano de obra) y CUT (costo unitario total). El CUE se obtiene multiplicando el costo de elaboración del ítem obtenido anteriormente por el rendimiento estipulado; CUMO se obtiene multiplicando el costo de mano de obra del ítem obtenido anteriormente por el rendimiento estipulado. Finalmente CUT se determina sumando el CUE, CUMO y el costo total de materiales, al cual se le debe aplicar el Coeficiente Resumen para obtener finalmente el precio del ítem a utilizar en la confección del presupuesto.

El coeficiente de resumen es un coeficiente que al aplicarlo agrega al costo unitario total del ítem el generado por la aplicación del impuesto al valor agregado, ingresos brutos, costo neto, beneficios y gastos generales e indirectos.

Finalmente, se elaboró el presupuesto a partir de la suma de cada uno de los ítems.

Estimación de daños generados por anegamiento

El problema de las inundaciones por agua de lluvia en algunas ciudades, como es el caso de Santa Fe por ejemplo, es recurrente. Ante la carencia de programas y acciones que permitan mitigar este problema, sus efectos se ven reflejados generalmente en la ciudadanía e infraestructura más vulnerable y suelen producir severos daños a la población, vías de comunicación, a la infraestructura urbana, así como a diversas actividades económicas e incluso pueden ocasionar pérdida de vidas humanas. Entre los factores a considerar en las inundaciones están: la distribución espacial y temporal de la lluvia, la topografía, la basura dejada en las calles, la expansión de la mancha urbana sin planificación, entre otras.

Ante incrementos hipotéticos de la intensidad de precipitación (mm/h) y de la lámina total precipitada (mm), los sistemas de drenaje son solicitados por caudales de mayor magnitud que los asumidos para el proyecto de la red en el escenario actual. La sobrecarga del sistema origina el incremento de los tirantes en las calles, ocasionando daños a las propiedades incluso para las recurrencias de proyecto de la red de micro drenaje.

Lo que se intenta abordar es una primera estimación económica de los daños ocasionados en la cuenca en estudio para las lluvias tanto de proyecto como de verificación, en términos monetarios.

Se trabajó con tres esquemas diferentes para realizar la evaluación del daño:

- a) Situación actual de la cuenca.
- b) Dimensionamiento de una red pluvial para una tormenta de diseño de 2 años de recurrencia.

- c) Dimensionamiento de una red pluvial para una tormenta de diseño de 2 años de recurrencia aumentada en un 20% en intensidad, para contemplar la incidencia del cambio climático.

Para realizar un análisis de las posibles manchas de inundación generadas en la cuenca, se utilizaron cuatro escenarios de lluvias:

- I. Lluvias estacionarias con recurrencia de 2, 5, 25 y 50 años.
- II. Lluvias de recurrencia 2, 5, 25 y 50 años, con un incremento del 10% en intensidad.
- III. Lluvias de recurrencia 2, 5, 25 y 50 años, con un incremento del 20% en intensidad.
- IV. Lluvias de recurrencia 2, 5, 25 y 50 años, con un incremento del 30% en intensidad.

Se realizó una estimación de los daños tangibles directos, utilizando una metodología realizada por (FICH & Dirección Provincial de Obras Hidráulicas, 1995), más específicamente a lo que refiere a las viviendas y locales comerciales. Las viviendas fueron tipificadas en tres categorías, a saber: A, B y C, de acuerdo a criterios de identificaciones definidas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos:

- Vivienda tipo A: viviendas de materiales tradicionales, de buena a mediana terminación; revoque cementicio; pinturas; techumbre metálica o de losa; aislaciones; pisos de diversos materiales; instalaciones; cielorrasos; carpintería metálica o madera.
- Vivienda tipo B: vivienda que cumple al menos con una de las siguientes condiciones: no tiene provisión de agua dentro de la vivienda; no dispone de retrete con descarga de agua; piso alisado de cemento o ladrillo.
- Viviendas tipo C: viviendas de paredes de adobe y/o ladrillo de bloque; sin revoque; piso de tierra o alisado de cemento; techo de chapa o paja.

Para el caso en estudio se identificaron mayoritariamente las casas y comercios como de tipo A. Se consideraron a todas como viviendas individuales en planta baja de 85 m² aproximadamente. En función de los precios presentados por (CIFRAS, 2018), el precio de una vivienda nueva esta \$15128/m² aproximadamente. Considerando que esta es una zona comercial donde las edificaciones no son muy modernas y nuevas, se consideró un valor promedio para ellas de \$10000/m².

Una síntesis de los valores en términos proporcionales de daño, respecto al valor del inmueble, se detallan a continuación (Tabla 1). Allí se presentan en la primera columna los tipos de vivienda consideradas, en la segunda el tirante de agua desarrollado en calzada y en las restantes los porcentajes de daños para distintos tiempos de permanencia del tirante.

Tabla 1: Valores proporcionales de daño.

Tipo de vivienda	Altura desarrollada [m]	De 0 a 24 hs [%]	De 24 a 48 hs [%]	De 48 hs a 7 días [%]	De 7 a 15 días [%]	Más de 15 días [%]
A	0 a 0.30	3.40	3.50	3.70	3.90	4.00
A	0.30 a 0.50	5.50	5.60	5.70	5.90	6.10
A	+ de 0.50	8.70	8.80	9.00	9.20	9.40
B	0 a 0.30	6.60	6.70	6.80	7.20	7.40
B	0.30 a 0.50	10.30	10.50	10.70	11.00	11.10
B	+ de 0.50	18.00	18.20	18.40	18.60	18.80
C	0 a 0.30	13.50	15.80	18.20	21.00	22.00
C	0.30 a 0.50	14.40	16.80	19.20	22.00	23.00
C	+ de 0.50	15.90	18.30	20.70	23.50	24.50

Estas cantidades se expresan en % sobre el valor del metro cuadrado de cada vivienda tipo. Los límites de altura de anegamiento en viviendas responden a las alturas de anegamiento características en Cuencas Interiores de la provincia de Santa Fe, donde por los orígenes del fenómeno de anegamiento no sobrepasan los 0.80 m de altura.

Para poder determinar las áreas generadas por anegamiento se propusieron distintos valores de tirantes en función de los presentados en la Tabla 1 y conociendo la topografía de la cuenca se realizó una curva tirante – área (Figura 4). Dicha curva fue realizada para una esquina de la cuenca (San Jerónimo y Salta) y se la tomó como patrón para los demás puntos problemáticos debido a que es llana y presenta características muy similares en su totalidad. Teniendo la curva tirante – área, se elaboró la curva tirante – volumen (Figura 5).

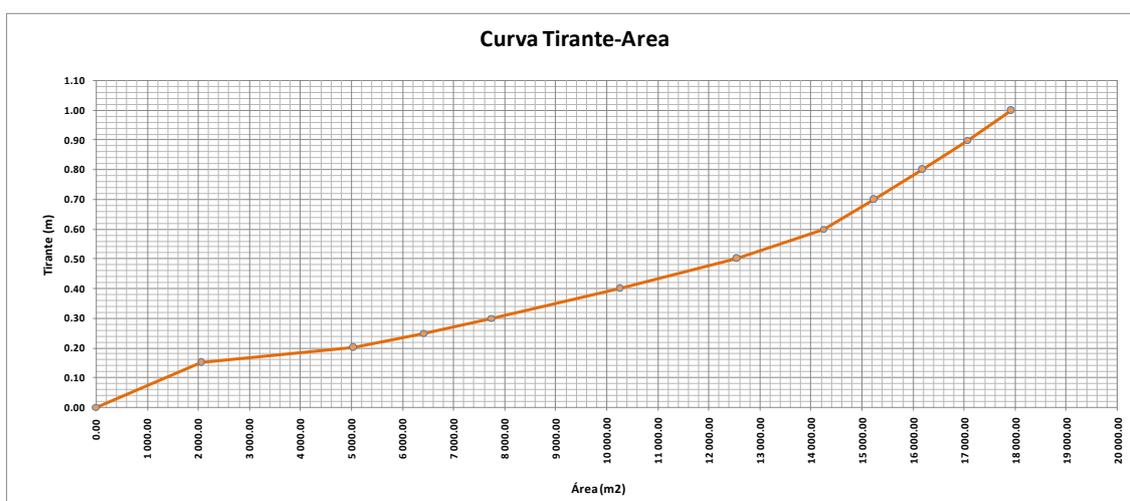


Figura 4.- Curva tirante-área.

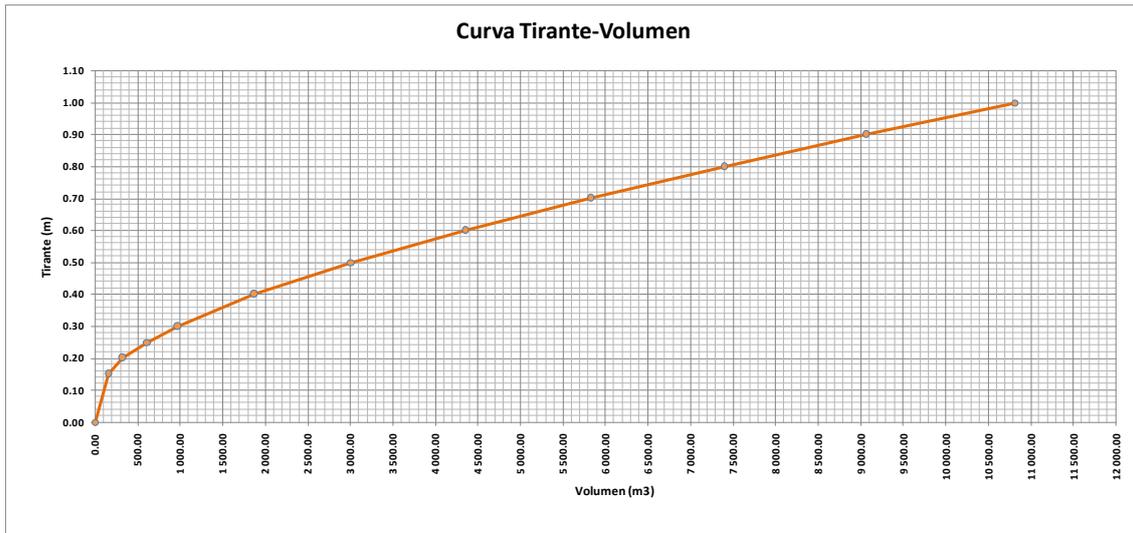


Figura 5.- Curva tirante-Volumen.

Ahora bien, ingresando con los volúmenes obtenidos en SWMM a la curva tirante – volumen se obtuvieron los tirantes respectivos. Posteriormente, ingresando con el tirante a la curva tirante – área se obtuvo el área anegada. Considerando que para el caso en estudio la permanencia del flujo en calzada no supera las 24 hs (solo son unas pocas horas), se adoptó de la Tabla 1 un porcentaje proporcional al daño de 3.50% para todos los casos; del producto entre este último y el valor del área afectada se obtuvo el valor final de daño. Finalmente, se determinó el valor del daño anual esperado (DAE) teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de cada evento. Para ello, se generaron curvas, para los tres esquemas de trabajo (a, b y c) y para los cuatro escenarios (I, II, III y IV), contemplando los valores de daño en función de cada probabilidad de ocurrencia, obteniendo el valor anual esperado de daño como la integral bajo la curva:

$$DAE = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{Tr_i} - \frac{1}{Tr_{i+1}} \right) (D_i + D_{i+1}) \quad (1)$$

Siendo:

DAE: valor esperado de los daños [\$/año].

N: número de eventos.

Tr_i y Tr_{i+1} : períodos de retorno analizados [años].

D_i y D_{i+1} : daños provocados por la inundación en los eventos analizados [\$].

RESULTADOS

La situación actual en la que se encuentra la cuenca mostró problemas en cuanto a lo referido a anegamientos. Para la lluvia de recurrencia de 2 años, se producen inundaciones en las calles, más

precisamente en la intersección de Salta y San Jerónimo, de 35 cm aproximadamente; además, el 8% de la red trabaja bajo presión. Para 5 años de recurrencia, los valores de tirante en la calle aumentan a 44 cm aproximadamente y el porcentaje de conductos bajo carga se duplica. Según la normativa impuesta por el municipio, la red pluvial existente no cumplimentaría con la misma, con lo cual, se hace necesario un redimensionamiento del sistema.

En función de lo planteado en la parte de metodología, se llevó a cabo un redimensionamiento de la red pluvial existente tanto para una recurrencia de 2 años como de 2+20%. La Figura 6 muestra el trazado de la red para las condiciones antes mencionadas.

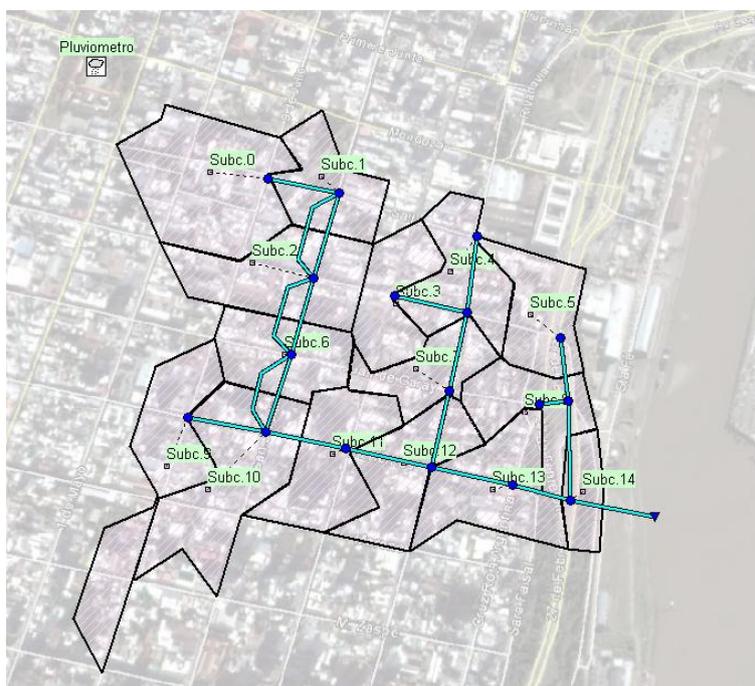


Figura 6.- Traza de los conductos a proyectar.

Para el caso del redimensionamiento de la red considerando una tormenta de 2 años de recurrencia se alcanzaron resultados favorables, debido a que el anegamiento en calles se eliminó por completo y los conductos trabajaron a pelo libre. Para 5 años, si bien algunos conductos entraron en carga (15% del total del sistema), el anegamiento producido en calle no superó los 15 cm del cordón, fue prácticamente despreciable (Figura 7). Se corrió el modelo para las tormentas de 2, 5, 25 y 50 años aumentadas en intensidad en 10%, 20% y 30% dando como resultado tirantes superiores en calle que para los de la tormenta de proyecto. Un resumen de los resultados obtenidos puede verse en la Tabla 2. Los casilleros sin datos corresponden a valores despreciables de agua generada en calle.

Ahora bien, para el sobredimensionamiento de la red para la tormenta de 2 + 20% se obtuvieron resultados favorables respecto al caso anterior (Tabla 3).

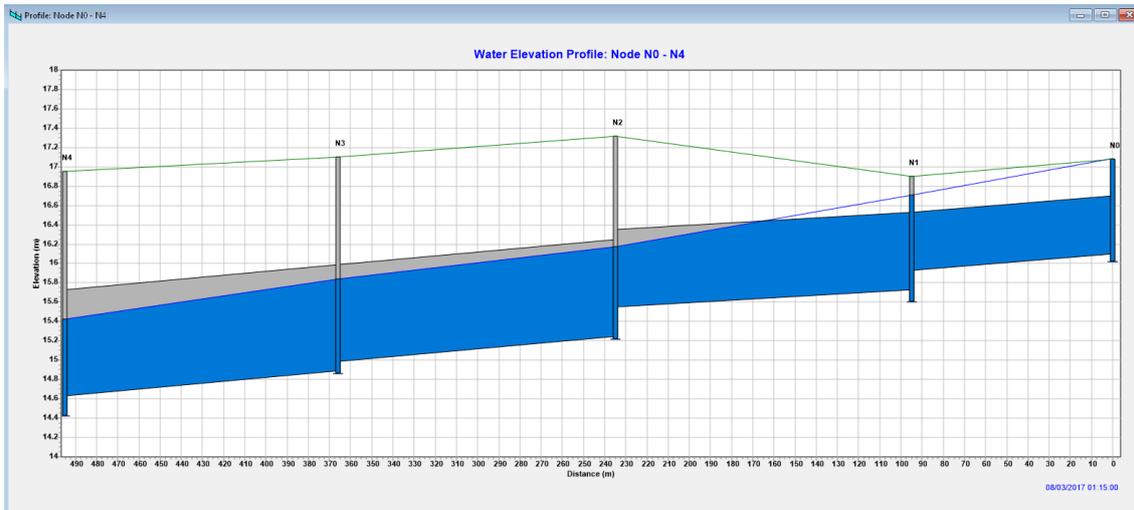


Figura 7.- Traza de conductos redimensionados.

Tabla 2: Impactos hidráulicos para dimensionamiento de 2 años.

Recurrencia [años]	Volumen [m^3]	Tirante [m]	Área afectada [m^2]	Conductos bajo carga [%]
2	---	---	---	---
2+10%	---	---	---	11.00
2+20%	---	---	---	15.00
2+30%	---	---	---	23.00
5	---	---	---	15.00
5+10%	---	---	---	15.00
5+20%	299.00	0.18	3800.00	31.00
5+30%	573.00	0.24	6000.00	46.00
25	870.00	0.29	7600.00	54.00
25+10%	1183.00	0.32	8200.00	88.00
25+20%	1526.00	0.36	9200.00	96.00
25+30%	1897.00	0.40	10200.00	96.00
50	1430.00	0.35	9000.00	96.00
50+10%	1858.00	0.40	10200.00	96.00
50+20%	2308.00	0.44	11.000.00	96.00
50+30%	2739.00	0.48	12000.00	96.00

Tabla 3: Impactos hidráulicos para dimensionamiento de 2 años + 20%.

Recurrencia [años]	Volumen [m^3]	Tirante [m]	Área afectada [m^2]	Conductos bajo carga [%]
2	---	---	---	---
2+10%	---	---	---	---
2+20%	---	---	---	---
2+30%	---	---	---	---
5	---	---	---	---
5+10%	---	---	---	---
5+20%	---	---	---	---
5+30%	349.00	0.17	3800.00	---
25	698.00	0.26	6600.00	77.00
25+10%	1011.00	0.30	7800.00	92.00
25+20%	1333.00	0.34	8300.00	92.00
25+30%	1642.00	0.37	9400.00	92.00
50	1247.00	0.33	8400.00	92.00
50+10%	1611.00	0.37	9400.00	92.00
50+20%	1952.00	0.41	10400.00	92.00
50+30%	2299.00	0.44	11.000.00	92.00

Vale la aclaración que para realizar el sobredimensionamiento para la situación 2+20% se utilizó una curva diámetro – conductividad hidráulica (K). La misma se construyó teniendo en cuenta el caudal a circular por cada uno de los conductos y los diámetros comerciales disponibles. Para el caso de aquellos ductos superiores a 1.20 m de diámetro, se los diseñó de forma rectangular (Alto H y Ancho B), teniendo en cuenta también las medidas comerciales disponibles. La Figura 8 muestra la curva diámetro–conductividad hidráulica y la Figura 9 la curva HxB-conductancia hidráulica. Los valores de conductancia hidráulica correspondiente a cada conducto resultó aquella que contemplaba el 93% de tirante de agua dentro del mismo, valor máximo admisible para los cálculos de dimensionamiento.

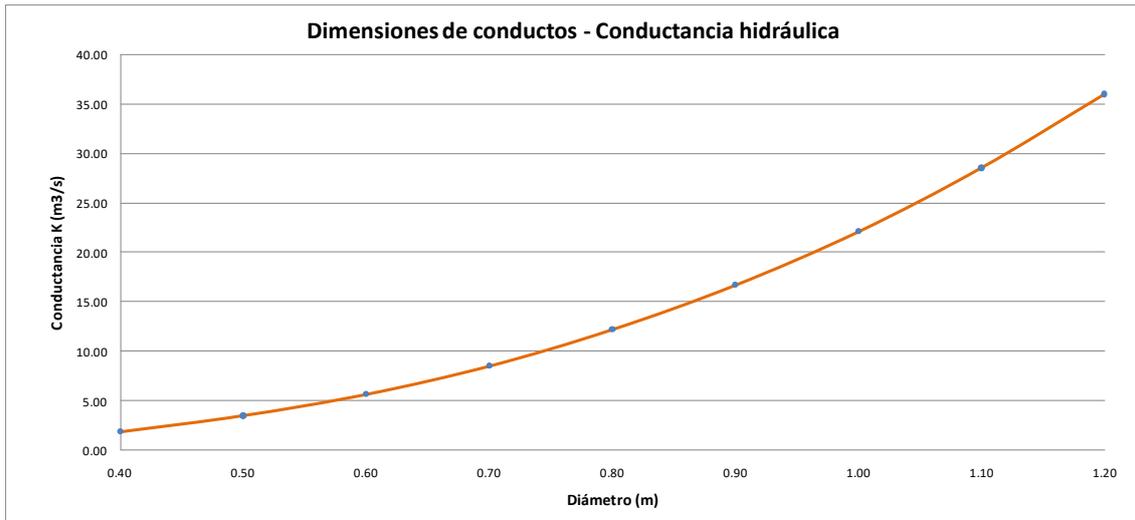


Figura 8.- Diámetro de conductos en función de su conductividad hidráulica.

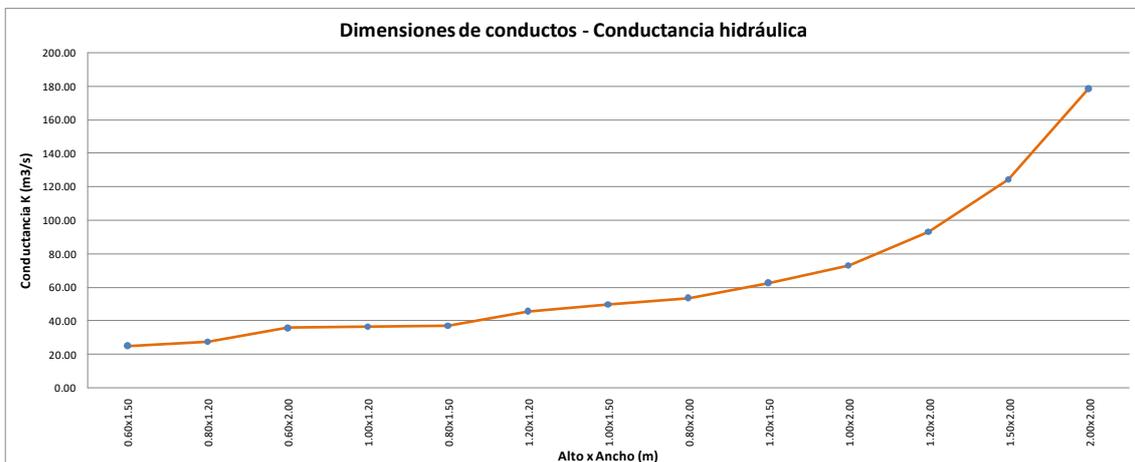


Figura 9.- Dimensiones de conductos rectangulares en función de su conductividad hidráulica.

El costo para redimensionar la red para la tormenta de proyecto de 2 años de recurrencia resultó de \$9 525 782 mientras que para la de 2+20% fue de \$ 20 627 476.

A partir de lo explicado en la etapa de metodología, se estimaron los daños generados por inundación. En la Tabla 4 se presenta un resumen de los resultados obtenidos. La disminución de los daños para el caso “b” y “c” respecto a la situación “a” pueden observarse en la Tabla 5.

Tabla 4: Daños generados a la propiedad para diversas recurrencia.

	Caso “a”	Caso “b”	Caso “c”
Escenarios	DAE [\$/año]	DAE [\$/año]	DAE [\$/año]
I	810 656.00	390 110.00	244 272.00
II	971 740.00	705 488.00	455 784.00
III	1 255 954.00	956 564.00	627 158.00
IV	1 614 116.00	1 100 610.00	781 158.00

Tabla 5: Reducción de daños generados por inundación.

	Caso “b”	Caso “c”
Escenarios	Disminución DAE [%]	Disminución DAE [%]
I	52.00	70.00
II	27.00	53.00
III	24.00	50.00
IV	32.00	52.00

CONCLUSIONES

La situación actual de la cuenca mostró resultados no favorables en cuanto al funcionamiento de la red pluvial existente, puesto que para la tormenta de proyecto y verificación (recurrencias de 2 y 5 años respectivamente) se generaron condiciones tanto de trabajo de los conductos como de almacenamiento de agua en calles que no cumplimentaban con la normativa impuesta por el municipio de la ciudad de Santa Fe. Para el escenario I (lluvias estacionarias) se generaron daños importantes en infraestructura, con un valor anual esperado de \$810 656 aproximadamente.

El impacto generado por el cambio climático sobre el modo de conducción de agua por el sistema de microdrenaje resultó en aumento a medida que las recurrencias y los porcentajes de incremento de la precipitación fueron mayores. Los tirantes resultaron mayores para el mismo efecto, lo cual repercutió directamente en el valor del daño. Los daños ocasionados en caso de que se redimensione la red pluvial existente utilizando la tormenta estacionaria de proyecto se redujeron en un valor entre 24% y 52% respecto a la situación actual de la cuenca, en función del escenario tomado. Para el caso del sobredimensionamiento para la tormenta de recurrencia de 2+20%, los mismos se redujeron a un valor de entre 50% y 70% respecto a la situación actual.

Los mejores resultados se obtuvieron para el caso “c”, donde se sobredimensiona la red considerando el impacto del cambio climático. El costo de este sobredimensionamiento fue de \$20 627 476 mientras que para el caso de la tormenta estacionaria fue de \$9 525 782, dando una diferencia aproximada de \$11 000 000.

REFERENCIAS

CIFRAS., 2018. Revista CIFRAS N° 265 - Abril 2018 . *cifras online* , 40 (Costos del m2 de construcción).

FICH, U., & Dirección Provincial de Obras Hidráulicas, S., 1995. *Evaluación técnica, económica, ambiental y urbana a nivel de prefactibilidad del programa de obras proppuesto por la provincia de Santa Fe para la cuenca del arroyo Las Conchas*. Santa Fe: Préstamo de protección contra inundaciones.

Garat, M. E., 2017. *Incorporación de la incerteza del cambio climático en la gestión del drenaje urbano*. FCEIA, UNR, Rosario: Tesis de Doctorado.

INA-CRL., 2001. *Plan Director de Desagües Pluviales de la Ciudad de Santa Fe*. Santa Fe: Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Litoral.

Nie, L., 2012. *Prepared Enabling Change Proyect - Appendix C: Modelling climate change impacts on urban stormwater and consequence assessment in Oslo, Norway*. Eurpean Commission.

Villanueva, A; Garat, E; Riccardi, G., 2017. Análisis de algunas estrategias de adaptación al cambio climático en drenaje urbano - Concordia, E.R. Córdoba: XXVI Congreso Nacional del Agua.