

Riccardi Gerardo ⁽¹⁾⁽³⁾, Mendez Zacarias Jovita ⁽¹⁾⁽²⁾, Odicini Lucia ⁽¹⁾⁽²⁾, Ramaciotti Gloria ⁽¹⁾, Berrutti Gastón⁽¹⁾, Gigante Rodriguez F.Betina⁽⁴⁾ y Marrone Lucia⁽⁴⁾
⁽¹⁾ Departamento de Hidráulica-Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario
⁽²⁾ Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario
⁽³⁾ Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario
⁽⁴⁾ Dirección General de Hidráulica, Municipalidad de Rosario

Se presenta la descripción del funcionamiento de la red de colectores pluviales en las cuencas rural-urbanas de los **Emisarios 9 y 10 de la ciudad de Rosario**, mediante modelación matemática hidrológica-hidráulica para recurrencias de 2, 5, 10 y 100 años con el software libre Storm Water Management Modelling - SWMM (EPA). La cuenca del **Emisario 9** tiene una superficie de **6501 Ha** (54% zona urbana y 46 zona rural), abarcando territorios de las ciudades de Rosario, Pérez y Soldini y descargando en el río Paraná. La longitud medida sobre la vía de drenaje principal es aproximadamente 21,7 km discriminado en 10,43 km de conducción cerrada y 11,30 km de canalización a cielo abierto. El conducto troncal se inicia con sección circular de 4,10 m de diámetro y alcanzando en la desembocadura una sección ovoidal con altura de 4,20 m y eje mayor de aproximadamente 9,00 m. La capacidad máxima de proyecto es de **137 m³/s**. La pendiente media de la cuenca es **0,92 m/km**. La impermeabilidad es variable de 0% en zona rural hasta 95% en zona urbana densamente poblada aguas abajo.

La cuenca del **Emisario 10** tiene una superficie de **1911 Ha** (73% zona urbana y 27% zona rural). La cuenca abarca territorios de la ciudad de Rosario y Pérez. La descarga del Emisario 10 es **en el arroyo Ludueña**. La longitud medida sobre la vía de drenaje principal es de aproximadamente 10,40 km discriminado en 6,3 km de conducción cerrada y 4,10 km de canalización a cielo abierto y zona de flujo manifiesto. La conducción cerrada del conducto troncal se inicia con sección circular de 3,90 m de diámetro y alcanzando en la desembocadura una sección circular con diámetro 4,50 m. La capacidad máxima de proyecto es de 38,66 m³/s. La pendiente media de la cuenca se estima en **1,4 m/km**. La impermeabilidad es variable de 0% a 95%.

Al cabo de los trabajos se concluye que se ha logrado constituir el modelo de simulación de la red completa de conductos en las cuencas de los Emisarios 9 y 10 de ciudad de Rosario. El modelo logrado está en condiciones de ser explotado para todo tipo de evento. Mediante simulaciones se obtienen hidrogramas generados en las cuencas; niveles, caudales, velocidades y tiempos característicos de las crecidas (tiempo al pico y tiempo de base) en conductos tanto troncales como secundarios y terciarios (o cualquier otra jerarquía que exista). Asimismo, es posible detectar desbordes y tiempos de permanencia en puntos de inundación superficial. El modelo permite simular cualquier tipo de lluvia real o de diseño con escurrimiento, condición antecedente, condición de cobertura y estado del arroyo Ludueña y el río Paraná. También permite incorporar cualquier tipo de acción estructural para mitigar inundaciones, como así también todo cambio en el uso y cobertura del suelo de cada cuenca para escenarios actuales como futuros.

(b) Zona rural en las cercanías de la localidad de Soldini

- Delimitación de la subcuencas de aporte superficial (morfología, altimetría, cobertura)
- Discretización de sistemas de colectores cerrados y canales abiertos
- Establecimiento de condiciones iniciales y de borde
- Definición de variables de entrada de escenarios de modelación: lluvia y condición antecedente
- Pruebas Preliminares. Controles de consistencia de resultados.
- Calibración de parámetros hidrológicos e hidráulicos
- Explotación del modelo para escenarios de modelación.
- Análisis de resultados: caudales, velocidades, alturas de agua, permanencias de niveles, volúmenes almacenados temporalmente y mapas de inundación superficial

SWMM 5.0 (EPA) es un modelo numérico que permite simular el comportamiento hidrológico e hidráulico y de calidad de agua de un sistema de drenaje urbano

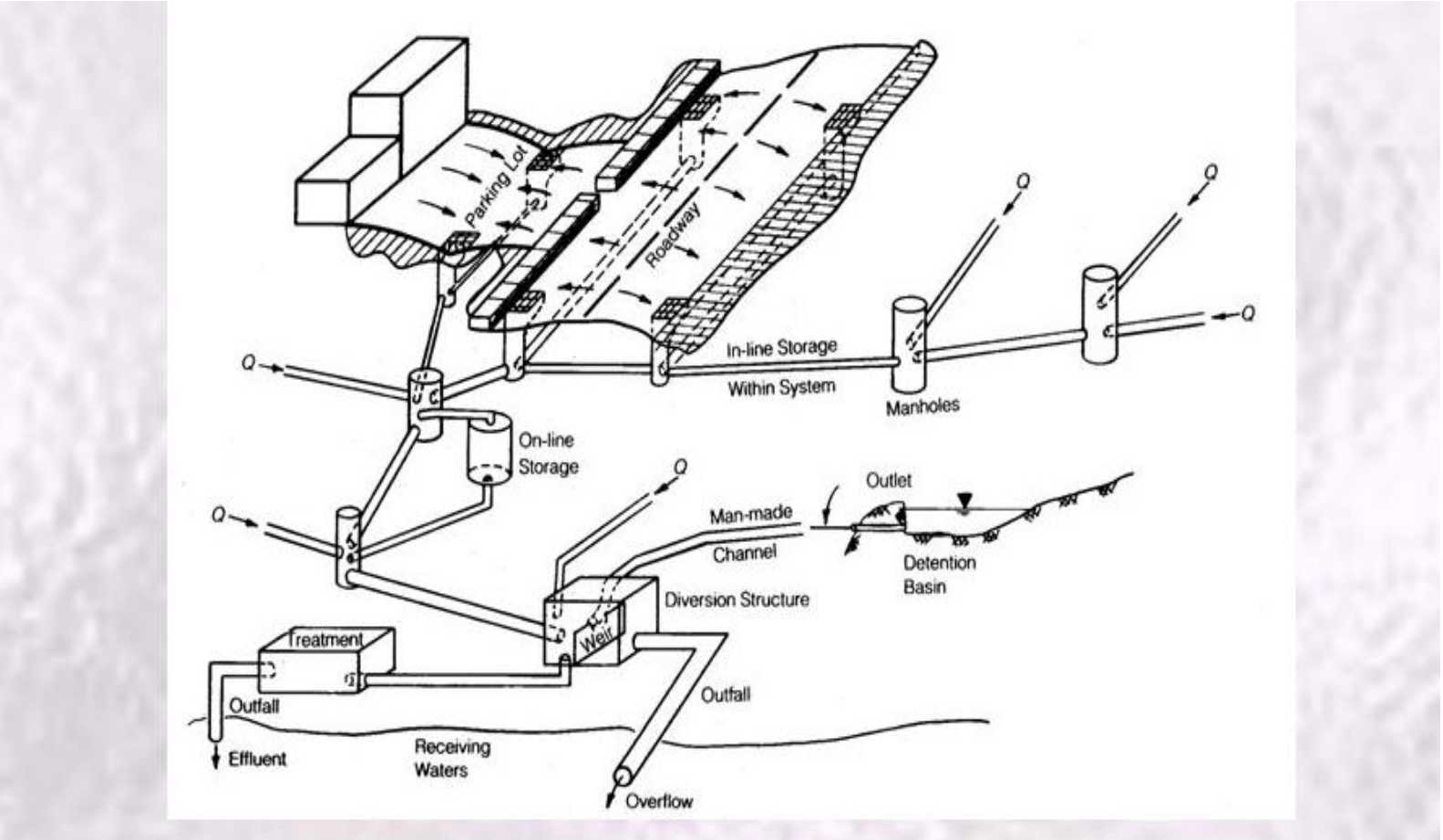
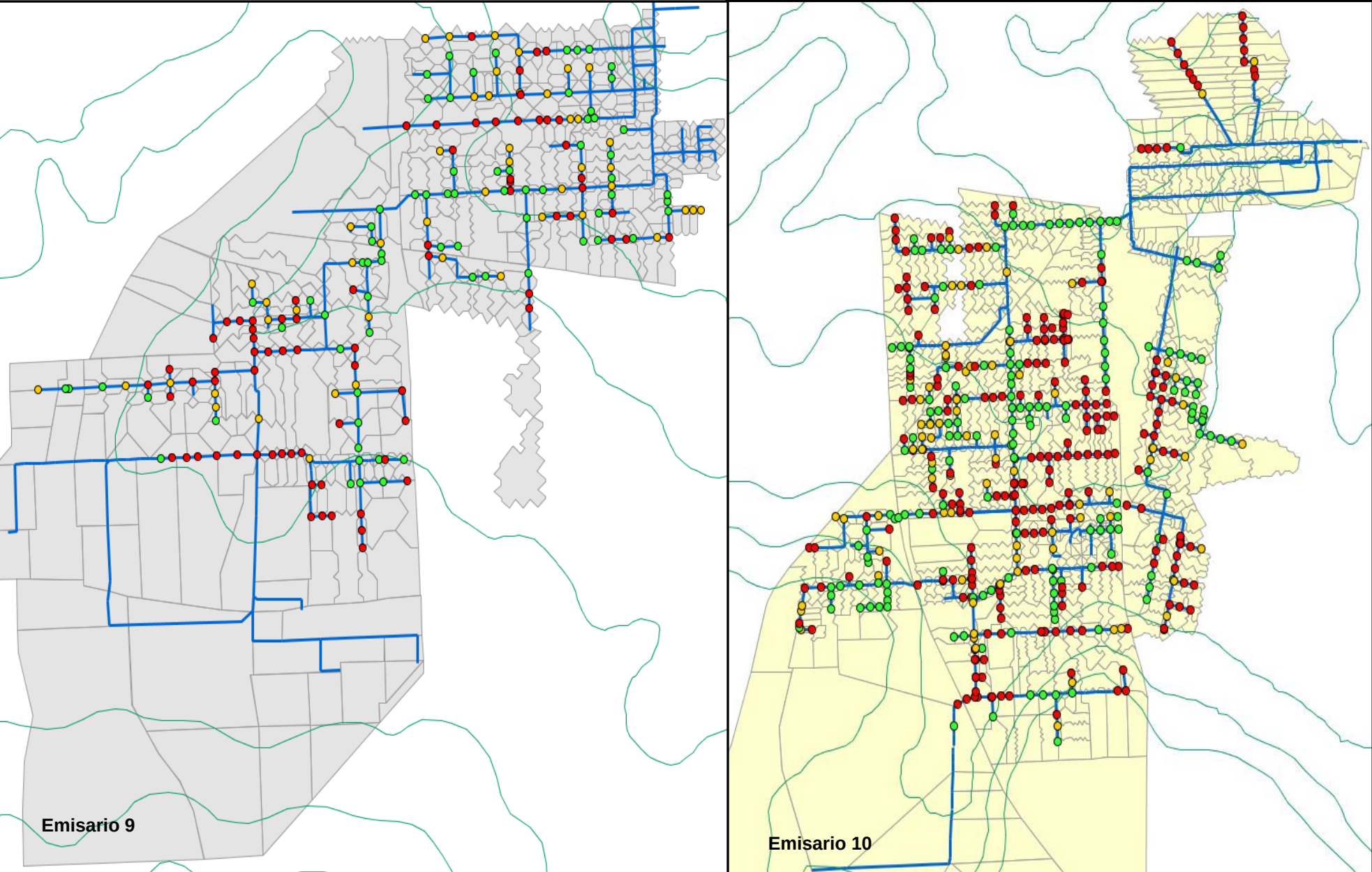
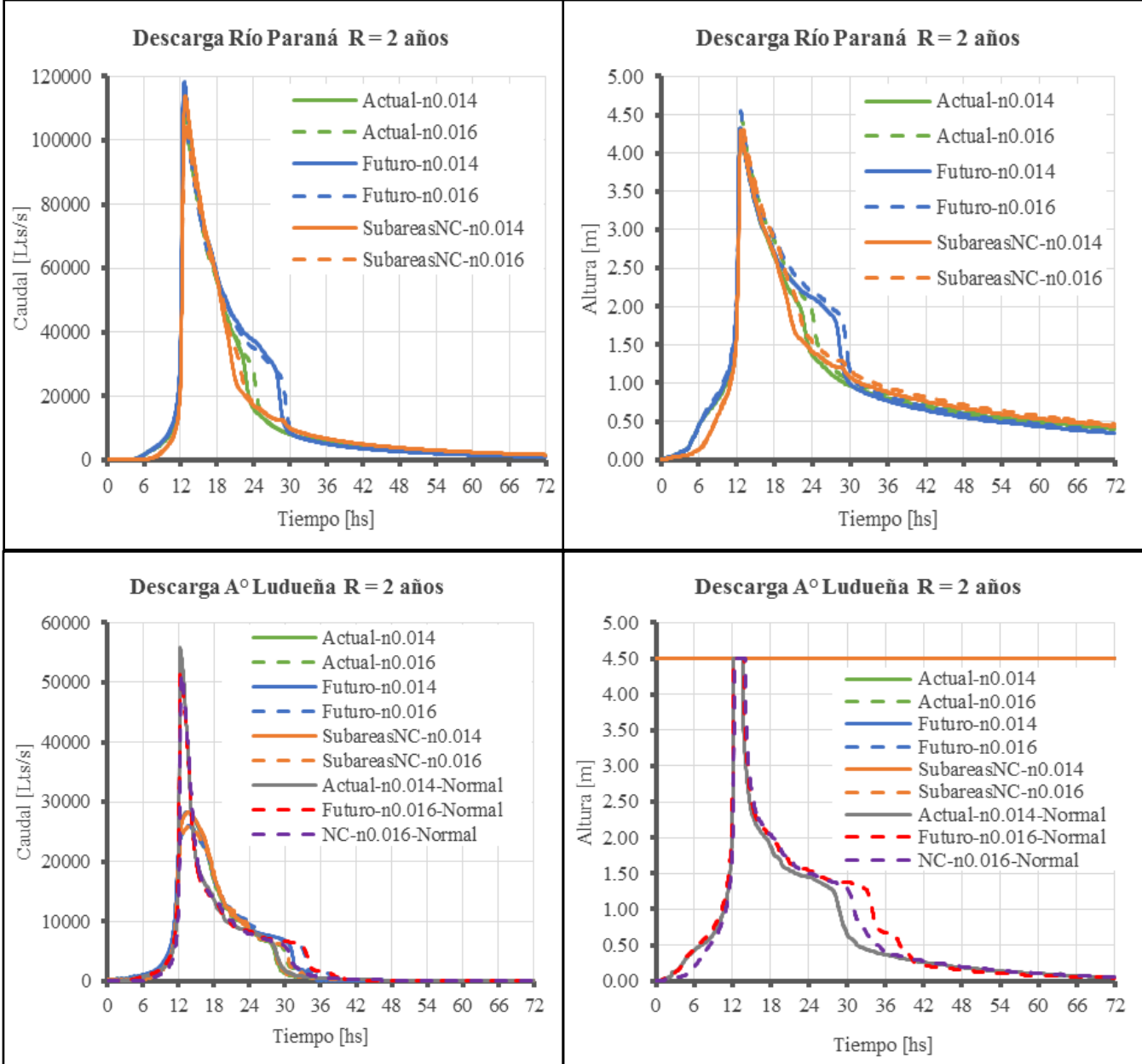
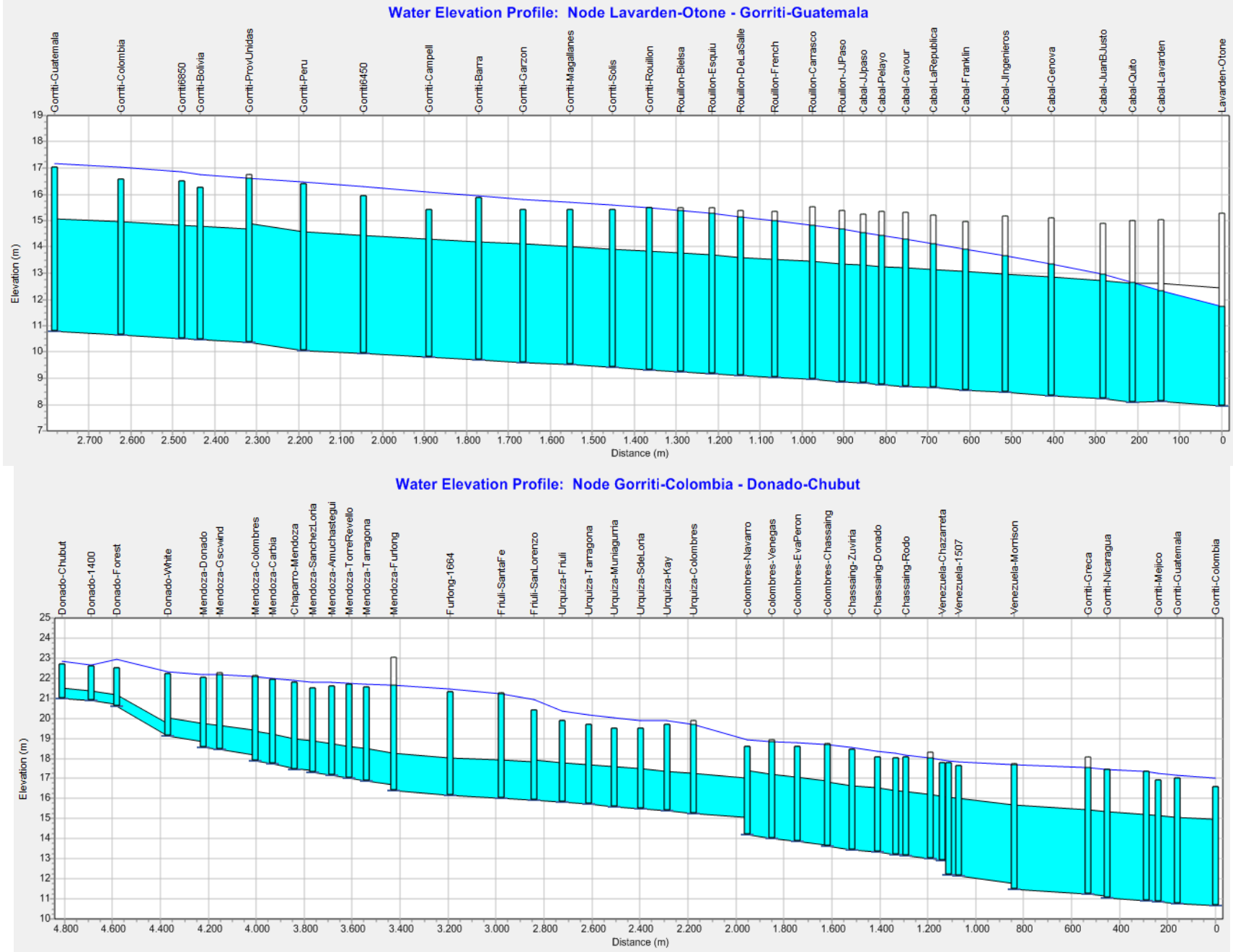


Figure 1: Volume of chemical impurities in the effluents of the 14 plants.

Left Chart: Volume chemical impurities in effluents (m3)

Plant	Volume (m3)
ES-02 Actual 01/04	~100
ES-02 Actual 05/04	~150
ES-02 Actual 09/04	~200
ES-02 Actual 13/04	~250
ES-02 Solution N.C.	~300
ES-02 Solution N.C.	~350
ES-02 Actual 01/06	~400
ES-02 Actual 05/06	~450
ES-02 Actual 09/06	~500
ES-02 Actual 13/06	~550
ES-02 Solution N.C.	~600
ES-02 Actual 01/04	~650
ES-02 Actual 05/04	~700
ES-02 Actual 09/04	~750
ES-02 Actual 13/04	~800
ES-02 Solution N.C.	~850
ES-02 Actual 01/06	~900
ES-02 Actual 05/06	~950
ES-02 Actual 09/06	~1000
ES-02 Actual 13/06	~1050
ES-02 Solution N.C.	~1100
ES-02 Actual 01/04	~1150
ES-02 Actual 05/04	~1200
ES-02 Actual 09/04	~1250
ES-02 Actual 13/04	~1300
ES-02 Solution N.C.	~1350
ES-02 Actual 01/06	~1400
ES-02 Actual 05/06	~1450
ES-02 Actual 09/06	~1500
ES-02 Actual 13/06	~1550
ES-02 Solution N.C.	~1600
ES-02 Actual 01/04	~1650
ES-02 Actual 05/04	~1700
ES-02 Actual 09/04	~1750
ES-02 Actual 13/04	~1800
ES-02 Solution N.C.	~1850
ES-02 Actual 01/06	~1900
ES-02 Actual 05/06	~1950
ES-02 Actual 09/06	~2000
ES-02 Actual 13/06	~2050
ES-02 Solution N.C.	~2100
ES-02 Actual 01/04	~2150
ES-02 Actual 05/04	~2200
ES-02 Actual 09/04	~2250
ES-02 Actual 13/04	~2300
ES-02 Solution N.C.	~2350
ES-02 Actual 01/06	~2400
ES-02 Actual 05/06	~2450
ES-02 Actual 09/06	~2500
ES-02 Actual 13/06	~2550
ES-02 Solution N.C.	~2600
ES-02 Actual 01/04	~2650
ES-02 Actual 05/04	~2700
ES-02 Actual 09/04	~2750
ES-02 Actual 13/04	~2800
ES-02 Solution N.C.	~2850
ES-02 Actual 01/06	~2900
ES-02 Actual 05/06	~2950
ES-02 Actual 09/06	~3000
ES-02 Actual 13/06	~3050
ES-02 Solution N.C.	~3100
ES-02 Actual 01/04	~3150
ES-02 Actual 05/04	~3200
ES-02 Actual 09/04	~3250
ES-02 Actual 13/04	~3300
ES-02 Solution N.C.	~3350
ES-02 Actual 01/06	~3400
ES-02 Actual 05/06	~3450
ES-02 Actual 09/06	~3500
ES-02 Actual 13/06	~3550
ES-02 Solution N.C.	~3600
ES-02 Actual 01/04	~3650
ES-02 Actual 05/04	~3700
ES-02 Actual 09/04	~3750
ES-02 Actual 13/04	~3800
ES-02 Solution N.C.	~3850
ES-02 Actual 01/06	~3900
ES-02 Actual 05/06	~3950
ES-02 Actual 09/06	~4000
ES-02 Actual 13/06	~4050
ES-02 Solution N.C.	~4100
ES-02 Actual 01/04	~4150
ES-02 Actual 05/04	~4200
ES-02 Actual 09/04	~4250
ES-02 Actual 13/04	~4300
ES-02 Solution N.C.	~4350
ES-02 Actual 01/06	~4400
ES-02 Actual 05/06	~4450
ES-02 Actual 09/06	~4500
ES-02 Actual 13/06	~4550
ES-02 Solution N.C.	~4600
ES-02 Actual 01/04	~4650
ES-02 Actual 05/04	~4700
ES-02 Actual 09/04	~4750
ES-02 Actual 13/04	~4800
ES-02 Solution N.C.	~4850
ES-02 Actual 01/06	~4900
ES-02 Actual 05/06	~4950
ES-02 Actual 09/06	~5000
ES-02 Actual 13/06	~5050
ES-02 Solution N.C.	~5100
ES-02 Actual 01/04	~5150
ES-02 Actual 05/04	~5200
ES-02 Actual 09/04	~5250
ES-02 Actual 13/04	~5300
ES-02 Solution N.C.	~5350
ES-02 Actual 01/06	~5400
ES-02 Actual 05/06	~5450
ES-02 Actual 09/06	~5500
ES-02 Actual 13/06	~5550
ES-02 Solution N.C.	~5600
ES-02 Actual 01/04	~5650
ES-02 Actual 05/04	~5700
ES-02 Actual 09/04	~5750
ES-02 Actual 13/04	~5800
ES-02 Solution N.C.	~5850
ES-02 Actual 01/06	~5900
ES-02 Actual 05/06	~5950
ES-02 Actual 09/06	~6000
ES-02 Actual 13/06	~6050
ES-02 Solution N.C.	~6100
ES-02 Actual 01/04	~6150
ES-02 Actual 05/04	~6200
ES-02 Actual 09/04	~6250
ES-02 Actual 13/04	~6300
ES-02 Solution N.C.	~6350
ES-02 Actual 01/06	~6400
ES-02 Actual 05/06	~6450
ES-02 Actual 09/06	~650

NODOS CON AMENAZA DE INUNDACION PARA TORMENTAS DE R= 5 años



Se ha logrado constituir **el modelo de simulación de la red completa de conductos** en las cuencas de **los Emisarios 9 y 10** de ciudad de Rosario.

Mediante simulaciones se pueden obtener hidrogramas generados en las cuencas; niveles, caudales, velocidades y tiempos característicos de las crecidas (tiempo al pico y tiempo de base) en conductos tanto troncales como secundarios y terciarios (o cualquier otra jerarquía que exista). Asimismo, es posible detectar desbordes y tiempos de permanencia en puntos de inundación superficial.

El modelo **permite simular** cualquier tipo de **lluvia real o de diseño** con escurrimiento, **condición antecedente, condición de cobertura y estado del arroyo Ludueña y el río Paraná**. También permite incorporar cualquier tipo de acción estructural para mitigar inundaciones, como así también todo cambio en el **uso y cobertura del suelo** de cada cuenca para escenarios **actuales** como **futuros**.

A modo de capacidad máxima de evacuación en términos de los escenarios considerados son importantes amenazas de inundación, la cuenca del **Emisario 9** puede soportar la lluvia asociada a **R=2 años** de recurrencia, donde precipitan **91,9 mm a lo largo de 24 horas** (con un precipitación acumulada en la hora más crítica de 49 mm), bajo la distribución temporal de Chicago. Con la condición de descarga al río Paraná en tirante normal. No obstante la modelación de este escenario determina un 42,50% de los nodos con almacenamiento temporario en superficie, con un total de **559.929,15 m³**. Este valor corresponde a un promedio de **85,41 m³/ha** o si se lo establece en términos de lluvia, unos 8,54 mm de los 91,9 mm se almacenan temporariamente en superficie produciendo pequeñas inundaciones que pueden ser consideradas admisibles

Por su parte, la cuenca del **Emisario 10** puede soportar la lluvia asociada a **R= 2 años** de recurrencia (ídem anterior), con la condición de descarga en tirante normal (Ludueña por debajo de 12,35 m IGN en embocadura de Aliviador Olive). No obstante la modelación de este escenario determina un 36,90% de los nodos con almacenamiento temporal en superficie, con un total de **173,900,19 m³**. Este valor corresponde a un promedio de **103,88 m³/ha** o si se lo establece en términos de lluvia, unos 10,4 mm de los 91,9 mm se almacenan temporalmente en superficie produciendo pequeñas inundaciones que puede ser consideradas en la frontera de lo admisible.

Agradecimientos. A la **UNR** y al **CIUNR** por el apoyo brindado en el marco de los Proyectos **PID 1ING 509** y **1ING514**. A la **Dirección General de Hidráulica** de la **Municipalidad de Rosario**.