

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y  
NATURALES

## CÁTEDRA DE PRÁCTICAS SUPERVISADAS Informe Técnico Final

CEAS S.A.

### *OBRA DE DRENAJE URBANO EN LA CIUDAD DE ARROYITO*

**Mondino Llermanos, Melina**  
*Alumna*

**Dra. Ing. Teresa Reyna**  
*Tutora Interna*

**Dr. Ing. Santiago Reyna**  
*Supervisor Externo*

**AÑO 2016**

## Índice

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Marco de Referencia de la Práctica Supervisada. ....	6
1.2. Presentación.....	6
1.3. Planteo del problema.....	6
1.4. Objetivos y Alcances.....	7
1.5. Metodología.....	8
CAPÍTULO 2: ETAPA PRELIMINAR .....	11
2.1. Tareas realizadas en campaña.....	11
2.2. Tareas realizadas en gabinete.....	11
CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	13
3.1. Ubicación.....	13
3.2. Medio Natural. ....	14
CAPÍTULO 4: IMPACTOS DE CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO .....	18
4.1. Impacto de las prácticas agrícolas.....	19
4.2. Impacto de la urbanización. ....	21
4.3. Inundaciones urbanas.....	23
CAPÍTULO 5: RECONOCIMIENTO ÁREA DE ESTUDIO .....	26
5.1. Desagüe calle San Martin.....	26
5.2. Desagüe calle Mitre.....	34
5.3. Desagüe calle José A. Vocos.....	37
5.4. Sector sur de la ciudad .....	41
5.5. Sector Av. Bernardi.....	44
CAPÍTULO 6: ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.....	49
6.1. Delimitación de la cuenca y subcuencas. ....	49
6.2. Determinación de los parámetros físicos. ....	51
6.3. Tormenta de diseño.....	58
6.4. Elementos del Sistema de Drenaje.....	67
6.5. Estimación de Caudales. ....	69
6.6. Medidas de control estructural y no estructural.....	89
CAPÍTULO 7: PROYECTO DE DRENAJE .....	91
7.1. Generalidades. ....	91
7.2. Obras proyectadas. ....	92
CAPÍTULO 8: SUMIDEROS.....	113
CAPÍTULO 9: VERIFICACIONES .....	115
9.1. Verificación hidráulica de calzada.....	115
9.2. Verificación de conductos de vinculación.....	115
CAPÍTULO 10: CÓMPUTO .....	117

CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	130
CAPÍTULO 12: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	133

### Índice de Figuras:

Figura 1: Ubicación del área en estudio.....	13
Figura 2: Accesibilidad a la localidad.....	13
Figura 3: Mapa geomorfológico de la Provincia de Córdoba (Los Suelos, 2003). ....	14
Figura 4: Temperaturas medias en Enero y Julio para Prov. de Córdoba.....	16
Figura 5: Temperaturas y Precipitaciones medias mensuales. ....	16
Figura 6: Balance hídrico climático.....	17
Figura 7: Cambio en los escurrimientos por modificación de cobertura.....	20
Figura 8: Impacto hidrológico de las prácticas agrícolas.....	20
Figura 9: Relación entre impermeabilización y escurrimiento superficial. ....	21
Figura 10: Impacto hidrológico de la urbanización (Bertoni, 2004).....	22
Figura 11: Subsistemas asociados al drenaje urbano (Bertoni, 2004). ....	24
Figura 12: Sumidero reja San Martín esquina Colón. ....	27
Figura 13: Sumidero sobre San Martín entre Colón y Quijada.....	28
Figura 14: Sumidero San Martín esquina Vicente Orellano. ....	29
Figura 15: Sumidero San Martín esquina Constancio Francisca.....	30
Figura 16: Reja sobre conducto de San Martín a la altura de Constancio Francisca. .....	31
Figura 17: Sumidero San Martín esquina Marcial Vaudagna. ....	32
Figura 18: Sumideros San Martín y Sánchez de Bustamante.....	33
Figura 19: Tramo final de calle San Martín.....	34
Figura 20: Vivienda con umbral tapiado calle Mitre esquina Vicenta Ríos de Vocos. .....	35
Figura 21: Sumidero calle Mitre esquina Vicenta Ríos de Vocos.....	35
Figura 22: Sumidero calle Mitre esquina Gral. Paz.....	36
Figura 23: Guías de compuerta en comercio de calle Mitre.....	37
Figura 24: José A Vocos y Vélez Sarsfield.....	37
Figura 25: José A Vocos y Vicenta Ríos de Vocos.....	38
Figura 26: Reja sobre conducto en la misma esquina. ....	39
Figura 27: José A Vocos e Ismael Bianchi.....	39
Figura 28: Canal a cielo abierto de Rafael Núñez.....	40
Figura 29: Rafael Núñez y Nicasio Llañez.....	41
Figura 30: Sumidero Este calle Lavalle y Bv. Dalle Mura.....	42
Figura 31: Sumidero Oeste calle Lavalle y Bv. Dalle Mura. ....	42
Figura 32: Espacio verde entre Bv. Dalle Mura y Av. Pagani.....	43

Figura 33: Desagüe a cielo abierto Bernardi esq. Ruta 19.....	44
Figura 34: Comienzo de canal Bernardi en intersección con Av. Marcial Vaudagna. .....	45
Figura 35: Sección del canal Bernardi entre Av. Marcial Vaudagna y descarga al río. .....	45
Figura 36: Illia e Ignacio Urquía.....	46
Figura 37: Rafael Bianchi y Antonio Ballatore.....	47
Figura 38: Modesto Maranzana y Deán Funes.....	47
Figura 39: Plano de delimitación de Subcuencas.....	50
Figura 40: Regiones Pluviográficas Provincia de Córdoba (Caamaño Nelly, 1993). 58	
Figura 41: Valores medios de los logaritmos naturales de las precipitaciones máximas diarias anuales $\mu'$ .....	63
Figura 42: Valores medios del desvío de los logaritmos naturales de las precipitaciones máximas diarias anuales $\sigma'$ .....	63
Figura 43: Curvas IDF Localidad "Arroyito". Fuente: En base al modelo DIT para la provincia de Córdoba.....	64
Figura 44: Hietograma de diseño para una duración de 45 minutos. Lámina total: 60mm.....	65
Figura 45: Esquema de modelación EPASWMM.....	74
Figura 46: Nodos con surgencia – Evento duración 45 minutos. Lámina total: 60mm – EPASWMM.....	76
Figura 47: Perfil sobre el conducto 200 – EPASWMM.....	80
Figura 48: Perfil sobre el conducto 300 – EPASWMM.....	81
Figura 49: Perfil sobre el conducto 400 – EPASWMM.....	82
Figura 50: Perfil sobre el conducto 500 – EPASWMM.....	83
Figura 51: Perfil sobre el conducto 600 – EPASWMM.....	84
Figura 52: Perfil sobre el conducto 700 – EPASWMM.....	85
Figura 53: Perfil sobre el conducto 800 – EPASWMM.....	86
Figura 54: Perfil sobre el conducto 900 – EPASWMM.....	87
Figura 55: Perfil sobre el conducto 1000 – EPASWMM.....	88
Figura 56: Obras del Plan General de Drenaje.....	95
Figura 57: Nodos con surgencia – Situación CON OBRA (izquierda) vs Situación SIN OBRA (derecha) – EPASWMM.....	100
Figura 58: Sección tipo LENTA – Fuente: Juan Carlos Lenta e hijos S.R.L. ....	102
Figura 59: Perfil sobre el conducto propuesto – Instante pico – EPASWMM.....	103
Figura 60: Nodos con surgencia SIN OBRA. Lámina total: 60mm.....	104
Figura 61: Nodos con surgencia CON OBRA. Lámina total: 60mm.....	105
Figura 62: Perfil sobre el conducto propuesto – Instante pico – EPASWMM.....	106
Figura 63: Nodos con surgencia SIN OBRA. Lámina total: 60mm.....	107
Figura 64: Nodos con surgencia CON OBRA. Lámina total: 60mm.....	108

Figura 65: Obra sobre tramo final de calle Rafael Nuñez. ....	109
Figura 66: Perfil sobre el conducto propuesto – Instante pico – EPASWMM .....	110
Figura 67: Nodos con surgencia SIN OBRA. Lámina total: 60mm .....	111
Figura 68: Nodos con surgencia CON OBRA. Lámina total: 60mm .....	112
Figura 69: Vertedero de pared delgada. ....	113
Figura 70: Nueva boca de tormenta. ....	114
Figura 71: Nueva boca de tormenta en la esquina de D. Ciancia y Deán Funes. ...	114
Figura 72: Conducto de vinculación para sumideros 600mm.....	116

#### Índice de Tablas:

Tabla 1: Valores base para la n de Manning (según Arcement y Schneider, 1989) .	54
Tabla 2: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning (según Arcement y Schneider, 1989) .....	55
Tabla 3: Parámetros de modelación. ....	57
Tabla 4: Tiempo de Concentración por Subcuenca. ....	60
Tabla 5: Parámetros estadísticos para estaciones base. ....	62
Tabla 6: Conductos Pluviales. Las celdas en color marcan los tramos que actualmente son canales a cielo abierto. ....	68
Tabla 7: Nodos con Surgencia. ....	77
Tabla 8: Demanda en conductos. ....	79
Tabla 9: Obras del Plan General de Drenaje. ....	99
Tabla 10: Medidas disponibles de Módulos Tipo Pórtico ® (Medidas de luces interiores, en metros).....	101

#### Índice de Anexos:

Anexo 1: Plano de Ubicación Provincial.
Anexo 2: Plano de Ubicación Departamental.
Anexo 3: Plano de la ciudad de Arroyito.
Anexo 4: Cuencas y subcuencas.
Anexo 5: Canales en plantas y Perfiles Longitudinales.
Anexo 6: Detalle de cámaras.

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Marco de Referencia de la Práctica Supervisada.**

La modalidad de Práctica Supervisada implementada en la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC), tiene como fin brindar al estudiante experiencia práctica complementaria a la formación elegida, para su inserción en el ejercicio de la profesión.

La presente se realizó bajo la modalidad de Práctica Supervisada Pasante No Rentado (PNR) y fue llevada a cabo en la Empresa Consultora “CEAS S.A.”, bajo la supervisión del Dr. Ing. Civil Santiago M. Reyna en carácter de supervisor externo y de la Dra. Ing. Civil Teresa M. Reyna en condición de tutor académico.

En lo que respecta a esta práctica específicamente, el tema de la misma surge a partir de un proyecto que se estaba desarrollando en la consultora, el mismo consistía en un “Proyecto de Desagües Pluviales para la ciudad de Arroyito”.

### **1.2. Presentación.**

Atendiendo a la situación de anegamientos recurrentes que sufre en la actualidad la ciudad de Arroyito como consecuencia de las modificaciones en los usos de suelo, la empresa CEAS ha proyectado una serie de conductos que permiten realizar el drenaje de las zonas inundadas considerando que se deben evacuar los caudales sin incrementar las inundaciones aguas abajo.

Las modificaciones en los usos del suelo entre las que se encuentra la gran explosión demográfica que tuvo lugar en la localidad de Arroyito, provincia de Córdoba, en las últimas décadas ha generado la necesidad de un aumento en el nivel de urbanización de las cuencas de aporte.

### **1.3. Planteo del problema.**

El cambio de uso agrícola-ganadero a uso residencial, esto es, el aumento en el grado de urbanización del suelo, produce un marcado impacto sobre la impermeabilización del suelo.

El desarrollo urbano, la construcción de calles y la proporción cada vez menor de espacios verdes en relación con las zonas edificadas traen como consecuencia un aumento notable de los escurrimientos pluviales con altos y frecuentes caudales picos. Esto produce importantes daños a la integridad física y biológica del cauce

receptor.

Debido a lo anteriormente expuesto, la Municipalidad de Arroyito encomendó a CEAS S.A. los estudios para la determinación de posibles soluciones y el proyecto de las obras que permitan mitigar los inconvenientes frente a la ocurrencia de posibles nuevos eventos extremos, sirviendo para complementar las acciones que ya se encuentra llevando adelante el propio Municipio.

#### **1.4. Objetivos y Alcances.**

Los objetivos del presente trabajo pueden dividirse en dos grupos, por un lado, los objetivos técnicos, con los cuales deberá sin duda cumplir el proyecto, y por el otro, los objetivos planteados a nivel personal.

##### **1.4.1. Objetivos Técnicos.**

El objetivo general planteado para este trabajo es el Estudio, Modelación Hidrológica e Hidráulica y Proyecto de obras necesarias de Desagüe para la localidad de Arroyito, que permitan sobre la base de un diagnóstico de la situación actual adoptar las medidas y acciones que optimicen el manejo de excedentes pluviales que escurren superficialmente, de forma tal de mitigar los efectos que los mismos producen aguas abajo.

De esta manera es posible resumir en dos grandes objetivos:

- El primero, pretende exponer un panorama de la situación actual en cuanto al manejo de los excesos pluviales en el sector en análisis.
- El segundo, se resume en el desarrollo de las propuestas necesarias que lleven a una restitución de la situación actual de escurrimiento natural.

Para lograr cumplir los mismos, es necesario a su vez plantear una serie de objetivos particulares que permitan garantizar un buen desarrollo de los descriptos anteriormente, los cuales pueden resumirse en:

- Reconocimiento de cada componente físico del área en estudio.
- Analizar globalmente las consideraciones necesarias a tener en cuenta para la determinación del periodo de retorno más conveniente a través de un enfoque técnico económico.
- Evaluación los caudales máximos para la Situación Actual y para la Situación Futura, entendiendo como tal a la realización de las obras de desagüe, estableciendo la utilidad de cada uno, teniendo en cuenta la estimación de algunos de los parámetros intervinientes.

- Dimensionado de las obras de regulación y drenaje atendiendo tanto las variables hidrológicas, topográficas y económicas, evaluando distintas alternativas de solución para la selección del tipo de obra a ejecutar.
- Modelación de la Situación Futura con las obras propuestas, de manera tal de entender la solución propuesta.

#### **1.4.2. Objetivos Personales.**

El objetivo planteado a nivel personal, se resume en aplicar, integrar e incrementar los conocimientos adquiridos en cada una de las materias a lo largo de la carrera, investigar, conocer, aprender y aplicar herramientas a un problema real y concreto de ingeniería.

#### **1.5. Metodología.**

Previo a definir las acciones a llevar a cabo en el Proyecto, se deberá tener un panorama claro de la Situación Actual de la zona en estudio. Esto permitirá definir las estrategias sobre las cuales trabajar con el objeto de avanzar en el desarrollo de las obras y en la implementación de las medidas que brinden una solución integral a la problemática planteada.

En base a lo dicho anteriormente se propone la siguiente metodología de trabajo:

##### **1.5.1. Etapa Preliminar.**

- Recopilación de antecedentes: obras ejecutadas, proyectos y anteproyectos realizados o en desarrollo, planes de obras y de estudios, medidas no estructurales (normativas, regulaciones, etc.).
- Inspección de campo: recorridas de campo para la verificación de los aspectos más destacados del sistema hídrico.
- Sistematización de la información: chequeo de los antecedentes recopilados, elaboración de una planimetría general en donde se vuelquen los datos obtenidos.
- Diagnóstico: análisis y evaluación de los antecedentes, elaboración del diagnóstico, destacando los puntos y aspectos más importantes.

##### **1.5.2. Estudio Hidrológico.**

- Caracterización Hidrogeomorfológica de las Cuencas de Aporte Hídrico



- Definición de la red de escurrimientos
- Áreas deprimidas anegadas
- Delimitación de las subcuencas
- Tipo de suelos y cobertura vegetal en los sectores rurales
- Uso del suelo y grado de urbanización en las áreas con asentamiento poblacional
- Infraestructura actual relacionada con los escurrimientos
- Transformación Lluvia – Caudal y Propagación de Caudales
  - Hidrogramas
  - Caudales picos para los distintos períodos de recurrencia
  - Niveles de escurrimiento para los distintos períodos de recurrencia

### **1.5.3. Proyecto de Obras de Drenaje.**

- Evaluación del Sistema Proyectado
  - Estructuras de escurrimiento (Calles)
  - Estructuras de vinculación (Conductos de vinculación)
- Obras Proyectadas
  - Conductos
  - Sumideros
  - Cámaras

### **1.5.4. Elaboración de Documentación.**

- Memoria Descriptiva
- Memoria de Ingeniería
- Computo Métrico
- Pliego de Especificaciones Técnicas
- Planos
  - Planimetría de Ubicación
  - Planimetría General
  - Planimetría de Drenaje
  - Planos Tipo y de Detalles Obras Proyectadas
  - Planialtimetrías de Calles
  - Perfiles Tipo de Calles
  - Calzada Acotada

En resumen, las tareas a realizar por la consultora fueron las enumeradas a continuación y mi participación activa en el proyecto abarca desde la búsqueda de propuestas de medidas correctivas a la obra de drenaje existente y de nuevas obras de drenaje.

1. Relevamientos e inspección de la red pluvial existente.
2. Análisis de datos pluviométricos de la zona.
3. Modelación hidráulica de la red existente (Diagnóstico).
4. Análisis / diagnóstico del modelo hidráulico, de tal manera que permita la detección de ineficiencias en el funcionamiento de la red existente.
5. Propuesta de medidas correctivas de obras de drenaje existentes.
6. Propuesta de las nuevas obras de drenaje.
7. Modelación hidráulica de la red existente junto con las nuevas obras.
8. Verificación de capacidad de drenaje de las calles junto con la ubicación de nuevos sumideros.
9. Memorias de cálculo.
10. Memoria descriptiva de las obras propuestas.
11. Planos de cuencas de aporte internas y externas de la ciudad.
12. Topografías de las nuevas obras de drenaje.
13. Planos de planimetría y perfiles longitudinales de las obras de drenaje (diámetro de las conducciones, materiales, pendientes, tapadas, etc.).
14. Planos de detalles de los sumideros tipo.
15. Especificaciones técnicas de obra.
16. Cómputo y presupuesto de la obra.

## **CAPÍTULO 2: ETAPA PRELIMINAR**

Para la ejecución del presente informe se consultó bibliografía técnica vinculada a la temática en análisis, estudios de diversos tipos realizados en la zona de influencia, además de la documentación específica.

En primer lugar, se recopilaron antecedentes cartográficos disponibles a distintas escalas, y antecedentes bibliográficos, publicaciones, imágenes satelitales, fotografías aéreas del área involucrada.

Para la ejecución de las tareas descritas se contó con la siguiente información:

- Planimetría con cotas en cada esquina y líneas de quiebre de la localidad entregada por la Municipalidad.
- Parcelario municipal.
- Inspección y relevamiento fotográfico elaborado por CEAS durante las visitas.
- Imágenes satelitales con el tipo de suelo y su uso actual.
- Plano de la red de desagües pluviales entregado por el comitente.
- Plano con indicación de los sectores afectados.
- Registros pluviométricos 2015-2016

Todos estos antecedentes fueron clasificados, procesados y analizados a los fines de definir una base de datos para el área contemplando información geológica, geomorfológica, de suelos, hidrológica e hidráulica disponible. Toda la información recopilada fue analizada y procesada a los efectos de componer un cuadro de situación previa al relevamiento de campaña. Con la información procesada se confeccionaron planos de cuencas y subcuencas, escurrimientos principales, infraestructuras, etc. para ser verificadas en campo.

### **2.1. Tareas realizadas en campaña.**

Con los datos previamente elaborados a partir de la información disponible en relación al sistema de drenaje, en campaña se realizaron las siguientes tareas:

- Profesionales recorrieron el área afectada para tomar contacto con la problemática in-situ, reconocieron y verificaron las principales líneas de escurrimiento hídrico.
- Profesionales relevaron las obras viales existentes como rutas, calles y caminos, las obras hidráulicas en el área en estudio.
- Se obtuvieron fotografías de lugares considerados relevantes.

### **2.2. Tareas realizadas en gabinete.**

Con la información procesada y la relevada en campaña fueron realizadas las siguientes tareas en gabinete de las cuales se participó:

- Se analizó la información bibliográfica antecedente disponible y con la misma se elaboraron diagnósticos preliminares.
- Se interpretaron las fotografías aéreas e imágenes satelitales disponibles para diferentes fechas.
- Se confeccionó la planimetría correspondiente, con la integración de los siguientes aspectos:
  - Unidades Geomorfológicas.
  - Red de drenaje.
  - Cuencas hídricas.
  - Uso del suelo
  - Obras Futuras
- Para la transformación lluvia - caudal fue aplicado el modelo EPASWMM, a los efectos de definir los caudales máximos generados para las distintas subcuencas.
- Se interpretó la información obtenida de la aplicación de los diversos Modelos y de las recorridas a campo.
- Se elaboraron informes parciales de cada aspecto involucrado en el Estudio.
- Se elaboró el presente estudio.

## CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 3.1. Ubicación.

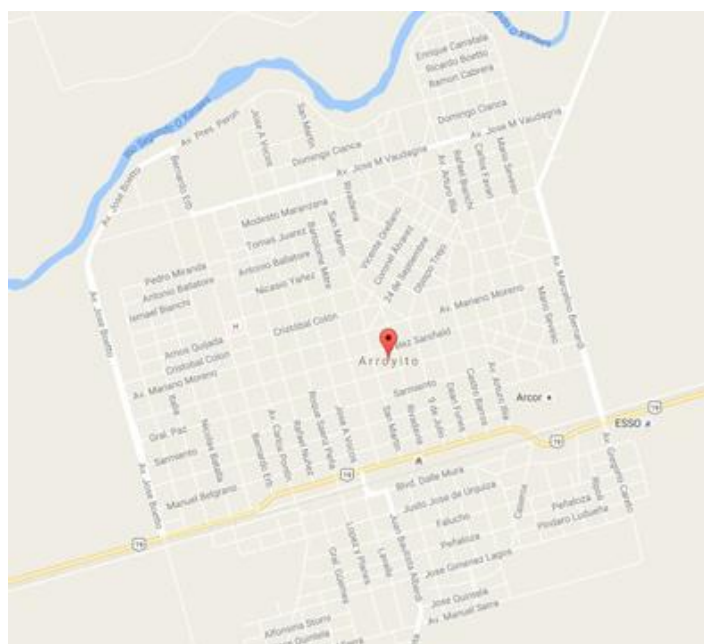
El área en estudio se encuentra ubicada en el Departamento de San Justo, en la Provincia de Córdoba, y está ubicada sobre la Ruta Nacional 19. También es conocida como "la ciudad dulce" por su fábrica de golosinas Arcor SAIC.

Arroyito se emplaza aproximadamente a 114 km al este de la capital provincial, a 95 km al oeste de la ciudad de San Francisco y a 155,7 m de altura sobre el nivel del mar. Desde el punto de vista Geográfico, se sitúa en las coordenadas 31° 23' de latitud sur, 63° 4' de longitud oeste.

En la Figura 1, se puede observar la ubicación relativa de la localidad bajo estudio respecto a las ciudades aledañas mencionadas.



**Figura 1: Ubicación del área en estudio.**



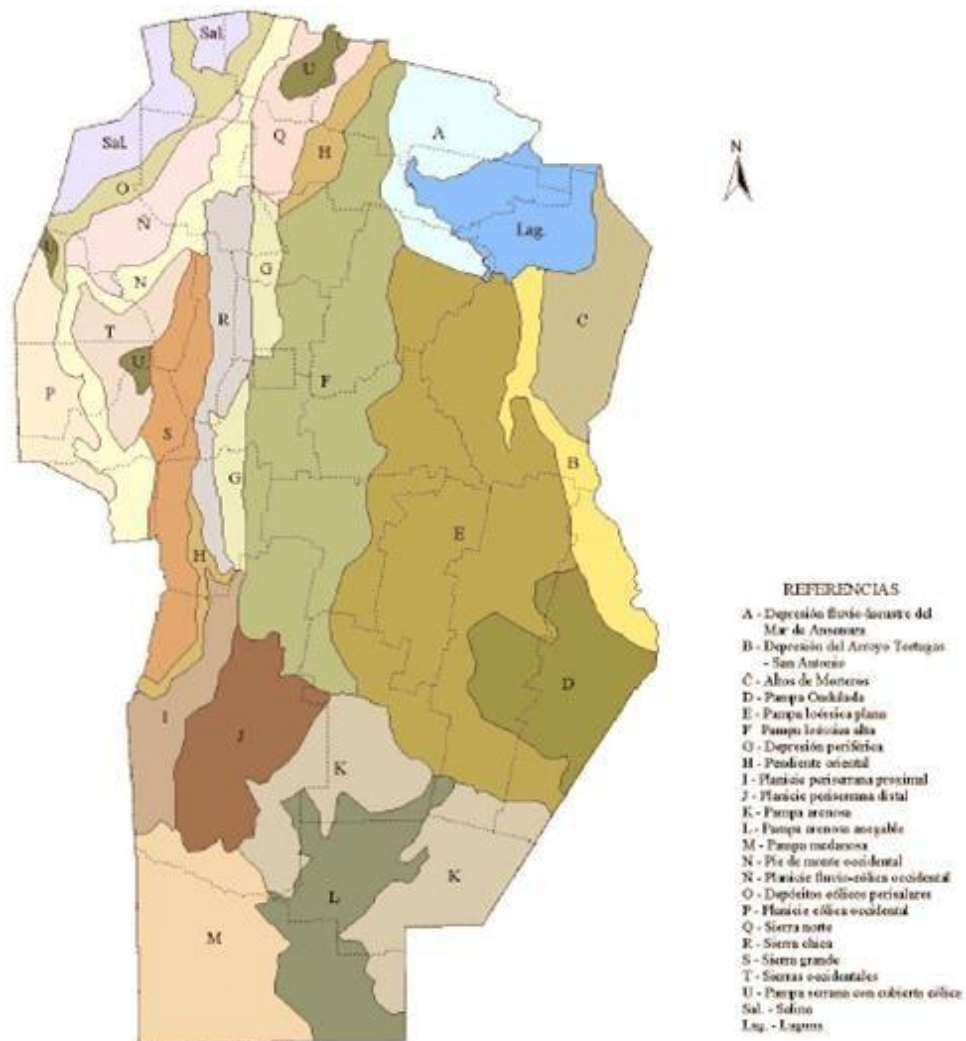
**Figura 2: Accesibilidad a la localidad.**

## 3.2. Medio Natural.

### 3.2.1. Geomorfología y Suelos.

La provincia de Córdoba se divide en 22 ambientes geomorfológicos que definen aspectos geomórficos, estructurales y de vegetación bien marcados (Los Suelos, ACASE – INTA, 2003). En la Figura 3 se muestra el mapa con la distribución de estos ambientes, cada uno de los cuales ha sido identificado con una letra.

De acuerdo a este antecedente, el área en la cual se emplazará la ciudad, corresponde al Ambiente Geomorfológico E, denominado “Pampa loésica plana”.



**Figura 3: Mapa geomorfológico de la Provincia de Córdoba (Los Suelos, 2003).**

Ambiente relativamente llano de escasa altitud y pendiente reducida hacia el Este (no superan el 0,5% de gradiente), ubicado lateralmente al Este de la Pampa Loésica Alta y al Oeste de la Depresión de Arroyo Tortugas – San Antonio. Constituye la parte central de la llanura cordobesa. Está constituido por lomadas, bajos, complejos de cañadas y planicies o planos extendidos.

Los materiales son predominantemente de naturaleza eólica (loésicos), aunque en partes retrabajados por agua. Dentro de este paisaje se destacan, los derrames de los ríos Suquía, Xanaes y Ctalamochita. La capa freática por su parte, fluctúa entre 2m y 6m y puede llegar a afectar a los suelos de los sectores más bajos.

Los suelos están determinados principalmente por el clima, estableciéndose diferencias de tipo en función del relieve y de los materiales parentales.

- Los suelos de las lomadas de drenaje libre o interfluvios.
- Los más difundidos son Haplustoles típicos y énticos.
- En los bajos, depresiones cerradas y vías de avenamiento, los suelos son Fragiacualfes y Natracualfes.

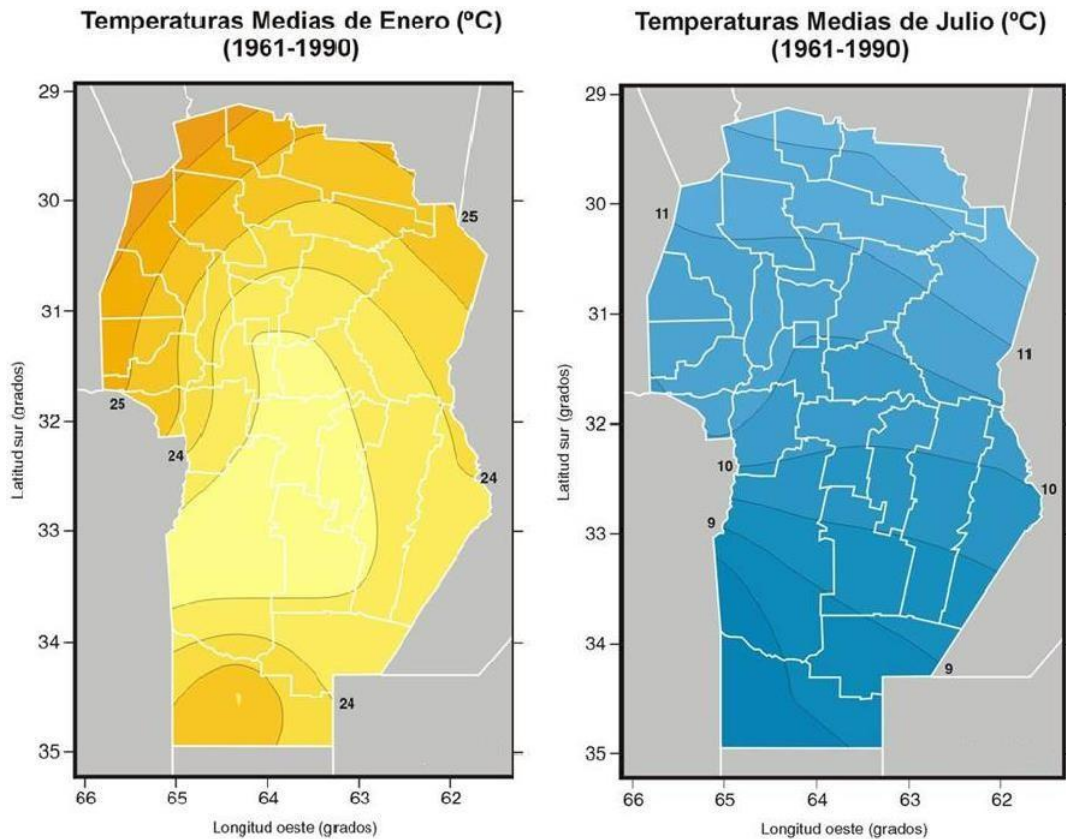
Todos estos suelos se han desarrollado a partir de sedimentos eólicos muy ricos en limos y de una uniformidad, pero los ríos discurren por causas bien definidos, a determinada altura efectuando continuos cambios de cause y generando depósitos típicos de “derrame”. Este cambio de materiales se refleja en la naturaleza de los suelos. Las tierras de la región presentan una larga historia de uso agrícola.

La vegetación original de esta región se componía de bosques xerófilos. Sin embargo, solo las regiones del Este provincial, donde se destaca el fuerte avance de la frontera agropecuaria, conservan pequeños parches de vegetación nativa, en los que se mantienen unas pocas especies de vertebrados. Los restos de vegetación original son el algarrobo blanco y el negro.

### **3.2.2. Clima.**

#### **3.2.2.1. Régimen Térmico.**

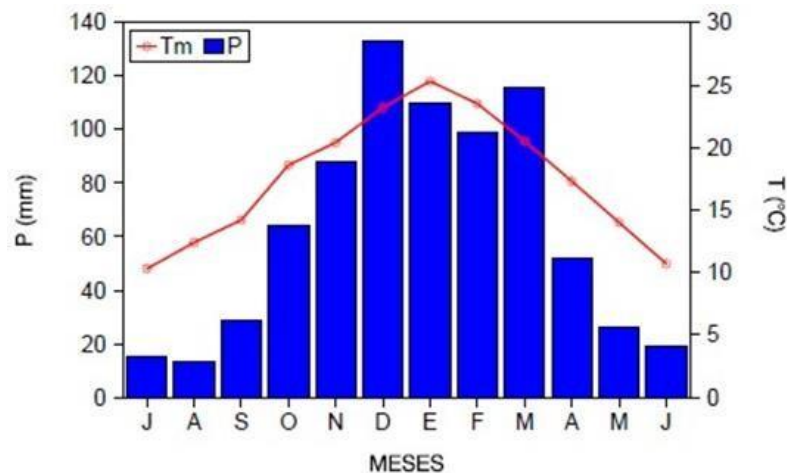
Las características del régimen térmico de la provincia de Córdoba están determinadas por las temperaturas del mes más cálido, del mes más frío (Figura 4) y su amplitud térmica anual. Los valores térmicos del mes de enero, que representa aquí a las temperaturas estivales, se distribuyen en la provincia en un rango que oscila entre los 23.5°C en el sur provincial hasta valores superiores a los 26°C en el extremo Norte. Las temperaturas del mes de julio, que representa a la estación invernal, evidencian un rango de valores que van desde los 8°C en el Sur hasta los 11,5°C en el Norte. La amplitud anual de la temperatura representa la variación de los meses extremos y el rango o amplitud térmica anual no supera los 16°C en toda la provincia.



**Figura 4: Temperaturas medias en Enero y Julio para Prov. de Córdoba.**

Tomando como referencia algunas localidades próximas al área de estudio, el Libro Los Suelos (2003) define un clima equivalente al de la Pampa Loessica Alta, es decir, un clima templado, debido a que la temperatura estival, representada por el valor térmico de enero de 24,0 °C y la temperatura invernal posee un valor de 10,0°C, con una amplitud anual de 14,0°C. En general, y considerando el gradiente de las precipitaciones que aumentan de Oeste a Este en la provincia, los déficits hídricos pueden llegar a ser menores.

En la Figura 5 se presentan las temperaturas y las precipitaciones medias mensuales.



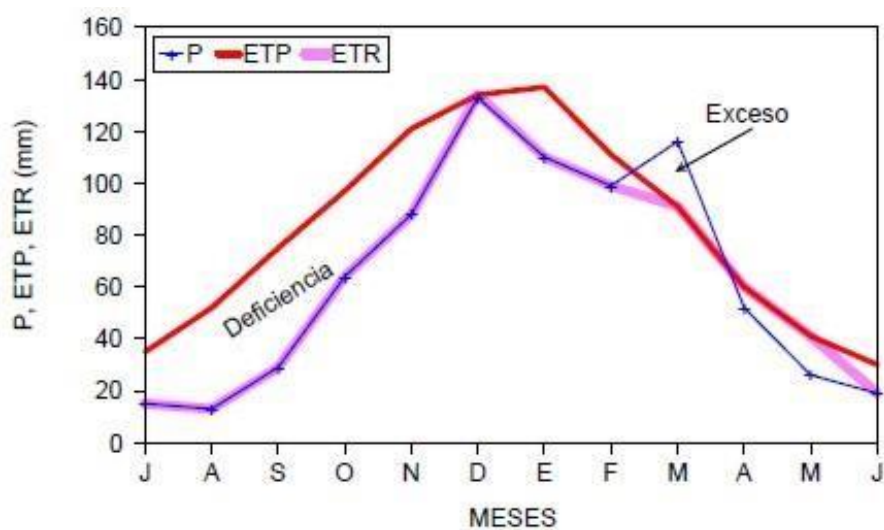
**Figura 5: Temperaturas y Precipitaciones medias mensuales.**



La acumulación de grados-días, como expresión de las disponibilidades calóricas para el crecimiento vegetal alcanza a 2760 grados-días. Las heladas ocurren todos los años con fecha media de ocurrencia el 29 de Mayo, para las primeras heladas y el 4 de Septiembre para las últimas heladas. El período medio libre de heladas es de 267 días.

### 3.2.2.2. Régimen Hídrico.

La Figura 6 presenta el balance hídrico climático. Cabe destacar las variaciones estacionales de la precipitación, la evapotranspiración potencial y real demarcándose períodos de déficit prácticamente todo el año excepto en marzo. Los porcentajes de distribución estacional de las precipitaciones son los siguientes: Verano (DEF): 45%, Otoño (MAM): 25%, Invierno (JJA): 6% y Primavera (SON): 24%. Esta distribución pluviométrica es característica de un régimen monzónico.



**Figura 6: Balance hídrico climático.**

## **CAPÍTULO 4: IMPACTOS DE CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO**

El área en estudio vio modificado el uso del suelo a lo largo de los años, lo cual afectó en forma directa la magnitud de los volúmenes y caudales que escurrían superficialmente.

En un primer momento el cambio en el uso del suelo se dio de bosque autóctono a un suelo utilizado con fines agrícola-ganadero. En los últimos tiempos, dicho cambio alcanzó la urbanización de los suelos.

La principal actividad económica era la explotación forestal, ya que la región se caracterizaba por la presencia de tupidos bosques de algarrobos y espinillos, utilizados en gran escala para producir madera y leña. Se instalaron dos grandes aserraderos; por este motivo, aumentó la necesidad de mano de obra y se materializó con el incremento del flujo inmigratorio y las migraciones internas. El gran crecimiento demográfico del lugar, dándole una expansión a la ciudad con la construcción de viviendas que fueron distribuyéndose circundantes a la estación.

Mientras los aserraderos realizaban su trabajo, los campos antes cubiertos de bosques y malezas iban quedando limpios y aptos para el cultivo. Se formó una colonia agrícola-ganadera. En los años 1930 durante la crisis mundial, en la localidad se produce la extinción de la materia prima que daba sustento a los aserraderos y tuvieron que cerrar inmediatamente. Desde entonces se inicia una emigración de los habitantes, la decadencia, el deterioro, etc.

El 25 de mayo de 1950, se firma el contrato para la construcción de una planta de fabricación de golosinas sobre un predio de 10000 m<sup>2</sup>, la cual se llama ARCOR. Surge así la necesidad de mano de obra nuevamente y esto provoca un incremento de población muy notable. Así comienzan a construirse nuevos barrios, la apertura de escuelas, de comercios, de entidades bancarias, la formación de cooperativas, la creación de clubes, etc.

En el año 1981, a tan solo tres décadas de la apertura de la fábrica, Arroyito adquirió la categoría de ciudad.

La instalación de una fábrica de golosinas en 1951, a través de un grupo de visionarios cuyos apellidos son de renombre en dicha ciudad tales como Seveso, Soldavini, Maranzana, Bernardi, Pagani, entre otros, Arcor, que rápidamente fue creciendo hasta convertirse en una reconocida empresa internacional, generó el crecimiento de la ciudad a un ritmo inusitado, pasando de alrededor de 5.000 habitantes en 1950 a 23.069 en 2005, de acuerdo al censo municipal realizado en dicho año, contando en la actualidad con 32.000 habitantes con una alta tasa de crecimiento demográfico, ubicada entre las más altas de la Argentina.

Con posterioridad fueron instalándose otras empresas que aportaron al crecimiento industrial de Arroyito, en rubros tan variados como la producción de energía eléctrica, catalizadores enzimáticos (Genencor), plásticos (PROMAR), fabricación de alimentos (Dulcor).

La explotación agropecuaria y ganadera hacen también soporte al desarrollo económico de esta localidad. Es un centro comercial por excelencia en la zona, donde es posible encontrar diversos rubros. Esto convirtió a Arroyito en un polo comercial donde concurren personas de toda la zona a realizar sus operaciones bancarias y de compra/venta.

#### **4.1. Impacto de las prácticas agrícolas.**

Las distintas prácticas agrícolas impactan sobre los usos de suelo. Si bien de esas prácticas algunas resultan más importantes que otras en cuanto a la generación de escurrimientos, en mayor o menor medida tienen efectos como:

- a) la reducción de la infiltración del suelo,
- b) la aceleración de los escurrimientos,
- c) la erosión y consecuente deposición en otras áreas,
- d) la contaminación de los medios receptores.

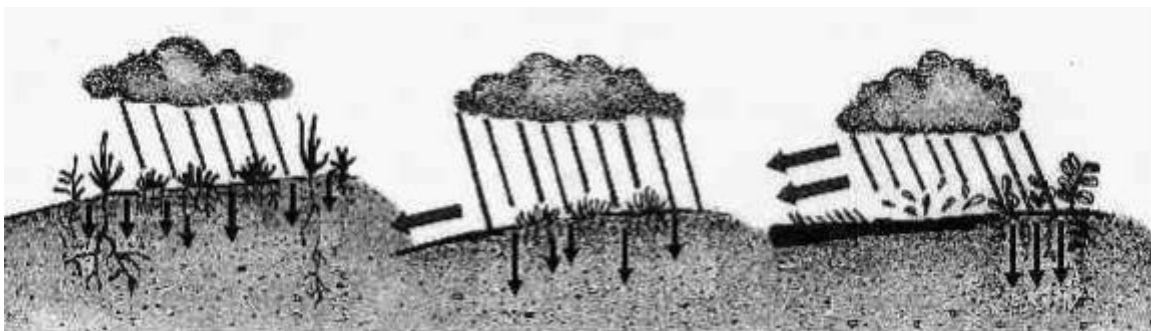
Los dos primeros tienen una influencia significativa sobre el aumento de la frecuencia de las inundaciones en los medios urbanos. Dichas inundaciones son las responsables de la deposición de suelo que pertenece a otros sectores y que llega hasta allí debido a la erosión. En la localidad de Arroyito, a esto se suma la escasa diferencia de nivel entre la localidad y la solera del cauce del Río Xanaes, punto de descarga de las conducciones que captan y conducen los excedentes. Como consecuencia de esta condición topográfica, el gradiente que impulsa los caudales a través de los conductos es limitado, obligando a incrementar la sección. Complicando esta situación que el nivel del agua en el cauce del río supera en muchas descargas la cota del intradós del conducto, lo que se conoce como descarga sumergida y disminuye aún más el gradiente disponible, llegando bajo ciertas condiciones a restringir totalmente el flujo.

Esta situación ocasiona entre otras las siguientes indeseables consecuencias:

- Pérdidas materiales para los pobladores.
- Riesgos para la vida de los habitantes.
- Obstrucción de la infraestructura existente.
- Interrupción del normal desenvolvimiento de la vida urbana.

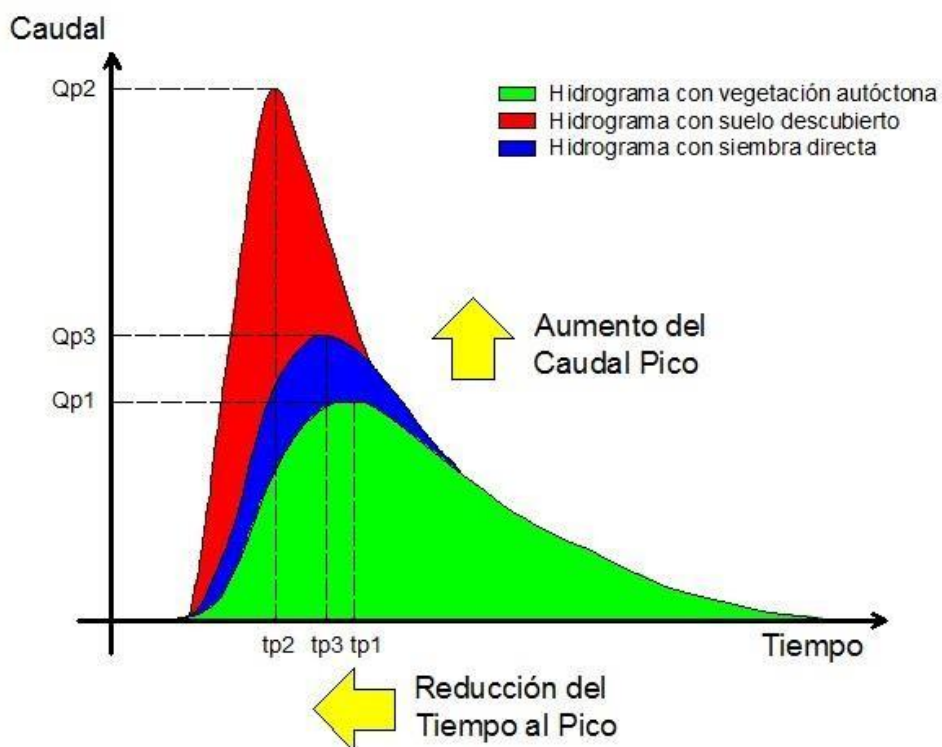
Asociado a los diferentes estados por los que atraviesa el suelo para ser utilizado con fines agrícolas-ganaderos, se encuentran los diferentes volúmenes de escurrimiento que como consecuencia se generan. Así es que no son iguales los

excesos que se producen en una cuenca cuya cobertura vegetal es la autóctona, con montes y pastizales, a la que se encuentra cuando el uso que se hace es agrícola-ganadero, y dentro de este último las diferentes prácticas, es decir, empobrecidas las pasturas y dificultada su regeneración, el suelo pierde capacidad de retención de agua y con ello su mejor protección contra la erosión (Figura 7).



**Figura 7: Cambio en los escurrimientos por modificación de cobertura.**

La Figura 8 muestra los Hidrogramas de escurrimiento superficial que se producen en un sector rural, dependiendo de la cubierta que tenga el suelo y su uso. Tal es así que se muestra un hidrograma correspondiente a un suelo virgen, con cobertura vegetal autóctona; y un suelo desprotegido, donde prácticamente no hay cubierta vegetal como es el caso de la ganadería intensiva o labranza tradicional. Además, en contraste, se muestra el hidrograma correspondiente a un suelo cuyo destino es el agrícola, pero con la utilización de las nuevas tecnologías, labranza cero o siembra directa.



**Figura 8: Impacto hidrológico de las prácticas agrícolas.**

El área de estudio prácticamente no tiene influencia de los cambios ocasionados por las prácticas agrícolas, ya que todas las cuencas se encuentran dentro del ejido urbano y el

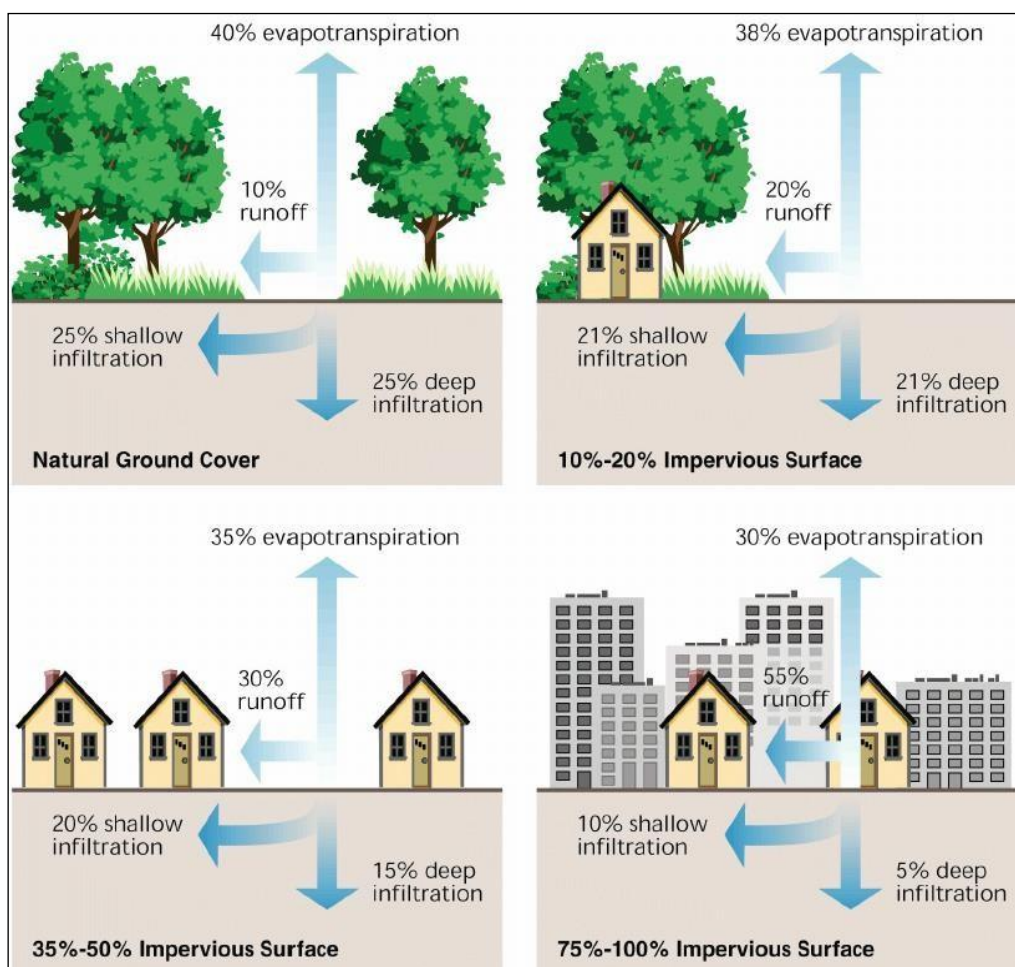
agua proveniente de los campos es recolectada antes de alcanzar la localidad. Esto es debido a la próxima realización de un Canal Derivador, el cual es una de las obras de drenaje y protección contra las inundaciones en la zona periurbana sudoeste de la Ciudad de Arroyito. El proyecto para prevenir el ingreso del agua que baja de los campos hacia la zona urbana consiste en la sistematización del desagüe de una cuenca de 15.000 hectáreas, en un área denominada "Bajo de Gómez", al sudoeste del ejido municipal de Arroyito. Esto se logrará a través de un conducto a cielo abierto con una longitud de 2.700 metros, que desviaré el excedente hídrico directamente hacia el río Xanaes, sin que llegue a la ciudad.

#### 4.2. Impacto de la urbanización.

La urbanización provoca numerosos efectos, entre ellos Chocat (1997) destaca cinco:

- la impermeabilización del suelo,
- la aceleración de los escurrimientos,
- la construcción de obstáculos al escurrimiento,
- la "artificialización" de las acequias, arroyos y ríos en áreas urbanas y,
- la contaminación de los medios receptores.

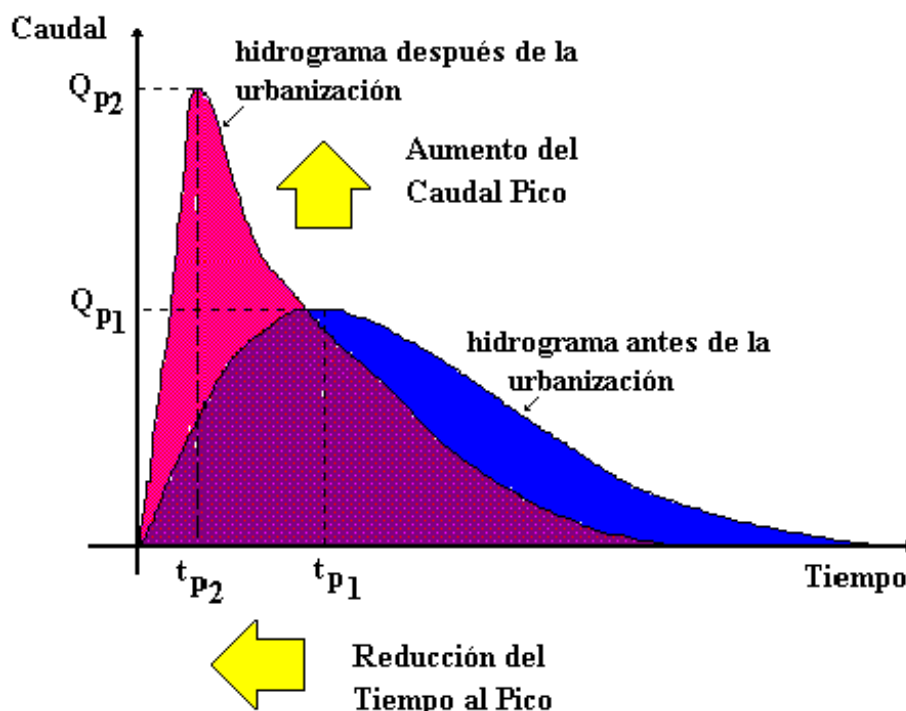
Los tres primeros tienen una influencia significativa sobre el aumento de la frecuencia de las inundaciones en los medios urbanos (Figura 9).



**Figura 9: Relación entre impermeabilización y escurrimiento superficial.**

El desarrollo urbano, la pavimentación y la proporción cada vez menor de espacios verdes en relación con las zonas edificadas traen como consecuencia un aumento notable de los escurrimientos pluviales en las ciudades. El agua que escurre como resultado de la lluvia de determinada intensidad sobre un área en esas condiciones es muy inferior a la que se produce sobre una ciudad densamente urbanizada donde prácticamente el 100% de su superficie es impermeable.

La urbanización en una cuenca tiende a llenar las áreas bajas (las cuales previamente proveían almacenamiento) y a pavimentar áreas permeables (que proveían infiltración). La suma de un sistema de alcantarillado pluvial con cordones y cunetas colecta más escurrimiento y lo dirige a cauces, lagos o humedales. Esta acción produce un gran volumen de escurrimiento con altos y frecuentes caudales picos. Esto se puede observar en la Figura 10, donde se muestran los hidrogramas en escenario previo y posterior a la urbanización.



**Figura 10: Impacto hidrológico de la urbanización (Bertoni, 2004)**

UNESCO (1987) ejemplifica a través de algunas situaciones el impacto que la urbanización produce en las áreas urbanizadas:

- Un aumento de la impermeabilidad de 40% produce una disminución del 50% en los tiempos de distribución del escurrimiento y un aumento del 90% del caudal máximo de las crecidas;
- Cuando la densidad poblacional pasa de 0,4 hab/ha a 50 hab/ha los tiempos de distribución de los escurrimientos se reducen a la décima parte y los volúmenes escurridos aumentan diez veces;
- La evapotranspiración se reduce en un 38%;
- El escurrimiento superficial aumenta en un 88%.

Desbordes (1989) cita que a causa de obras derivadas de la urbanización, algunas cuencas francesas han visto su tiempo de respuesta dividido por un factor del orden de 5 a 15 y, en consecuencia, la multiplicación del caudal de punta específico ha sido afectado por un factor variando entre 5 y 50. Tucci (1994) analizó la variación del coeficiente de escurrimiento entre áreas rurales y urbanas, concluyendo que para sectores con urbanización media esta variación puede llegar a valores del orden del 200%.

Otro efecto de la urbanización sobre el ciclo del agua es la reducción de la evapotranspiración debido a la sustitución de la cobertura vegetal. La superficie urbana no retiene agua como esta última y no permite la evapotranspiración de las plantas y del suelo.

### **4.3. Inundaciones urbanas.**

A continuación, se describen algunos conceptos generales vinculados a las inundaciones en ambientes urbanos, o bien debido al proceso típico de la expansión y desarrollo de áreas próximas a las grandes metrópolis.

#### **4.3.1. Tipos de inundaciones.**

Aunque las inundaciones urbanas parezcan todas similares, para su análisis es necesario distinguir dos tipos básicos, asociados a procesos que ocurren en forma aislada o integrada. En efecto, en un área urbana pueden ocurrir:

- Inundaciones provocadas por el crecimiento urbano tradicional y/o
- Inundaciones ribereñas

Las inundaciones debido a la urbanización son aquellas en las cuales el aumento de su frecuencia y magnitud se debe fundamentalmente al proceso de ocupación del suelo con superficies impermeables y redes de conducciones de los escurrimientos.

Ocurren en áreas localizadas en proximidades de los sectores más bajos de calles y/o avenidas. Estas inundaciones pueden ser constantes u ocasionales. En el caso de inundaciones constantes la causa básica radica en errores en el proyecto o en la ejecución de pavimentos de calles y avenidas, en la modificación local de la rasante de la calle por la acción de árboles o lomadas, en la ubicación inadecuada o insuficiente de bocas de tormenta o en la falta de análisis de las consecuencias de la concentración excesiva del flujo sobre ramales existentes. También puede ser una causa la falta de capacidad del sistema de drenaje en los conductos de aguas abajo.

Igualmente, probables son las obstrucciones debido a residuos, sedimentos u otros elementos, aunque en estos casos las inundaciones no son repetitivas y deberían desaparecer con el mantenimiento del sistema.

En cambio, las inundaciones ribereñas se asocian a la urbanización indebida de áreas

inundables aledañas a los cursos de agua. En general estas inundaciones se asocian a eventos severos, y usualmente, se encuentran vinculadas al sistema de macro drenaje de una cuenca; mientras que el primer tipo de inundación está relacionada al sistema de micro drenaje.

#### 4.3.2. Macro y microdrenaje.

De acuerdo a una tendencia cada vez más marcada en la literatura especializada, para la planificación, proyecto y operación de un sistema de drenaje urbano corresponde distinguir dos niveles o subsistemas diferentes: el macro y el micro drenaje (Figura 11).

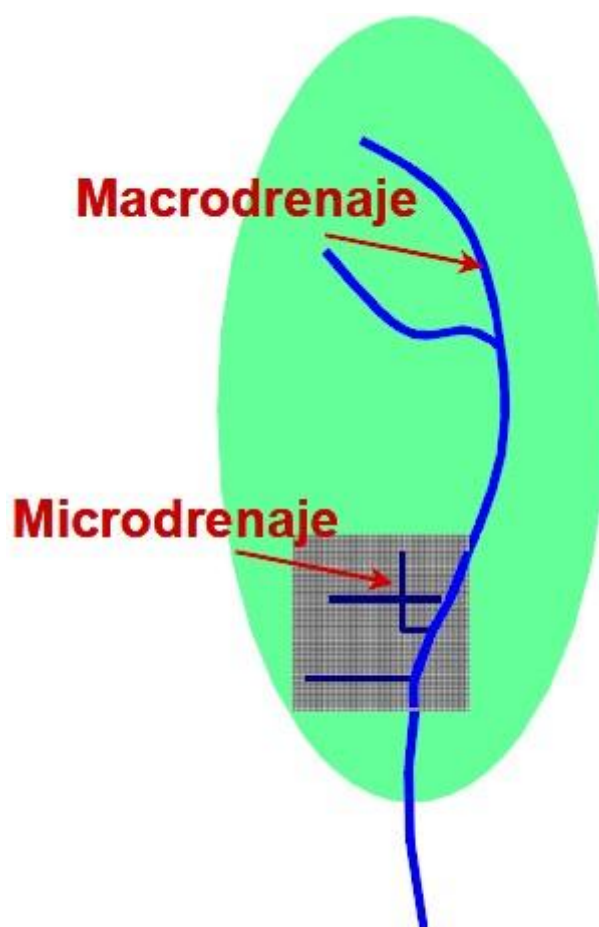


Figura 11: Subsistemas asociados al drenaje urbano (Bertoni, 2004).

El subsistema de macro drenaje incluye todos los cursos del escurrimiento definidos por las depresiones topográficas naturales de la cuenca, aun siendo efímeros. Por lo general drena áreas mayores a 5 km<sup>2</sup>, dependiendo del tamaño de la cuenca y relieve de la región. Una característica fundamental de este componente es que siempre existe, aun cuando no se ejecuten obras específicas de drenaje. A los fines del proyecto este subsistema debe ser capaz de eliminar o reducir los daños provocados por lluvias excepcionales, convenientemente entre 25 y 100 años de tiempo de recurrencia.

Por su parte, el subsistema de micro drenaje abarca todas las obras de drenaje



realizadas en áreas donde el escurrimiento natural suele no estar bien definido, siendo determinado por la ocupación del suelo. En un área urbana el subsistema de micro drenaje típicamente incluye al trazado de las calles, los sistemas de cordón cuneta y/o alcantarillas, los sumideros o bocas de tormentas y los sistemas de conducción subterránea hasta el macro drenaje. Este subsistema debe estar proyectado para operar sin inconvenientes ante tormentas con períodos de retorno entre 2 y 25 años, dependiendo del tipo de ocupación del sector.

## **CAPÍTULO 5: RECONOCIMIENTO ÁREA DE ESTUDIO**

El día 7 de Julio de 2016 se efectuó una reunión en la municipalidad de la ciudad de Arroyito en la cual se encontraron presentes el intendente Cr. Mauricio Cravero, el Secretario de gobierno y el Secretario de Obras Públicas Ing. Daniel Lafarina donde se analizaron las primeras modelaciones del sistema pluvial actual más precisamente los pluviales del sector Norte de la ciudad que se desarrollan con sentido Sur Norte desembocando en el cauce del Río Xanaes.

En esta reunión se identificaron los puntos críticos donde ante tormentas de bajas recurrencia se presentan anegamientos y surgencia en el sistema pluvial actual. Luego de analizada la situación actual, se llegó a la conclusión de avanzar con un mayor nivel de detalle sobre los pluviales ubicados en calles San Martín y José A. Vocos que resultan los troncales con mayor problemática en la actualidad y ubicados sobre un sector densamente poblado de la ciudad. Ver mapa en Anexo 3: Plano de ciudad de Arroyito.

Como complemento de la reunión y con el objeto de identificar en el terreo el estado de las distintas conducciones, sumideros y estado de las calzadas de la ciudad se efectuó un relevamiento detallado del sistema pluvial de la ciudad, el cual se detalla a continuación.

### **5.1. Desagüe calle San Martín.**

En compañía del secretario de obras públicas Ing. Daniel Lafarina, se comenzó con el relevamiento del sistema pluvial de la ciudad por calle San Martín desde calle Colón hasta la desembocadura al río Xanaes. Este tramo particular de la calzada es el que dispone de un entubado de hormigón de 800 mm de diámetro que se vincula a los distintos sumideros. El estado y dimensiones de los distintos sumideros ubicados sobre esta calle se encuentran detallados a continuación.

En la intersección de calle Colón y San Martín se evidencia en la actualidad la presencia de un sumidero de 2,70m de longitud y una abertura de 0,16m el cual no dispone de un rebaje en la cuneta que maximice la eficiencia hidráulica de la estructura, presentando por otra parte la misma una longitud insuficiente atento al área de la cuenca que converge en este punto. Por el motivo anterior y con el objeto de mejorar el ingreso del agua al conducto principal se efectuó una reja superior sobre el mismo, presentando un estado correcto de conservación sin signos visibles de obstrucción.



*Figura 12: Sumidero reja San Martín esquina Colón.*

A escasos metros del sumidero descrito anteriormente y con el objeto de mejorar la captación de los excedentes que escurren por este sector de la ciudad, se han dispuesto dos sumideros más, uno en cada una de las cunetas de la calzada con una longitud de 2,00 m cada uno y con una abertura promedio de 0.23m que mejora en parte la captación de los excedentes hídricos. En la siguiente imagen se puede constatar el estado actual de uno de los sumideros mencionados, el cual al igual que el anterior presenta un estado correcto de mantenimiento sin signos de obstrucciones parciales por basura.



*Figura 13: Sumidero sobre San Martín entre Colón y Quijada.*

Continuando con el recorrido del relevamiento sobre calle San Martín con sentido sur norte se identificó el sumidero que se encuentra ubicado en la intersección de calle San Martín y Vicente Orellano. El sumidero en cuestión se encuentra directamente sobre la ochava de la esquina captando en forma simultánea el escurrimiento proveniente tanto de calle Orellano como de San Martín. Este sumidero presenta una dimensión de 1,70 m con una abertura libre de 0,20m que resulta insuficiente para un correcto funcionamiento de la estructura de captación sumando al problema anterior una rotura parcial de la cuneta sobre calle Orellano como se puede advertir en la siguiente imagen.



*Figura 14: Sumidero San Martín esquina Vicente Orellano.*

El sumidero ubicado en la intersección de San Martín y Constancio Francisca presenta un buen estado de conservación sin signo visible de deterioro estructural ni obstrucción parcial con basura. Respecto de la dimensión de la estructura, la misma dispone una longitud de 2,00m con una altura de solamente 0,17m sin que se identifique el quiebre de la solera de la cuneta en el sector donde se ubica el sumidero, al igual que los casos anteriores se evidencia la presencia de un pilar de mampostería que divide la ventana en dos tramos iguales, que reduce aún más la eficiencia de la estructura.



***Figura 15: Sumidero San Martín esquina Constancio Francisca.***

Atento a los problemas de capacidad en los sumideros del sector se ha realizado en forma conjunta la construcción de una reja superior ubicada sobre la calzada que vincula la misma directamente con el conducto principal de 800mm que se desarrolla por calle san Martín hasta el río Xanaes. En la siguiente imagen obtenida durante los trabajos de inspección se puede corroborar el estado actual de esta estructura de captación particular.



***Figura 16: Reja sobre conducto de San Martín a la altura de Constancio Francisca.***

Posteriormente se inspeccionaron el estado y geometría de los sumideros ubicados en la intersección de calle San Martín y Av. Marcial Vaudagna. Pudiéndose indicar al respecto que los mismos se disponen uno en cada una de las cunetas de la calzada con dimensiones de 2,00m de longitud, con una abertura de ventana de 0,20m, sin evidenciarse un marcado quiebre en la pendiente de la cuneta en correspondencia con los sumideros analizados, parámetro que resulta fundamental para mejorar el funcionamiento de la estructura, por otra parte cabe mencionar que los sumideros en general presentan un pilar de mampostería en la mitad del tramo lo que reduce aún más la eficiencia del sumidero. Respecto del estado actual de la estructura se pudo visualizar que el mismo se encontró en buen estado de conservación y libre de obstrucción alguna.



***Figura 17: Sumidero San Martín esquina Marcial Vaudagna.***

Prosiguiendo el desarrollo del relevamiento sobre calle San Martín se llegó hasta la intersección de la calle analizada y calle Sánchez de Bustamante donde la calzada se encuentra materializada en tierra sin presentar ni siquiera cordón cuneta.

En este punto en particular se encuentran materializadas dos bocas de tormenta, una en cada cuneta, presentando las mismas una longitud de 2,00m cada una con un pilar de mampostería en el tramo central del vano no evidenciándose en la actualidad la obstrucción de la boca con restos de materiales arrastrados por las tormentas.

En la siguiente imagen se puede corroborar el estado actual de la boca mencionada.





*Figura 18: Sumideros San Martín y Sánchez de Bustamante.*

Estacionado en este punto y observando con sentido sur norte la calle San Martín se puede corroborar que actualmente la calzada presenta una pendiente con sentido norte sur es decir que el agua de estas últimas cuadras ingresa al interior de la ciudad hasta el sumidero que se observa en el punto anterior y posteriormente vuelve a transitar por el conducto de 800 mm existente en sentido sur norte hasta desembocar en el río Xanaes.

Atento a la situación mencionada en el párrafo anterior es que se recomienda ajustar el proyecto vial de estas cuadras antes de hormigonar el cordón cuneta a fin de darle la pendiente hacia el río y evitar el ingreso de más agua al interior de la ciudad. En la siguiente imagen se advierte el estado actual de las cuadras finales de calle San Martín.



*Figura 19: Tramo final de calle San Martín.*

## **5.2. Desagüe calle Mitre.**

Luego de finalizado el relevamiento en toda la traza de San Martín se retornó por calle Bartolomé Mitre con sentido norte sur, aclarando que la calle B. Mitre no presenta un desagüe troncal en sí, sino que la misma desagua por medio de sumideros y conductos que los conectan a los desagües de las calles J. A. Vocos y San Martín.

En el relevamiento de esta calle se puede indicar que en el sector que se encuentra próximo al río Xanaes no se evidencian presencia de sumidero alguno, siendo calzada de tierra hasta la intersección con Av. Marcial Vaudagna. A partir de este punto se continua con calzada de hormigón evidenciándose la presencia del primer sumidero en la intersección con calle Vicenta Ríos de Vocos.

Una de las viviendas emplazadas en esta intersección presenta una de sus puertas de acceso con una mampostería inferior lo que pone de claro manifiesto los problemas recurrentes de inundación que experimentan este sector de la ciudad. Respecto de los sumideros mencionados, los mismos presentan una longitud individual de 2,00 m con un pilar central de mampostería que reduce la eficiencia de la estructura. Cabe mencionar que, de acuerdo al plano remitido por la secretaría de obras públicas, este sumidero se vincula mediante un conducto de 600 mm al conducto de 800 mm que se desarrolla por calle San Martín.



*Figura 20: Vivienda con umbral tapiado calle Mitre esquina Vicenta Ríos de Vocos.*



*Figura 21: Sumidero calle Mitre esquina Vicenta Ríos de Vocos.*

En la intersección de Bartolomé Mitre y Gral. Paz se advierten un par de sumideros uno en cada cuneta con una dimensión de 1,90m y una abertura de 0,17m que se encuentra vinculado mediante un conducto de 600 mm al conducto de 800 mm que se desarrolla por calle José A. Vocos. Estos sumideros al igual que los restantes relvados hasta el momento presentan un pilar en el sector central del tramo que quita eficiencia a la estructura de captación sumado a la falta de quiebre en la solera de la cuneta. Respecto del estado de limpieza de los sumideros los mismos se encontraron libres de obstrucciones.



***Figura 22: Sumidero calle Mitre esquina Gral. Paz.***

En el sector de calle Mitre en proximidades a la Av. Pagani se puede constatar que tanto viviendas como locales comerciales presentan guías de compuertas para colocar sistemas de cierre cuando se registran los anegamientos del sector debido a los excedentes hídricos. En la siguiente imagen se puede constatar la presencia de las guías mencionadas en uno de los comercios del sector.



*Figura 23: Guías de compuerta en comercio de calle Mitre.*

### **5.3. Desagüe calle José A. Vocos.**

Al llegar a la intersección de calle Mitre con Av. Pagani se giró con sentido oeste por esta última y se ingresó por calle José A. Vocos. Recorriendo la calle mencionada con sentido sur norte se puede advertir una serie de sumideros de distintas dimensiones, manifestando el Ing. Lafarina que el sector de la intersección de José A. Vocos con 25 de Mayo se genera uno de los puntos de mayor anegamiento de la ciudad, este dato se encuentra en plena correspondencia con los que surgen de las modelaciones efectuadas sobre el troncal de José A. Vocos que resulta un conducto de solamente 800 mm, el cual recibe parte de excedentes hídricos provenientes del sector sur de la ciudad.



*Figura 24: José A Vocos y Vélez Sarsfield.*

En la intersección con la calle Vicenta Ríos de Vocos se encuentran dispuestos dos sumideros más cada uno de los cuales dispone de una longitud de 1,75m cada uno con una altura de la abertura de 0,17m sin disponer la solera de la cuneta ninguna depresión para favorecer el ingreso de los excedentes hídricos al interior del sumidero. Atento a los problemas de anegamiento del sector y a las restricciones para el ingreso de los excedentes al interior de los sumideros se ha colocado una reja que vincula directamente la calzada con el conducto de 800 mm del colector principal, tal como se observó sobre calle San Martín.

Tanto los sumideros como la reja se encontraron al día de efectuada la inspección en un correcto estado de conservación y libre de obstrucción alguna como queda demostrado en el siguiente par de imágenes.



*Figura 25: José A Vocos y Vicenta Ríos de Vocos.*



**Figura 26: Reja sobre conducto en la misma esquina.**

El último sumidero que se encuentra materializado sobre calle José A. Vocos se ubica en la intersección con calle Ismael Bianchi. En esta intersección se materializa un sumidero en cada una de las cunetas con una longitud de la estructura de 2,00m presentando el vano varias subdivisiones que favorece la obstrucción del sumidero con basura durante una tormenta. Por otra parte, se observa que la altura de la estructura resulta de solamente 17 cm sin disponer de una depresión en la solera que incremente la capacidad hidráulica.

Al día de efectuada la inspección dichos sumideros se encontraron en correcto estado de limpieza tal como queda evidenciado en la siguiente imagen.



**Figura 27: José A Vocos e Ismael Bianchi.**

Luego de llegar a la intersección de calle José A. Vocos y la costanera se transitó por la misma en sentido este oeste hacia calle Rafael Núñez donde en la actualidad se puede constatar la presencia de un canal a cielo abierto que conforma la parte final del desagüe del pluvial de calle Rafael Núñez. En el sector se puede advertir que el canal presenta una sección irregular con erosiones en las márgenes y desprendimientos parciales de las mismas al interior del cauce, recomendándose realizar el reperfilado de los taludes con los ángulos estables para este tipo de suelo.

En la siguiente imagen se puede apreciar el estado actual del canal de Rafael Núñez en proximidad de su desembocadura con el río Xanaes. Indicándose que el cruce del canal bajo la costanera se efectúa a través de conductos de sección circular de hormigón de 1200 mm de diámetro.



***Figura 28: Canal a cielo abierto de Rafael Núñez.***

Transitando por calle Rafael Núñez se puede constatar la presencia del sumidero en la intersección con la calle Nicasio Llañez, uno en cada cuneta con una longitud de 2,00m cada uno y sin disponer de rebaje en la solera de la cuneta tal como se puede evidenciar en la siguiente imagen donde queda por demás evidenciado la estrecha abertura por la cual el agua debe pasar para poder ingresar al conducto principal.





*Figura 29: Rafael Núñez y Nicasio Llañez.*

#### **5.4. Sector sur de la ciudad**

Luego de finalizado el relevamiento en calle Rafael Núñez se cruzó la Av. Fulvio Pagani y se accedió al sector Sur de la ciudad a atreves del cruce a nivel de calle Lavalle. En la esquina de la calle mencionada y el Bv. Dalle Mura se pueden advertir los sumideros colocados en ambas márgenes de la calzada no evidenciándose ningún tipo de rebaje en la rasante de la cuneta que brinde una capacidad hidráulica adecuada a los sumideros. Respecto del estado actual de los sumideros mencionados se puede indicar que los mismos presentan un correcto estado de mantenimiento sin signos de restos de basura en su interior que obstruyan el flujo de los excedentes hídricos, cada una de los sumideros presentan una longitud de 2,20m y solamente una altura libre de 0,12m.

En las siguientes imágenes se puede corroborar el estado de los sumideros ubicados en la intersección mencionada en el párrafo anterior, los cuales se encuentran vinculados al conducto principal de 800 mm de la calle José A. Vocos.



**Figura 30: Sumidero Este calle Lavalle y Bv. Dalle Mura.**



**Figura 31: Sumidero Oeste calle Lavalle y Bv. Dalle Mura.**

Continuando con el relevamiento de sector sur de la ciudad se desplazó por el Bv. Dalle Mura con sentido oeste este, analizando el estado actual y las dimensiones del espacio verde comprendido entre Bv. Dalle Mura y Av. Fulvio Pagani pudiéndose constatar que dicho espacio verde presenta un ancho variable desde los 60 metros a la altura de calle Lavalle a los 25 metros a la altura del edificio de la Cespal. Debiéndose indicar que por este espacio verde en la actualidad se desarrollan las vías del ferrocarril.

En la siguiente imagen se puede corroborar el estado actual del espacio verde descrito por donde se planteó originalmente la posibilidad de aliviar el desagüe de calle José A. Vocos derivando por un canal a cielo abierto los excedentes hídricos del sector sur

evitando que los mismos crucen por las conducciones existente por debajo de Av. Paggani e ingresen por calle José A. Vocos.



*Figura 32: Espacio verde entre Bv. Dalle Mura y Av. Paggani.*

Al llegar al final del Bv. Dalle Mura se cruzó nuevamente la Ruta 19 ingresando al sector norte de la ciudad por Av. Bernardi donde en primera instancia se inspeccionó el comienzo del canal a cielo abierto que se desarrolla a partir de este punto y donde desemboca el entubamiento que nace en Av. Illia y se desarrolla por el frente de la fábrica Arcor colectando los excedentes hídricos de este sector de la ciudad.

El canal presenta un perfecto estado de conservación con una sección trapezoidal revestida de hormigón y un desarrollo aproximado de 130m a partir del cual el canal continúa en tierra hasta desembocar en el cauce del arroyo de Álvarez. Respecto del comportamiento hidráulico de este sector de la conducción se puede indicar que el mismo presenta desde el punto de vista hidráulico un funcionamiento satisfactorio.

En la siguiente fotografía tomada durante el relevamiento del sistema pluvial de la ciudad se puede advertir el estado actual de la estructura de conducción en su tramo revestido.



*Figura 33: Desagüe a cielo abierto Bernardi esq. Ruta 19.*

#### **5.5. Sector Av. Bernardi.**

Transitando por la Av. Bernardi se puede constatar la ausencia de sumideros a lo largo de la calzada pudiéndose indicar que de acuerdo a los niveles la calzada comienza a la altura de calle Vélez Sarsfield a escurrir con sentido sur norte hacia el cauce del río Xanaes. Por el motivo descrito anteriormente es que los excedentes hídricos que se juntan en la intersección de Av. Bernardi y Marcial Vaudagna son considerables.

En la actualidad en la intersección mencionada se encuentra construido sobre la margen este de Av. Bernardi un canal a cielo abierto de tierra de sección irregular por donde ingresa y termina de transitar el agua proveniente de Av. Bernardi y las subsidiarias contiguas, no encontrándose en la actualidad estructuras adecuadas para la captación lo que motiva que durante precipitaciones de distintas intensidades este nudo vial presente anegamientos de distinta intensidad.



**Figura 34: Comienzo de canal Bernardi en intersección con Av. Marcial Vaudagna.**



**Figura 35: Sección del canal Bernardi entre Av. Marcial Vaudagna y descarga al río.**

En la actualidad la cuadra de Marcial Vaudagna que se encuentra comprendida entre Av. Bernardi y camino a la Tordilla desagua con sentido oeste este previéndose realizar, si los niveles los permiten un sistema de entubamiento y sumideros que capten los excedentes hídricos de esta cuadra y los vuelquen al interior del canal Bernardi evitándose el anegamiento de la intersección de Av. Vaudagna y camino a la Tordilla.

Dando continuidad con los trabajos de relevamiento del sistema de desagües pluviales de la localidad se recorrió la Av. Illia pudiéndose corroborar que la misma presenta sumideros en el sector próximo a Av. Pagani hasta calle 25 de Mayo y a partir de este punto no se encuentra materializado sistema de conducción alguna escurriendo los

excedentes hídricos por la calzada hasta la intersección con calle Ignacio Urquía es decir una longitud aproximada de 6 cuadras lo que genera en la actualidad que la capacidad del sumidero de Urquía resulte totalmente insuficiente para la captación de los caudales que transitan por Av. Illia generándose un anegamiento del sector durante tormentas de mediana intensidad.

En la siguiente imagen se puede constatar el estado y dimensiones del sumidero ubicado en intersección de Av. Illia y calle Urquía, el cual tampoco dispone de una pendiente en la cuneta que permita mejorar la capacidad hidráulica del sumidero.



**Figura 36: Illia e Ignacio Urquía.**

Continuando con el relevamiento del sector, se transitó pro calle Rafael Bianchi el cual dispone de un entubamiento de 800 mm comenzando el mismo en la intersección con calle Antonio Ballatore. En dicha intersección se encuentran presentes dos sumideros que dispone una longitud de 2,00 metros cada uno y ubicados en cada una de las cunetas. De acuerdo a lo manifestado por el Ing. Lafarina este sector presenta anegamientos ante tormentas de mediana intensidad, pudiéndose atribuir dicho funcionamiento deficiente a problemas en la captación del sumidero, atento a la ubicación del mismo en el comienzo del entubamiento. En la siguiente imagen se puede evidenciar el estado actual del sumidero mencionado pudiéndose indicar que la ventana solamente dispone una altura de 17 cm.



***Figura 37: Rafael Bianchi y Antonio Ballatore.***

Por último se accedió a calle Deán Funes donde en la actualidad se encuentra construido un sistema de drenaje con un conducto de 800mm que durante la modelación hidráulica no presentó inconvenientes pero sin embargo y atento a lo manifestado por el Ing. Lafarina la intersección de Deán Funes y Modesto Maranzana presenta anegamientos durante las tormentas desarrolladas en la ciudad lo cual obedece a un problema en la captación del sumidero puntual, el cual dispone de una dimensión de 2,50m por 0,18 m de altura ubicados uno en cada cuneta.

Respecto del estado de conservación de la unidad se pudo constatar en el sitio que los mismos se encuentran libres de obstrucciones o basura en su interior.



***Figura 38: Modesto Maranzana y Deán Funes.***

La ciudad de Arroyito a pesar de contar con pluviales y bocas de tormenta y sumideros, tiene grandes déficits de conducciones, por eso hay recurrentes inundaciones en variados sectores. Los sectores más serios son las calles José A. Vocos, Mitre y San Martín. Hay sumideros pero son de escaso tamaño, no cubren las necesidades de captación, para los caudales que necesitan llevar.



## **CAPÍTULO 6: ESTUDIOS HIDROLÓGICOS**

El presente estudio hidrológico tiene por objeto definir y evaluar la generación de excedentes de la cuenca ante la ocurrencia de eventos de precipitación. Se desarrolló un modelo hidrológico-hidráulico para determinar los puntos de surgencia dentro de la red y así disponer de los valores de caudales para la verificación y diseño de las obras necesarias. Con este objetivo se determinan en primera instancia las subcuencas que aportan al sistema de drenaje existente y sus respectivas características fisiográficas, las que influyen en la capacidad de generar excedentes.

Se consideran los estudios de regionalización de lluvias intensas y sus relaciones de Intensidad – Duración - Frecuencia para la definición de los eventos de diseño. Seguidamente se determinan los parámetros asociados a las distintas subcuencas y se desarrolla el modelo de simulación propiamente dicho. El programa utilizado se denomina EPASWMM 5.1 (2005) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés).

Frente a estas situaciones se establecerán las medidas estructurales necesarias para mitigar los efectos de estos excedentes hacia aguas abajo con el objetivo de minimizar las afectaciones a terceros.

### **6.1. Delimitación de la cuenca y subcuencas.**

La delimitación se realizó en base a las cotas de esquina y de puntos singulares que representan dorsales u obstrucciones al escurrimiento. Se contrastó esta delimitación con imágenes satelitales (LANDSAT 5 y 7 e imágenes de Google Earth). El sistema de drenaje se encuentra conformado de 9 sectores drenados independientemente por medio de conductos que desaguan al cauce del río Segundo y un sector adicional cuyos excedentes son conducidos hacia el este hasta el arroyo “De Álvarez”.

Los conductos se encuentran numerados de oeste a este y de 100 en 100 a partir del conducto 100. Las subcuencas que aportan a cada tramo de conducción fueron numeradas desde aguas arriba hacia aguas abajo y su nomenclatura se vincula a la del conducto al cual aportan anteponiendo la letra C-.

En la primera etapa de este análisis el modelo cubre desde el conducto 200 hasta el 1000 dejando para una etapa posterior la inclusión del conducto 100 al cual aporta una amplia cuenca externa que se desarrolla hacia el suroeste de la localidad. El sector analizado en esta etapa cubre un total de 39 subcuencas las cuales cubren un área urbana aproximada de 380 Ha.

Teniendo como base la mencionada delimitación de subcuencas se procedió a la determinación de sus características principales como la longitud de sus cursos, diferencias de altura y superficie. A continuación, se puede apreciar la delimitación mencionada incluyendo los conductos principales y secundarios.

# DESAGÜES PLUVIALES DE LA CIUDAD DE ARROYITO

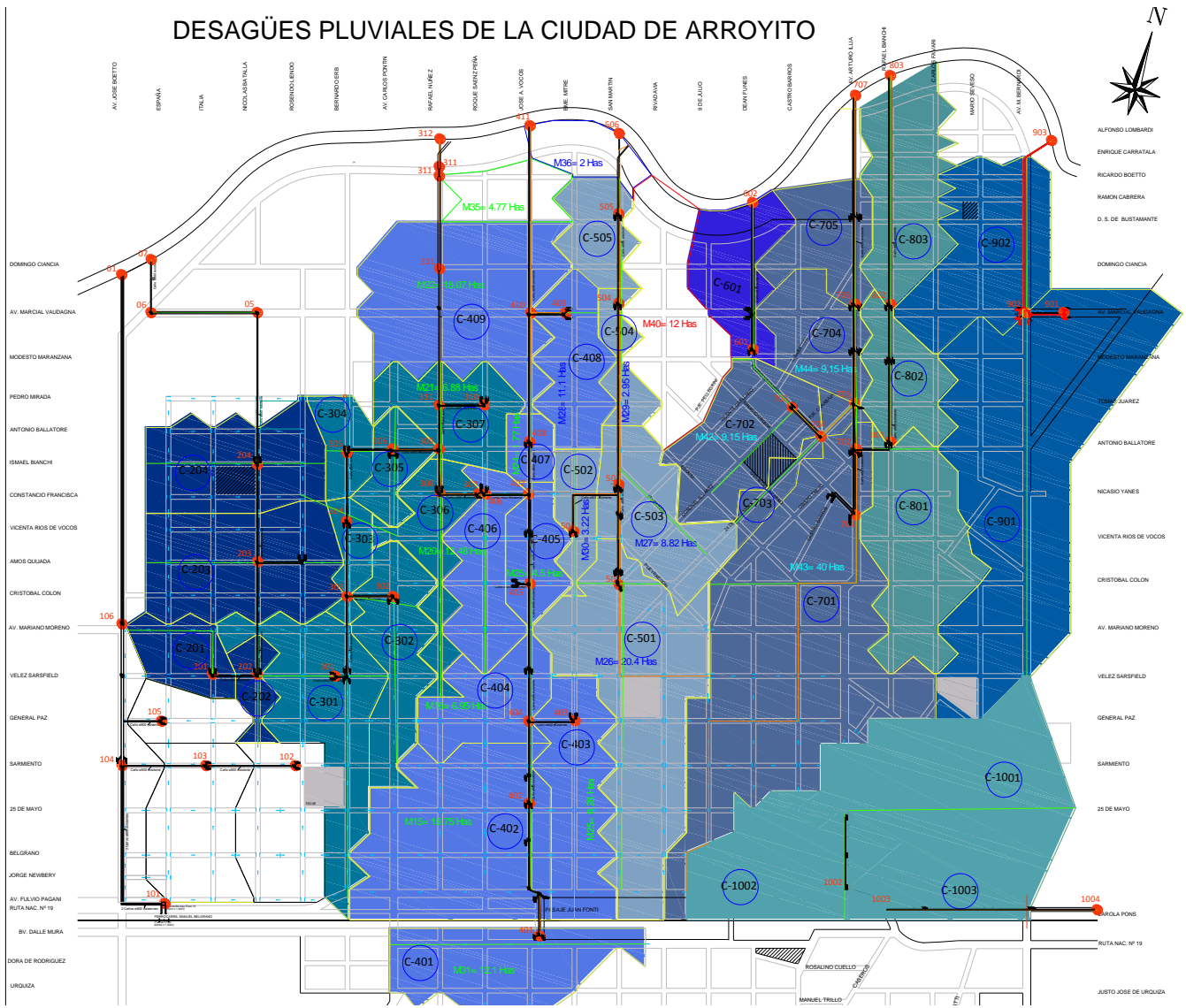


Figura 39: Plano de delimitación de Subcuencas.

Con la discretización presentada a continuación, fueron determinados los parámetros fisiográficos de las distintas subcuencas para su utilización en la modelación hidrológica.

El sistema analizado tiene la particularidad de que la mayor parte de los límites de subcuenca están definidos por el trazado de calles, canales y albardones de desvío de agua, por lo que sus límites son definidos. Sin embargo, para eventos meteorológicos de considerable magnitud algunos de ellos pueden verse sobrepasados.

## **6.2. Determinación de los parámetros físicos.**

Entre la lluvia y el caudal escurrido a la salida de la cuenca ocurren varios fenómenos que condicionan la relación entre ambos y que básicamente están controlados por las características geomorfológicas de la cuenca y su cobertura vegetal. Dichas características se clasifican en dos tipos: las que condicionan el *volumen* de escurrimiento, como el área y tipo de suelo; y las que determinan la *velocidad de respuesta*, como son la pendiente de la cuenca y cursos de agua, la cubierta, etc.

### **6.2.1. Área de la Cuenca.**

El área de la cuenca es un parámetro fundamental que condiciona el volumen de escurrimiento pluvial y se define como la superficie en proyección horizontal delimitada por la línea divisoria de aguas, siendo la línea formada por los puntos de mayor cota o nivel topográfico que separa la cuenca de las cuencas vecinas.

En este trabajo todas las cuencas analizadas son exorreicas, o sea, que el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca.

### **6.2.2. Longitud del Cauce Principal**

El cauce principal de una cuenca es la corriente que pasa por la salida de la misma. Las demás corrientes se denominan tributarias, y mientras más cantidad de estas tenga la cuenca, más rápida será su respuesta.

### **6.2.3. Pendiente del Cauce Principal**

Uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca ante una tormenta es la pendiente del cauce principal. Dado que la misma varía a lo largo del cauce, es necesario definir una pendiente media; para lo cual existen varios métodos. Sin embargo, para el presente trabajo se empleó uno de los más sencillos. El mismo establece que la pendiente media del cauce principal es igual al desnivel entre los extremos del corriente dividido por su longitud medida en planta.

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

Donde S es la pendiente media del cauce principal (m/m),  $\Delta H$ , el desnivel entre los

extremos del cauce principal (m) y L, longitud en planta del cauce principal (m).

De cada una de las subcuencas delimitadas, expuestas en la Figura 39, fueron determinados los parámetros físicos más importantes.

#### **6.2.4. Coeficiente *n* de Manning**

Los modelos hidráulicos en general, incluyen dentro de sus formulaciones numéricas un término que representa la resistencia al flujo en canales. Este término incluye a su vez un coeficiente de rugosidad, el cual representa el efecto de resistencia al flujo de las superficies del fondo y de las paredes del canal. Una de las ecuaciones de resistencia más utilizadas en la hidráulica fluvial es la ecuación de Manning, la cual se puede escribir como:

$$v = \frac{1}{n} \sqrt{s} R_H^{2/3}$$

Donde *v* es la velocidad media en la sección transversal, *n* es el coeficiente de rugosidad de Manning, *s*: es la pendiente de la línea de energía del flujo y *R<sub>H</sub>* es el radio hidráulico de la sección transversal de flujo.

En el caso de la ecuación de Manning, el parámetro *n* (llamado comúnmente "n de Manning") es el coeficiente de rugosidad utilizado, el cual representa las condiciones imperantes en la sección transversal y el cual depende de una cantidad de factores, como la rugosidad absoluta de los materiales en el lecho y los bancos del cauce, de las irregularidades del mismo, de la presencia de obstrucciones y vegetación, del régimen de transporte de sedimentos y del régimen de flujo.

Existen diversas metodologías para estimar el coeficiente de Manning en un cauce natural. Estas metodologías tienen en común el cálculo de un valor base de *n* en función de la rugosidad absoluta o de la granulometría de los materiales del lecho. Para ello existen metodologías empíricas y fórmulas analíticas. Algunas de las fórmulas analíticas más comunes utilizadas para este fin tienen la forma y concepto de las ecuaciones de Strickler, Hey y Limerinos (Chang 1992, USACE 1994, USACE 2010, García 2007, entre otros):

Strickler:

$$n = 0,0474 k_s^{1/6}$$

donde *k<sub>s</sub>* (en metros) está correlacionado con el tamaño de la partícula, usualmente con el *d*<sub>50</sub>. Supone condiciones de lecho rígido y una variación de *n* sólo con la rugosidad absoluta del lecho.

Hey:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2,03 \log \left( \frac{11,75 R_H}{3,5 d_{84}} \right)$$

$$n = \frac{R_H^{1/6} \sqrt{f}}{8,86}$$

donde  $R_H$  es el radio hidráulico del flujo,  $d_{84}$  es el tamaño de partícula (para el que el 84% del sedimento es más fino) y  $f$  el factor de fricción de Darcy-Weisbach. Esta ecuación es del tipo Keulegan para lecho rígido, ecuaciones semi-logarítmicas que se basan en la ecuación de Prandtl-von Karman ya que la fricción en la frontera del canal crea una capa de cortante similar a la capa límite en tuberías. Estas ecuaciones demuestran que la resistencia al flujo aumenta para tirantes bajos.

Limerinos:

$$n = \frac{0,0926 R_H^{1/6}}{1,16 + 2 \log \left( \frac{R_H}{d_{84}} \right)}$$

donde  $R_H$  es el radio hidráulico del flujo y  $d_{84}$  es el tamaño de partícula (para el que el 84% del sedimento es más fino). Esta ecuación está derivada para fondos móviles y materiales relativamente gruesos (arenas gruesas y gravas) y es aplicable sólo en la ausencia de formas de fondo (e.g. dunas) y en el régimen alto de transporte de sedimentos.

Existen asimismo otro tipo de metodologías, en donde el  $n$  base para un cauce se escoge empíricamente a través de tablas y fotografías que describen y muestran las características más relevantes de los cauces. Esta es una metodología muy generalizada y práctica, desarrollada inicialmente por Chow en 1959 y posteriormente desarrollada por Arcement y Schneider en su texto "Guide for selecting Manning's Roughness Coefficients for natural Channels and Flood Plains" (1989). Según estos autores, el valor de  $n$  de Manning para el cauce principal se obtiene de la siguiente fórmula, propuesta originalmente por Cowan (Chow, 1994):

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m$$

Donde  $n_b$  es el valor de base para un canal recto, uniforme y liso conformado por materiales naturales,  $n_1$  es el factor de corrección por irregularidades presentes en la superficie,  $n_2$  es el valor para variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal,  $n_3$  es el valor para obstrucciones presentes,  $n_4$  es el valor para presencia de vegetación y condiciones de flujo y  $m$ , factor de corrección por el efecto de la sinuosidad a lo largo del cauce.

Los autores recomiendan obtener los valores de  $n_b$  de una tabla que proponen (Tabla

1), o realizar estimaciones con las ecuaciones analíticas como las referidas anteriormente:

Material del fondo	Tamaño medio del material (mm)	Valor base de n	
		Canal recto y uniforme	Canal liso
Concreto	---	0,012 – 0,018	0,011
Roca	---	---	0,025
Suelo firme	---	0,025 – 0,032	0,020
Arena gruesa	1-2	0,026 – 0,035	---
Gravas finas	---	---	0,024
Gravas	2-64	0,028 – 0,035	---
Gravas gruesas	---	---	0,026
Pequeños cantos rodados	64-256	0,030 – 0,050	---
Cantos rodados	>256	0,040 – 0,070	---

**Tabla 1: Valores base para la n de Manning (según Arcement y Schneider, 1989)**

Los coeficientes de ajuste  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ ,  $n_4$  y  $m$ , se obtienen de tablas que los autores ofrecen para tal fin (Tabla 2).

Grado de irregularidad ( $n_1$ )

Grado de irregularidad	Valor de ajuste $n_1$
Liso	0,000
Menor	0,001 – 0,005
Moderada	0,006 – 0,010
Severa	0,011 – 0,020

Variación en la sección transversal del cauce ( $n_2$ )

Variación en la sección transversal del cauce	Valor de ajuste $n_2$
Gradual	0,000
Alternan ocasionalmente	0,001 – 0,005
Alternan frecuentemente	0,010 – 0,015

Efecto de obstrucciones ( $n_3$ )

Efecto de obstrucciones	Valor de ajuste $n_3$
Despreciable (ocupa menos del 5% del área de la sección transversal)	0,000 – 0,004
Menor (ocupa menos del 15% del área de la sección transversal)	0,005 – 0,015
Apreciable (ocupa entre el 15% y el 50% del área de la sección transversal)	0,020 – 0,030
Severo (ocupa más del 50% del área de la sección transversal)	0,040 – 0,050

Cantidad de vegetación ( $n_4$ )

Cantidad de vegetación	Valor de ajuste $n_4$
Pequeña	0,002 – 0,010
Mediana	0,010 – 0,025
Grande	0,025 – 0,050
Muy grande	0,050 – 0,100

Grado de sinuosidad ( $m$ )

Grado de sinuosidad	Valor de ajuste $m$
Menor (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta entre 1 y 1,2)	1
Apreciable (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta entre 1,2 y 1,5)	1,15
Severo (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta mayor a 1,5)	1,3

**Tabla 2: Valores de ajuste para la estimación de la  $n$  de Manning (según Arcement y Schneider, 1989)**

La tabla 3 muestra los parámetros más importantes de cada cuenca.

Parámetros de subcuencas			Long. Curso Principal (m)	Pendiente media (%)	Porcent. Imperm. %	C. Manning Imperm.	C. Manning Perm.	Almac. Imperm. (mm)	Almac. Perm. (mm)	Parám. de Infiltración P/ejecución de Horton		
Cuenca	Nodo de aporte	Área (Ha)								fo (mm/h)	fc (mm/h)	k (1/min)
C-201	201	4,04	322,00	0,21	50	0,025	0,2	15	50	209	52	0,00115
C-202	202	2,07	270,00	0,03	60	0,025	0,2	15	50	317	79	0,00115
C-203	203	12,98	494,00	0,22	50	0,025	0,2	15	50	209	52	0,00115
C-204	204	10,26	451,00	0,28	60	0,025	0,2	15	50	317	79	0,00115
C-301	301	12,64	316,00	0,18	60	0,025	0,2	15	50	317	79	0,00115
C-302	302	7,86	167,50	0,22	60	0,025	0,2	15	50	317	79	0,00115
C-303	303	2,40	317,00	0,09	40	0,025	0,2	15	50	259	65	0,00115
C-304	305	3,00	121,00	0,28	20	0,025	0,2	15	50	254	63,5	0,00115
C-305	306	3,15	299,00	0,07	60	0,025	0,2	15	50	317	79	0,00115
C-306	307	5,74	597,00	0,23	60	0,025	0,2	15	50	317	79	0,00115
C-307	310	6,45	244,30	0,20	60	0,025	0,2	15	50	317	79	0,00115
C-308	410	17,59	482,00	0,14	50	0,025	0,2	15	50	209	52	0,00115
C-401	401	10,30	641,00	0,20	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-402	402	19,28	452,90	0,14	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-403	403	9,36	611,45	0,13	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-404	404	6,60	284,80	0,09	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-405	406	4,33	369,80	0,13	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-406	405	6,73	113,20	0,23	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-407	407	1,98	171,30	0,05	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-408	409	6,40	169,00	0,13	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-501	501	21,08	212,00	0,16	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-502	502	3,12	368,00	0,08	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-503	503	8,62	283,80	0,28	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-504	504	2,80	344,00	0,17	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-505	505	10,67	277,00	0,17	50	0,025	0,2	15	50	209	52	0,00115
C-601	601	6,77	390,70	0,17	60	0,025	0,2	15	50	317	79	0,00115
C-701	701	35,78	815,00	0,20	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-702	703	9,47	313,60	0,43	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115



Parámetros de subcuencas			Long. Curso Principal (m)	Pendiente media (%)	Porcent. Imperm. %	C. Manning Imperm.	C. Manning Perm.	Almac. Imperm. (mm)	Almac. Perm. (mm)	Parám. de Infiltración P/ejecución de Horton		
Cuenca	Nodo de aporte	Área (Ha)								fo (mm/h)	fc (mm/h)	k (1/min)
C-703	704	2,83	424,00	0,42	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-704	705	6,10	239,60	0,01	60	0,025	0,2	15	50	317	79	0,00115
C-705	706	6,04	325,00	0,17	50	0,025	0,2	15	50	209	52	0,00115
C-801	801	12,30	163,90	0,26	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-802	802	5,68	345,00	0,07	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-803	802	10,13	547,30	0,10	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-901	901	34,37	914,10	0,24	60	0,025	0,2	15	50	317	79	0,00115
C-902	902	12,32	382,00	0,10	60	0,025	0,2	15	50	317	79	0,00115
C-1001	1004	21,58	568,00	0,16	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-1002	1001	11,84	269,00	0,29	70	0,025	0,2	15	50	319	80	0,00115
C-1003	1002	5,19	337,70	0,10	80	0,025	0,2	15	50	474	118,5	0,00115

**Tabla 3: Parámetros de modelación.**



### 6.3.1. *Periodo de Retorno (TR).*

Los sistemas hidrológicos son afectados por eventos extremos, cuya magnitud está inversamente relacionada con la frecuencia de ocurrencia. Por definición, el periodo de retorno (o de recurrencia) es el tiempo promedio durante el cual se espera que la magnitud analizada sea igualada o superada, al menos, una vez.

Se han adoptado diferentes periodos de retorno, según las funciones básicas y complementarias de un sistema de drenaje. La recurrencia es función del uso de la tierra y el tipo de vía terrestre, con lo cual para el estudio preliminar se determinaron los caudales para recurrencias de 2, 5, y 10 años.

### 6.3.2. *Duración (d).*

La duración de una tormenta de diseño se adopta igual o levemente superior al tiempo de concentración ( $T_c$ ) de la cuenca. Este criterio permite que el caudal máximo se origine por la contribución de toda el área de aporte. El tiempo de concentración se define como el máximo tiempo de traslado que una gota de lluvia efectiva necesita para poder alcanzar la sección de salida de la cuenca.

Por estar el sistema compuesto de cuencas con puntos de descarga individuales, pueden considerarse desde el punto de vista hidrológico como elementos independientes. Con el fin de simplificar las modelaciones se determinará un tiempo de concentración representativo de todo el sistema el cual servirá para definir la duración del evento de diseño.

Para la estimación del  $t_c$  de las cuencas se evaluaron varias fórmulas empíricas basadas en las características físicas de las subcuencas y se compararon sus resultados.

Las fórmulas utilizadas se resumen en:

- Fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0,02 L^{0,77} S^{-0,385}$$

Donde  $t_c$  es el tiempo de concentración (minutos), L es la longitud máxima a la salida (m) y S es la pendiente media del lecho (m/m).

- Fórmula del SCS (1973), citado en Chow (1994):

$$t_c = 100 L^{0,8} \frac{\left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0,7}}{1900 S_a^{0,5}}$$

Donde  $t_c$  es el tiempo de concentración (min), L es la longitud del cauce principal (ft),  $S_a$  es la pendiente de la cuenca (m/m) y CN es el número de curva.

- Cartas de velocidad promedio del SCS (1975-86), citado en Chow (1994):

$$t_c = \frac{1}{60} \sum \frac{L}{V}$$

Donde  $t_c$  es el tiempo de concentración (min), L es la longitud del cauce principal (m) y V es la velocidad promedio (m/s). A los fines del cálculo se adopta una velocidad promedio de escurrimiento de 0,4 m/s.

- Fórmula de Pilgrim (1982) citado en Yen (1992):

$$t_c = 0,76 A^{0,38}$$

Donde  $t_c$  es el tiempo de concentración (hs) y A es el área de la cuenca ( $Km^2$ ).

- Fórmula del Método racional generalizado, Rühle (1966) citado en Trabajo Final “Análisis y Contraste de Metodologías de Transformación Lluvia – Caudal empleadas en la Hidrología Urbana” (D’Ingiana María Betina y Miatello Fernando Diego, 1998, UNC):

$$t_c = \frac{60 k L}{H^{0,3}}$$

Donde  $t_c$  es el tiempo de concentración (min), L es la longitud del cauce principal (Km), H =Diferencia de nivel de la cuenca (m) y k, la rugosidad relativa del cauce (k=0,9).

De los valores que han sido calculados, el obtenido con la fórmula del SCS, no es considerado por tratarse de una cuenca con áreas mixtas (pavimentadas y vegetadas) donde el método demostró tener tendencia a la sobreestimación. Las restantes formulas arrojan valores acordes al tipo y tamaño de las cuencas consideradas.

Se calculó el valor promedio y mínimo en cada cuenca tras utilizar los distintos métodos. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Subcuencas de aporte al conducto	Fórmula de Kirpich (hs)	Fórmula del SCS (1973) (hs)	Cartas de Velocidad SCS (hs)	Fórmula de Pilgrim (1982) (hs)	Fórmula de Rühle (1966) (hs)
200	1,6	9,4	0,7	1,5	1,3
300	2,3	13,1	1,5	1,7	1,9
400	2,2	12,4	1,4	2,2	1,8
500	1,3	6,5	1,3	1,8	1,2
700	1,4	7,1	1,6	2,0	1,3
800	1,0	4,9	1,0	1,5	1,0
PROMEDIO	1,6	8,9	1,3	1,8	1,4
MINIMO	1,0	4,9	0,7	1,5	1,0

**Tabla 4: Tiempo de Concentración por Subcuenca.**

Se contrastaron los resultados con los datos de campo que muestran tiempos de concentración menores y en función de los mismos se consideró para el cálculo de la precipitación de proyecto 0.7 hs.

Además, se determinó el tiempo de retardo de cada cuenca, es decir, el tiempo que transcurre desde el centro de gravedad del hietograma de precipitaciones al centro de gravedad del hidrograma de caudales. El mismo se obtuvo como:

$$T_r = 0,60 t_c$$

Para el sistema estudiado la duración de la lluvia de diseño se adoptó en 45 minutos, debido a que es la que mayores caudales picos generaba a la salida del sistema y es de probabilidad de ocurrencia elevada. Sin embargo, fueron analizadas otras duraciones de tormenta a los efectos de evaluar el comportamiento ante otros escenarios meteorológicos.

### **6.3.3. Lámina total precipitada.**

Para determinar la tormenta de proyecto se determinó la función IDF para lo cual se aplicó el modelo DIT, luego se contrastaron los resultados con los datos observados en la localidad.

El modelo de predicción DIT permite estimar la relación intensidad – duración – frecuencia a partir de series pluviográficas con distribución Log-normal. Se basa en una estimación algebraica del factor de frecuencia normal e incorpora la duración de la lluvia en forma analítica, dándole sentido conceptual a sus parámetros, permitiendo su transposición a estaciones pluviométricas. Fue planteado originalmente como un modelo de cuatro parámetros, DIT 4p. Hoy se considera como válido el modelo DIT con tres parámetros.

DIT 3p, es una versión superadora de la original y que mejora la distribución regional de los parámetros restantes. El estudio abarca buena parte del territorio argentino, desde Salta hasta Trelew y desde Mendoza hasta Posadas, y emplea funciones i-d-T de cerca de treinta estaciones. La metodología consiste en efectuar regresiones intensidad-duración-recurrencia, y elaborar mapas de isolíneas de los respectivos parámetros y contrastar los resultados.

La Red Regional de Lluvias de Diseño para la Provincia de Córdoba se conforma de 141 puntos con lluvias de diseño que incluye los principales centros urbanos y que se extiende sobre una superficie de 165.000 Km<sup>2</sup> (Caamaño Nelli y Dasso, 2003). El territorio cordobés fue dividido en siete zonas en función de sendas estaciones pluviográficas base a las cuales se les asignó representatividad sobre los pluviómetros satélites existentes en cada zona.

La relación i-d-T en el modelo DIT (Caamaño Nelli y García, 1999), en su expresión final logarítmica es:

$$Ln_{i,d,T} = A\Phi_y - B\delta_y + C \quad (1)$$

Donde (i,d,T) es la intensidad media máxima de lluvia en mm/h, para una duración d en minutos, esperable en el período de retorno T en años,  $\Phi_y$  es el factor de frecuencia (Chow, 1951) dado por:

$$\Phi_y = 2,584458 (\ln T)^{0,375} - 2,252573$$

Y  $\delta_y$  es el factor de persistencia, definido como:

$$\delta_y = (\ln d)^q$$

La Ecuación (1) presenta tres términos independientes entre sí, que provienen de la hipótesis de independencia entre duración, explicitada en  $\delta_y$ , y recurrencia, incluida en  $\Phi_y$ . Los coeficientes A, B, C de la Ecuación (1) y el exponente q, son los cuatro parámetros resultantes del modelo; A y C incorporan las características de la lluvia local, mientras que B y q, son parámetros zonales. Una vez que el modelo DIT ha sido calibrado para un pluviógrafo base, la extrapolación a los pluviómetros asociados, consiste sólo en sustituir dos estadísticos: la media ( $\mu$ ) y el desvío estándar ( $\sigma$ ) de los logaritmos de las lluvias máximas diarias. La sustitución se efectúa en los parámetros A y C, ajustados para el pluviógrafo, para obtener los respectivos A' y C' del pluviómetro (Ecuaciones 2 y 3) sin requerir calibración:

$$A' = A - \sigma + \sigma' \quad (2)$$

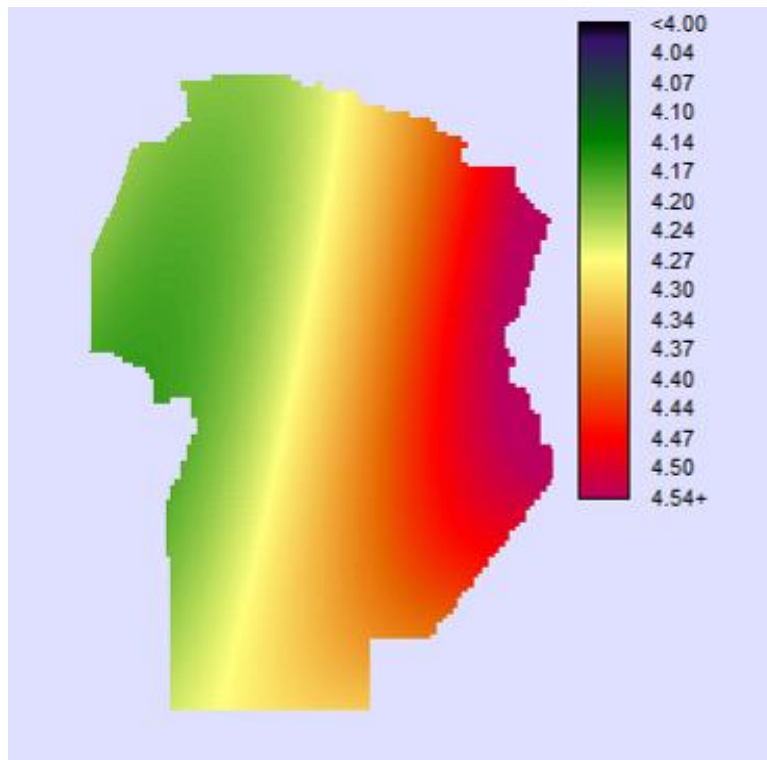
$$C' = C - \mu + \mu' \quad (3)$$

La tabla siguiente presenta los parámetros estadísticos para las estaciones base. Entre las mismas por su proximidad la estación Río Cuarto es la utilizada para la aplicación del método.

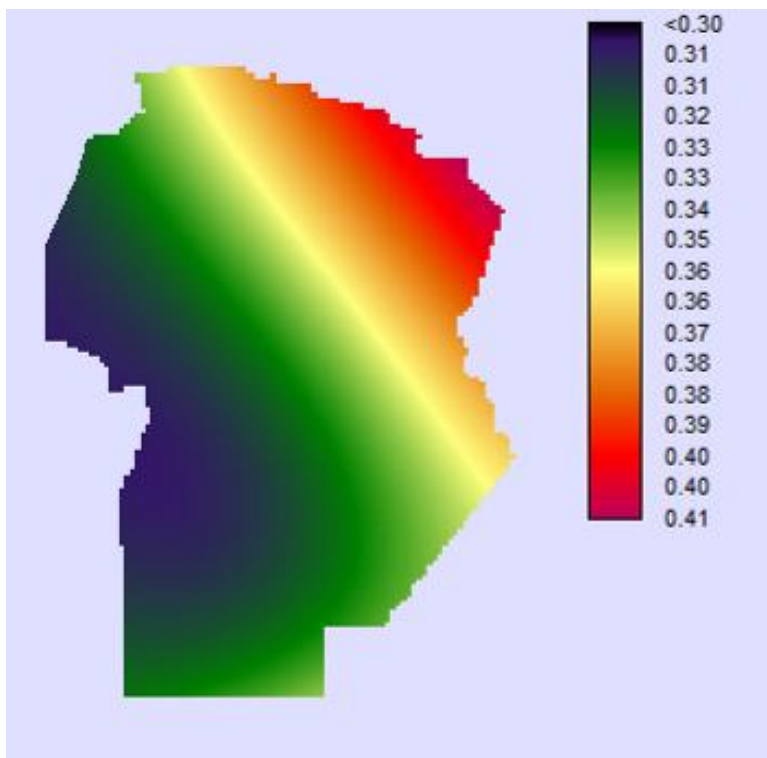
SIGLA	$\mu$	$\Sigma$	A	B	C
puesto	Media	desvío			
Ceres (Sta. Fe)	4.2549	0.3735	0.2910	0.1443	5.2115
La Suela	4.1863	0.4166	0.3650	0.1363	4.9551
M. Juárez	4.4444	0.3875	0.4100	0.1474	5.1078
V. Dolores	3.9714	0.3226	0.3180	0.1706	5.0586
Córdoba Obs.	4.2476	0.3439	0.3370	0.1591	5.1932
<b>Río Cuarto</b>	<b>4.2772</b>	<b>0.3568</b>	<b>0.3557</b>	<b>0.1483</b>	<b>5.0034</b>
Laboulaye	4.3398	0.3350	0.3940	0.1612	5.2191

*Tabla 5: Parámetros estadísticos para estaciones base.*

Los parámetros estadísticos para el resto de la provincia fueron interpolados y graficados sobre los mapas que se observan a continuación.



**Figura 41:** Valores medios de los logaritmos naturales de las precipitaciones máximas diarias anuales  $\mu'$



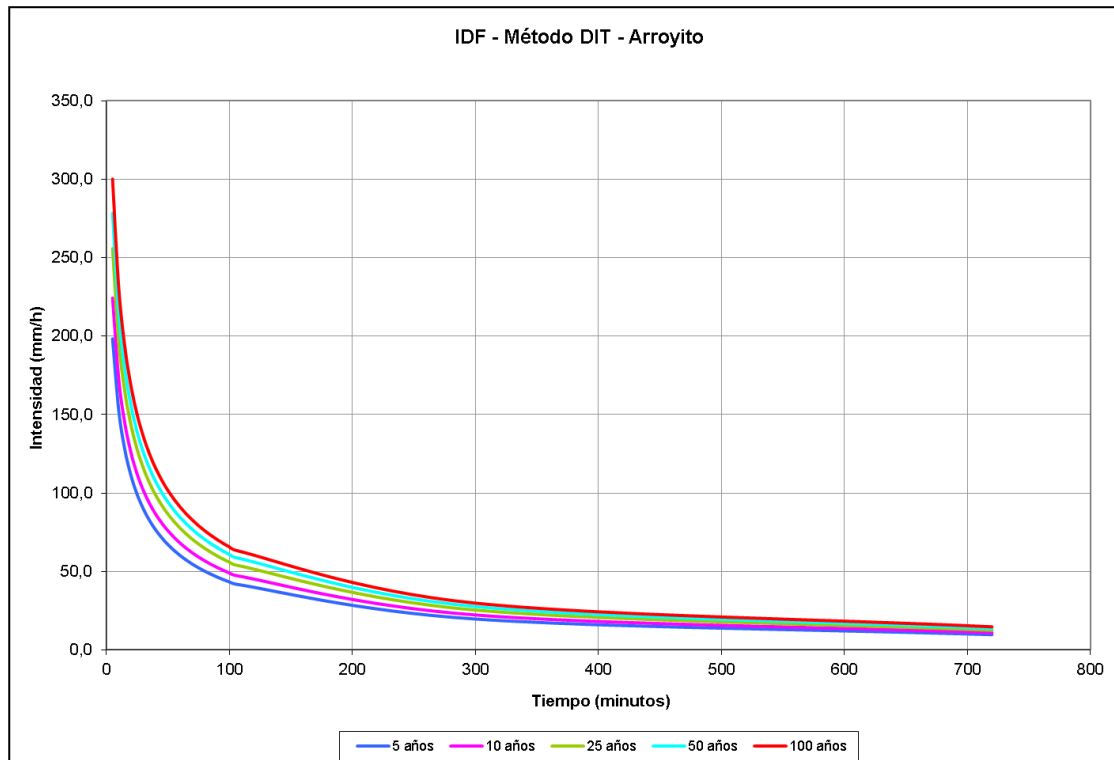
**Figura 42:** Valores medios del desvío de los logaritmos naturales de las precipitaciones máximas diarias anuales  $\sigma'$

Se determinó la expresión de las curvas IDF correspondientes.

$$i = \frac{1229,483 \times T^{0,204}}{(d + 11)^{0,856}}$$

Donde  $i$  es la Intensidad de la tormenta (mm/h),  $T$  es el período de recurrencia (años) y  $d$  es la duración de la tormenta (min.).

En gráfico siguiente se presentan las curvas IDF para la localidad de Arroyito determinadas mediante la metodología expuesta para los distintos periodos de retorno.



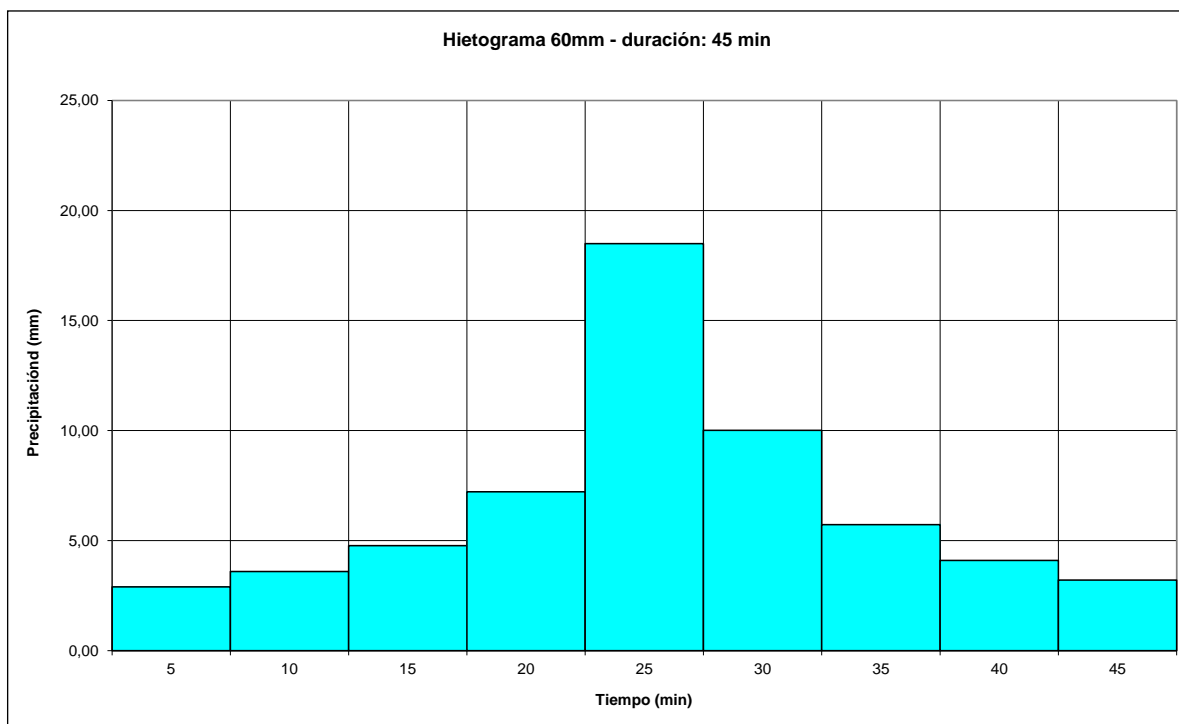
**Figura 43: Curvas IDF Localidad "Arroyito". Fuente: En base al modelo DIT para la provincia de Córdoba.**

Respecto al tiempo de duración de la lluvia a ser empleado en la modelación, se consideran dos factores: El tiempo de concentración de las distintas subcuencas, la duración de los tránsitos entre las mismas y la probabilidad de ocurrencia de eventos de esta duración. En consecuencia, se adoptó una precipitación de 45 minutos de duración.

La lámina de diseño fue ajustada a un valor de 60 mm. Este valor fue registrado en eventos ocurridos recientemente frente a los que el sistema de la ciudad se vio colapsado. El mismo se corresponde a un periodo de retorno aproximado de 5 años.

A continuación, se presenta este hietograma que será empleado en el diseño de las obras propuestas.





**Figura 44: Hietograma de diseño para una duración de 45 minutos. Lámina total: 60mm**

### **6.3.3. Distribución temporal.**

La distribución temporal es el fraccionamiento en el tiempo de la lámina total precipitada (P). Existen diversos métodos para estimar la distribución temporal de la tormenta de proyecto. Para el presente trabajo fue adoptado el criterio de patrones probables por periodos del mismo estudio, mencionado precedentemente.

En dicho análisis se establecen los porcentajes de lámina precipitada dividiendo la duración de la tormenta en 6 intervalos, de los cuales uno contiene el pico (de mayor intensidad) y los restantes decrecen en forma progresiva. Se adoptó el patrón de distribución temporal de acuerdo al método del bloque alterno ubicando el pico en el tercer sextil. La elección de este método simplificado para la distribución temporal de la precipitación se debe a la ausencia de registros pluviográficos y de estudios internos de las lluvias ocurridas. No obstante, la distribución utilizada arroja valores de caudal conservadores en relación a los valores observados en zonas con condiciones meteorológicas homólogas.

### **6.3.4. Distribución espacial.**

La lámina obtenida de la función i-d-F es una lámina local que representa un área en torno al pluviómetro que varía entre 2.5 y 25 Km<sup>2</sup> según características climáticas y topográficas de la región.

En lo que se refiere a distribución espacial de la tormenta de diseño, es posible reducir los valores puntuales en función del área considerada, cuando se trate de cuencas intermedias o grandes, entendiéndose como tal a cuencas cuya extensión sea superior

a los 25 Km<sup>2</sup>.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente y que las cuencas en estudio poseen un área considerablemente inferior, se debe desestimar una reducción de la lámina puntual.

### **6.3.5. Precipitación efectiva. Pérdidas.**

Para la estimación de los hidrogramas de proyecto es necesario considerar que existe una porción de la lluvia precipitada que no contribuye a la formación del escurrimiento superficial inmediato. Esta porción es definida por procesos de interceptación vegetal, almacenamiento superficial e infiltración, entre otros, y es referida como pérdidas al escurrimiento. La diferencia entre la lluvia total precipitada y las pérdidas define la lámina neta o efectiva.

Existen diversos métodos para estimar estas pérdidas a lo largo de una tormenta, en general están basados en índices simplificados ( $\alpha$ ,  $\Phi$ ,  $W$ ), relaciones funcionales (Método del Número de Curva – CN del SCS) y ecuaciones de infiltración (Horton, Philip, etc.).

En el presente trabajo se utilizó la Ecuación de Horton, la cual fue una de las primeras ecuaciones de infiltración desarrollada en 1939, a partir de experimentos de campo. Para el caso de un suelo sometido a una precipitación con intensidad siempre superior a la capacidad de infiltración, una relación empírica para representar el declive de la infiltración con el tiempo puede ser presentada de la siguiente forma:

$$I_t = I_b + (I_i - I_b) e^{-kt}$$

Donde  $t$  es el tiempo pasado desde la saturación superficial del suelo,  $k$  es la constante de decaimiento [T<sup>-1</sup>],  $I_t$  es la tasa de infiltración en el tiempo  $t$ ,  $I_i$  es la tasa de infiltración inicial ( $t = 0$ ) y  $I_b$  es la tasa mínima de infiltración (asintótica).

La tasa mínima de infiltración  $I_b$  teóricamente sería igual a la conductividad hidráulica saturada  $K_{sat}$ , si no hubiese efecto del aire comprimido en el interior del suelo, dificultando la infiltración. Por eso  $I_b$  es normalmente menor que  $K_{sat}$ .

El ajuste de la ecuación de Horton a datos medidos en campo permite la determinación de los parámetros  $I_i$ ,  $I_b$  y  $k$ . El parámetro  $I_b$  es fácilmente identificable en los experimentos, porque representa la conductividad hidráulica saturada aparente del suelo (aparente porque incluye la resistencia proporcionada por el aire comprimido en los poros del suelo natural). El parámetro  $I_i$  también es obtenido inmediatamente de los experimentos porque es una tasa de infiltración inicial, esto es una tasa de infiltración en el momento en que es alcanzada la saturación superficial y comienza a haber

escurrimiento (exceso) superficial, lo que equivale a decir que  $I_i$  es igual a la intensidad de la precipitación que saturó la superficie del suelo. Establecidos  $I_b$  e  $I_i$  resta apenas determinar el parámetro  $k$ , lo que es hecho a través del ajuste de la ecuación anterior a los puntos  $I$  y  $t$  medidos en campo.

Integrando la ecuación anterior con respecto al tiempo, se obtiene la ecuación de los volúmenes infiltrados acumulados en el tiempo:

$$V_f = \frac{I_i - I_b}{k} (1 - e^{-kt}) + I_b t$$

Donde  $V_f$  es el volumen infiltrado acumulado hasta el tiempo  $t$ , contado a partir del momento en la superficie del suelo se saturó.

#### 6.4. Elementos del Sistema de Drenaje

El sistema pluvial bajo análisis comprende los siguientes elementos que deben ser considerados en el modelo de simulación y en el planteo de las futuras obras de mitigación. Se presentan las tablas con las principales características de los mismos:

##### 6.4.1. Redes de Colectores Pluviales Entubados.

Son los principales elementos de conducción del Sistema pluvial de la ciudad. Se compone de conductos de PEAD en diámetro 800mm.

Conducto			Cota Terreno		Cota Intradós		Pendiente (m/m)	Longitud (m)	Diam(m) L*B (m*m)
Denominación	Nudo Inicial	Nudo final	Nudo Inicial	Nudo final	Nudo Inicial	Nudo final			
200-1	201	202	152,84	152,73	152,33	152,11	0,002	107	0,800
200-2	202	203	152,73	152,56	152,11	151,546	0,002	282	0,800
200-3	203	204	152,56	152,42	151,546	151,054	0,002	246	0,800
200-4	204	205	152,42		151,054	150,52	0,001	379	0,800
200-5	205	206			150,52	150,25	0,001	265	0,800
200-6	206	200-out			150,25	150,12	0,001	133	0,800
300-1	301	303	152,33	152,67	151,91	151,6835	0,001	227	0,800
300-2	302	303	152,35	152,67	151,9155	151,6835	0,002	116	0,800
300-3	303	304	152,67	152,57	151,6835	151,4	0,002	189	0,800
300-4	304	305	152,57		151,4	151,08	0,002	171	0,800
300-5	305	306			151,08	150,7	0,003	118	0,800
300-6	306	309			150,7	150,52	0,002	112	0,800
300-7	307	308	151,61		151,1	150,93	0,002	97	0,800
300-8	308	309			150,93	150,52	0,004	110	0,800
300-9	309	311			150,72	150,415	0,003	110	1,00
300-10	310	311	151,87	152,28	150,38	150,215	0,001	110	0,800
300-11	311	312	152,28	152,39	150,415	150,21	0,001	342	1,00
300-12	312	313	152,39	151,99	150,71	150,02	0,002	236	1,5*1,5
300-13	313	314	151,99		149,72	149,7	0,000	22	1,20
300-14	314	300-out			150,00	149,40	0,004	77	1,5*1,5
400-1	401	402	153,19	152,32	152,28	151,68	0,002	347	0,800

Conducto			Cota Terreno		Cota Intradós		Pendiente (m/m)	Longitud (m)	Diam(m) L*B (m*m)
Denominación	Nudo Inicial	Nudo final	Nudo Inicial	Nudo final	Nudo Inicial	Nudo final			
400-2	402	404	152,32	152,46	151,68	151,44	0,001	207	0,800
400-3	403	404	152,09	152,46	150,93	151,44	-0,004	117	0,800
400-4	404	405	152,46	151,97	151,44	151,06	0,001	346	0,800
400-5	405	407	151,97	151,92	151,06	150,67	0,002	224	0,800
400-6	406	407	151,61	151,92	150,89	150,67	0,002	110	0,600
400-7	407	408	151,92	151,88	150,67	150,41	0,002	130	0,800
400-8	408	410	151,88	151,59	150,41	149,86	0,002	325	0,800
400-9	409	410	151,21	151,59	150,038	149,86	0,002	89	0,800
400-10	410	400-out	151,59	149,5	149,86	148,49	0,003	468	0,800
500-1	501	503	151,73	151,81	151,24	150,9	0,001	250	0,800
500-2	502	503	151,9	151,81	151,46	150,9	0,003	209	0,600
500-3	503	504	151,81	151,47	150,9	149,992	0,002	454	0,800
500-4	504	505	151,47	151,37	149,992	149,542	0,002	225	0,800
500-5	505	500-out	151,37		149,542	148,59	0,005	188	0,800
600-1	601	600-out	150,86	149,5	149,66	148,00	0,005	367	0,800
700-1	701	702	151,04	150,73	150,33	150,01	0,002	167	0,800
700-2	702	705	150,73	150,88	150,01	149,806	0,002	114	0,800
700-3	703	704	150,76	151,11	150,36	150,132	0,002	114	0,800
700-4	704	705	151,11	150,88	150,132	149,806	0,003	120	0,800
700-5	705	706	150,88	150,9	149,806	149,308	0,002	249	0,800
700-6	706	700-out	150,9		149,308	147,75	0,003	522	0,800
800-1	801	802	150,6	150,36	149,76	149,066	0,002	347	0,800
800-2	802	800-out	150,36		149,066	147,58	0,003	575	0,800
900-1	901	902	150,53	149,66	149,46	149,274	0,002	93	1,00
900-2	902	900-out	149,66		149,524	147,95	0,003	467	1,25
1000-1	1001	1002	152,38	152	152,38	152	0,002	183	1,00
1000-2	1002	1003	152	152	152	151,77	0,002	117	1,00
1000-3	1003	1004	152		151,77		0,002	525	1,00

\* taludes h:v 1:1

**Tabla 6: Conductos Pluviales. Las celdas en color marcan los tramos que actualmente son canales a cielo abierto.**

- **Colectores Pluviales a Cielo Abierto**

Forma parte del Sistema Pluvial de la ciudad (principalmente al alcanzar la desembocadura por condicionantes topográficos) un tramo de canal se encuentra en la actualidad a cielo abierto presentando una sección trapezoidal con las dimensiones que se aprecian en la tabla precedente (Ver Celdas Destacadas). Esta obra requiere un continuo mantenimiento para garantizar la efectividad del mismo y su entubamiento es una de las propuestas del plan general de drenaje.

- **Obras de captación**

Las obras de captación en la ciudad de Arroyito, se integran con:

- Sumideros ventana
- Sumideros de reja en cuneta.
- Rejas transversales.

- **Obras de acceso**

*Cámara*: Elementos estructurales que necesariamente interrumpen la continuidad de la conducción.

*Cámaras*: Elementos estructurales que no interrumpen la continuidad de la conducción.

## **6.5. Estimación de Caudales.**

Desde el punto de vista hidrológico el presente trabajo tiene dos objetivos, por un lado, cuantificar el impacto de la urbanización en la generación de caudales de la cuenca, y por otro, verificar el correcto funcionamiento del sistema de drenaje existente y proyectado ante la ocurrencia de eventos extremos.

Para la estimación de caudales fue utilizada la metodología de transformación lluvia-caudal, asumiendo que las tormentas de proyecto y los picos de caudales que éstas generan poseen la misma recurrencia.

En el presente trabajo se ha empleado el modelo EPASWMM. En los siguientes puntos se describen en forma breve las principales características del método empleado.

### **6.5.1. EPASWMM**

SWMM son las siglas de Storm Water Management Model (Modelo para el Manejo de las Aguas de Tormenta). Es un programa de la U.S. Environmental Protection Agency (EPA), y fue desarrollado para la simulación de sistemas de desagües pluviales y cloacales. Pudiendo hacerse uso del mismo para planificar, diseñar y verificar el funcionamiento de tales sistemas en forma conjunta o separada.

Es un modelo de simulación dinámico de la precipitación, principalmente, pero no exclusivamente, para áreas urbanas. Permite la simulación de eventos simples, así como una modelación continua. Posee la capacidad de representar diversos tipos de estructuras hidráulicas (caños, canales, unidades de almacenamiento y tratamiento, vertederos, bombas, orificios) así como de simular el flujo de contaminantes a través del sistema.

El escurrimiento se forma por el flujo superficial, subsuperficial y por sistemas de drenaje subterráneos incluyendo la opción del flujo dinámico total en el bloque EXTRAN.

Fue concebido en 1969-1970 y actualizado constantemente desde ese momento. Entre todos los profesionales que contribuyeron a su creación y actualización pueden citarse a Richard Field, Harry Torno, Chiu-Yuan Fan, Doug Ammon, Tom Barnwell, Brett A. Cunningham, Victor Gagliardo, James P. Heaney.

El personal de la Universidad de Florida se encargó del perfeccionamiento de la parte

computacional y de la difusión del modelo.

El modelo fue programado en FORTRAN, y la entrada de datos se realizaba originariamente en MS-DOS.

La versión usada en este trabajo (EPASWMM 5.1) fue desarrollada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) y consta de una interface en entorno de Windows, con el fin de facilitar el ingreso de la información a través de pantallas amigables. Las características operacionales de esta interface permiten el llenado de datos de forma más rápida y segura.

### **6.5.2. Modelo EPASWMM**

Este modelo permite obtener hidrogramas (cantidad) y polutogramas (calidad) correspondientes a las distintas subcuencas en que se divide la zona en estudio y también en los puntos de unión de conductos colectores.

Mediante la interface a la que ya se hizo referencia se accede a varios bloques interrelacionados. Las funciones específicas de los más usados se describen a continuación.

Bloques TEMP y RAIN: Destinado al ingreso de los parámetros meteorológicos generales y de los factores relacionados:

Precipitación: Duración, intensidad, evaporación.

Nevadas: Duración, intensidad, temperatura, velocidad del viento.

Bloque USEHP: Permite el ingreso de hietogramas directamente para ser utilizados en los sucesivos bloques.

Bloque RUNOFF: Genera la esorrentía superficial basándose en hietogramas provistos por los bloques anteriores, condiciones antecedentes, uso de la tierra y topografía. Permite simulaciones de eventos simples como modelaciones continuas. Arroja como resultado hidrogramas y polutogramas, en función de las variables definidas.

Bloque TRANSPORT: Transita los hidrogramas y polutogramas generados por el bloque anterior a través de toda la red de desagües. El método utilizado para el tránsito es básicamente uno de onda cinemática (ecuación de Saint-Venant en su mínima expresión) que permite la propagación de perturbaciones solamente en la dirección aguas abajo.

Bloque EXTRAN: Este bloque transita o combina los hidrogramas utilizando un esquema numérico que considera las ecuaciones de Saint-Venant en su forma

completa. Es lo que se llama un “Tránsito hidráulico”.

EPASWMM contiene un subprograma, que permite georreferenciar cada elemento y así representar las cuencas o redes, sobre diversos tipos de archivos que posean información geográfica y visualizar su funcionamiento sobre el mismo.

La máscara constituida por EPASWMM simplifica la carga de los datos e integra los bloques de cálculo mediante la designación de las condiciones de seteo iniciales y la vinculación de cada elemento.

#### 6.5.2.1. Bloque RUNOFF:

Por medio de este bloque se generan los hidrogramas de ingreso a cada conducto, que podrían también ingresarse al bloque EXTRAN o TRANSPORT.

Los datos meteorológicos ingresados en este bloque corresponden a la precipitación de diseño determinada anteriormente. Se adoptaron los valores de evaporación que propone el modelo de 3 mm/h, independientemente de la estación.

Este bloque supone a cada cuenca como un canal rectangular y calcula el caudal en su desembocadura resolviendo la ecuación de Manning para cada intervalo de tiempo (modelo de onda cinemática), a medida que agrega la precipitación efectiva como volumen de escurrimiento.

Para este fin es preciso definir la longitud de la simulación, las condiciones de infiltración y las características físicas del sistema, incluyendo la de los canales, conductos y cuencas. En el caso de las cuencas debe determinarse un espesor ficticio cuya elección dependerá de la regularidad en la forma de las mismas. Si se tratara de cuencas perfectamente rectangulares con un canal lateral de desagüe, el ancho correspondería al largo de la cuenca en cuestión, y si el medio de drenaje se situara a la mitad de la cuenca debería usarse exactamente el doble. Para condiciones intermedias el manual propone una interpolación lineal la que, para el caso de cuencas irregulares como las corrientes, solo considera el área a cada lado del canal.

#### 6.5.2.2. Bloque EXTRAN:

La función específica del bloque EXTRAN es la de transitar hidrogramas a través de la red de caños, juntas y diversas estructuras del sistema de drenaje, así como de las plantas de tratamiento y desembocadura de las aguas.

Este bloque a diferencia del RUNOFF y TRANSPORT, se aplica cuando sea importante representar severas condiciones de reflujos y tránsito a través de dispositivos especiales (vertederos, orificios, bombas, estanques y compuertas). Esto es posible ya que EXTRAN utiliza las ecuaciones completas de Saint Venant, que permiten analizar el flujo no uniforme gradualmente variado.

La ecuación para el cálculo se obtiene de combinar la ecuación de continuidad y la de cantidad de movimiento:

$$\frac{dQ}{dt} + gAS_f - 2V \frac{dA}{dt} + V^2 \frac{dA}{dx} + gA \frac{dH}{dx} = 0$$

En ella, se reemplaza la pendiente friccional por la que se obtiene de la ecuación de Manning, y luego se expresa en diferencias finitas a fines del cálculo computacional.

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{1}{1 + \frac{gn^2 \Delta t}{R^{4/3}} |V|} \left[ Q_t + 2V \left( \frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t \Delta t + \bar{V}^2 \left[ \frac{(A_2 - A_1)}{L} \right] \Delta t + g \bar{A} \left[ \frac{(H_2 - H_1)}{L} \right] \Delta t \right]$$

Las variables básicas en esta ecuación corresponden a Q (caudal), H1 (carga en el punto 1) y H2 (carga en el punto 2). Las variables  $\bar{V}$ ,  $\bar{R}$  y  $\bar{A}$  son promedios ponderados de los valores finales del conducto en el intervalo t; y pueden deducirse de Q y H. El término  $(\Delta A / \Delta t)_t$  se deriva del paso de tiempo previo.

Por lo tanto, se necesita otra ecuación que vincule Q y H. SWMM usa la ecuación de continuidad en cada nudo la que es resuelta secuencialmente junto a la desarrollada en el paso previo.

$$\left( \frac{dH}{dt} \right)_t = \frac{\sum Q_t}{A_{St}}$$

...o en diferencias finitas:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \frac{\sum Q_t \Delta t}{A_{St}}$$

Donde  $A_{St}$  es el área del nudo.

El bloque EXTRAN se alimenta de los hidrogramas que provee el bloque RUNOFF, debiendo definirse el comienzo de la tormenta, el paso de tiempo del análisis, el número de pasos y la exactitud requerida a través del número de iteraciones y el mínimo error permisible.

En la segunda pantalla se debe definir el número de nodos, sus áreas, número de conductos y/o canales en el sistema y los intervalos para el cómputo durante la simulación y para la salida final. También puede optarse por dos maneras diferentes de resolver la ecuación diferencial para el sistema de drenaje. La ya analizada se conoce como solución EXPLÍCITA, y las restantes como EXPLÍCITA MEJORADA y EXPLÍCITA ITERATIVA.

La solución explícita mejorada difiere de la anterior sólo en un término, el cual es derivado de forma diferente. Esto trae consecuencias sobre los tramos de ascenso y



descenso en el hidrograma, permitiendo pasos de tiempo más largos que en la solución anterior. Sin embargo, esta mejora queda sin efecto cuando se trata de sistemas con muchas juntas con sobrecarga.

La solución iterativa trabaja con un algoritmo que pondera términos en los que interviene la variable a despejar con el valor que se extrae del paso de tiempo previo. Este método utiliza un intervalo de tiempo variable a la vez que evita el uso de distintas ecuaciones durante la sobrecarga.

La variable a definir se referirá al tipo de flujo en el sistema, NORMAL y DINÁMICO para flujo subcrítico o NORMAL para supercrítico. También deberá precisarse si se trabajará con la profundidad o elevación del conducto; y si se realizarán los cálculos con el tirante normal o crítico a la desembocadura.

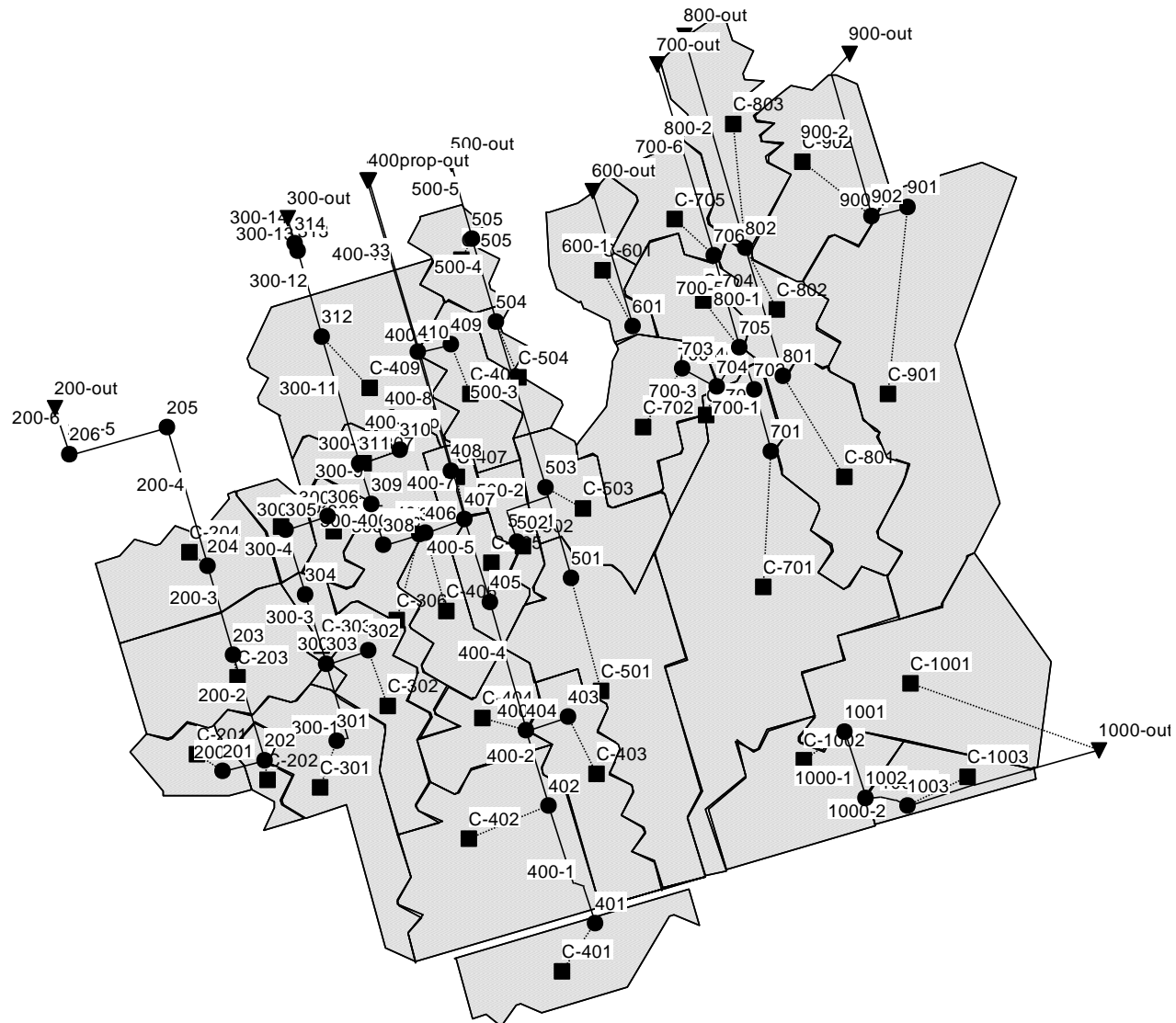
Luego se definen las propiedades de los canales y/o cañerías y de las juntas respectivamente.

Habiendo concluido con los pasos precedentes se podrán seleccionar los nudos y conductos que se desea figuren en la salida del programa.

### **6.5.3. Aplicación del Modelo Hidrológico**

Se realizó la modelación matemática hidrológica/hidráulica. Para la modelación hidrológica de las cuencas se desagregaron las cuencas en función de los secundarios aportantes a los emisarios principales y los puntos de ingreso al conducto principal.

A continuación, se presenta el esquema de modelación confeccionado en EPASWMM acorde a la desratización en subcuencas previamente presentada.



**Figura 45: Esquema de modelación EPASWMM**

Los parámetros de ajuste fueron los coeficientes del modelo de infiltración seleccionado (Horton) y el porcentaje de área impermeable. La calibración se efectuó verificando que el modelo reproduzca las inundaciones en los sectores donde ocurrió surgencia frente a eventos registrados.

Los resultados de esta primera etapa muestran insuficiencias en los conductos principales. En las secciones próximas a las desembocaduras los caudales máximos simulados exceden las posibilidades de descarga de los conductos. Si además se considera la proyección de la urbanización, la capacidad de conducción se encuentra seriamente comprometida.

#### **6.5.4. Resultados Obtenidos de la modelación.**

El siguiente gráfico presenta los nodos donde ocurre el derrame a la red vial (surgencia) para las tormentas con las características citadas en el instante más crítico. Seguidamente se presentan las tablas que resumen los principales valores para nodos y conductos.

Los sectores donde el modelo arroja deficiencias funcionales son consistentes con los observados en la realidad y relevados por personal municipal en eventos de precipitación recientes.

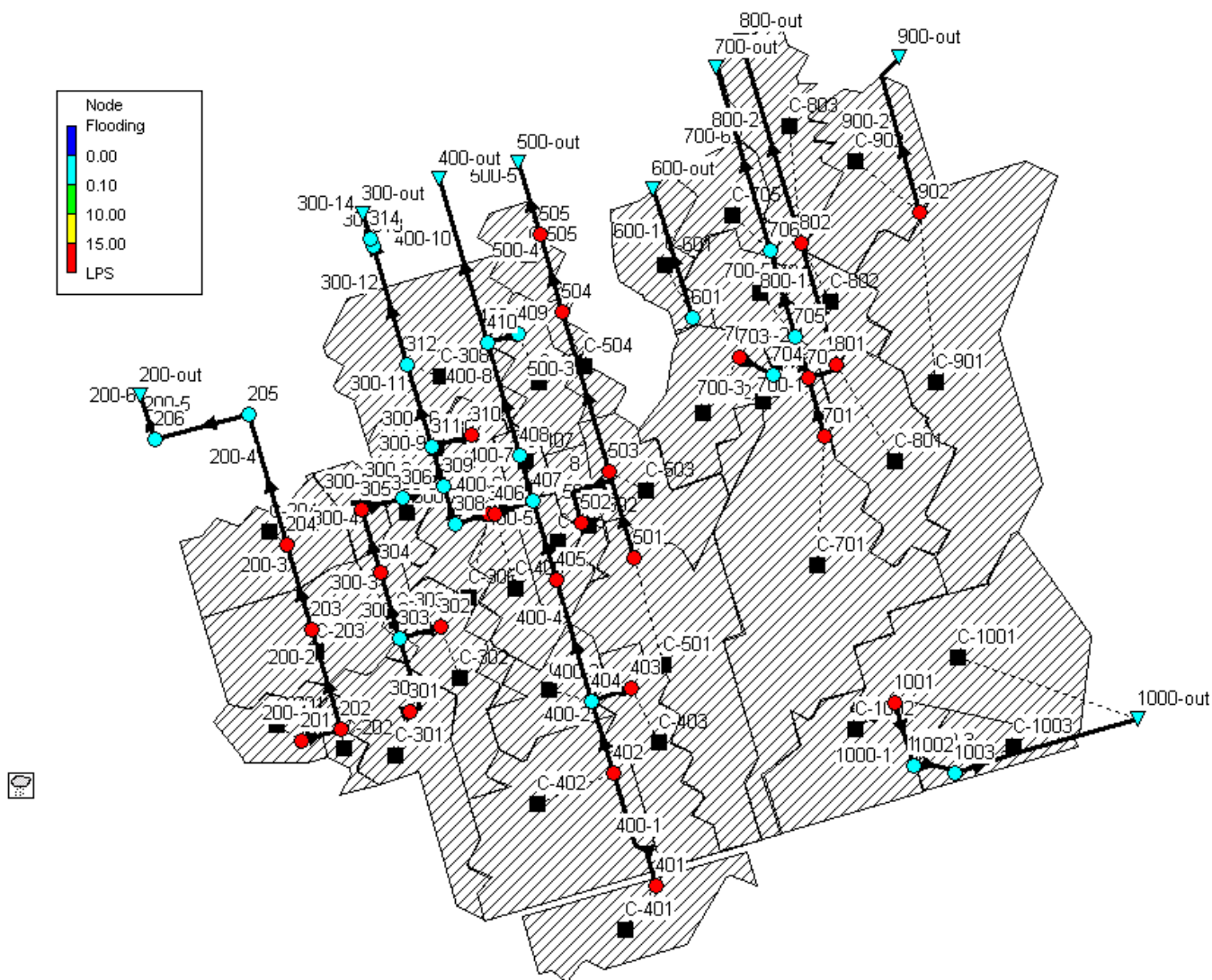


Figura 46: Nodos con surgencia – Evento duración 45 minutos. Lámina total: 60mm – EPASWMM

Nodo	Tiempo de surgencia (horas)	Máximo Caudal surgente (l/s)	Horario de Max Surgencia (HH:MM)	Volumen total surgente (10 <sup>6</sup> l)
201	0.16	501.58	00:44	0.111
202	0.34	882.44	00:43	0.362
203	0.46	1674.15	00:47	1636
204	0.42	1301.92	00:45	0.948
205	0.01	281.26	00:44	0.003
301	0.51	1498.08	00:50	1600
302	0.43	877.72	00:46	0.754
304	0.01	177.36	00:45	0.003
305	0.02	533.89	00:45	0.017
306	0.02	257.11	00:45	0.011
307	0.25	975.90	00:46	0.438
309	0.01	1004.95	00:45	0.014
310	0.13	302.48	00:45	0.073
401	0.41	1292.57	00:45	1002
402	0.78	2333.51	00:50	3592
404	0.01	529.91	00:42	0.008
403	0.82	2203.86	00:45	2803
405	0.42	820.72	00:45	0.666
406	0.64	774.63	00:50	1073
407	0.01	110.21	00:44	0.002
408	0.01	466.83	00:44	0.004
409	0.28	379.73	00:47	0.146
410	0.01	430.48	00:47	0.003
501	0.73	1483.73	01:00	2350
502	0.27	592.57	00:45	0.213
503	0.36	994.78	00:44	0.749
504	0.21	684.69	00:44	0.220
505	0.01	489.98	00:45	0.007
601	0.01	123.20	00:46	0.001
701	0.44	2578.98	00:50	2395
702	0.02	689.55	00:44	0.020
703	0.41	1592.12	00:47	1285
705	0.01	973.19	00:44	0.009
706	0.01	602.27	00:46	0.006
801	0.54	1618.30	00:55	2443
802	0.41	1547.24	00:50	1349
902	0.58	4763.06	00:50	5217
1001	0.42	795.19	00:50	0.700
1002	0.40	278.87	00:45	0.034
1003	0.44	822.30	00:45	0.726

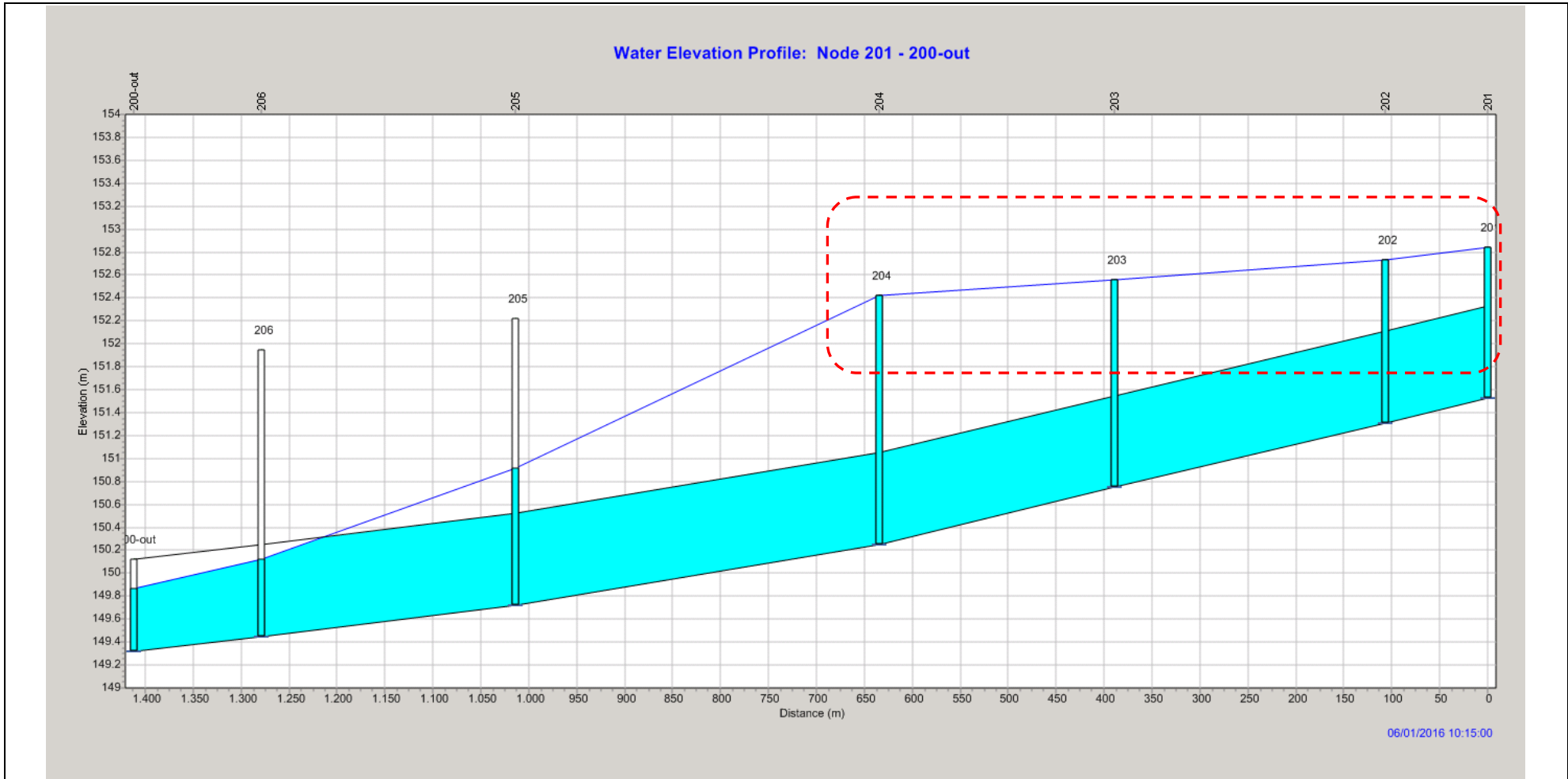
**Tabla 7: Nodos con Surgencia.**

Conducto	Máximo caudal (l/s)	Máxima velocidad (m/s)	Caudal máx. / Caudal lleno	Tirante máx. / Tirante lleno
200-1	393.72	1.22	0.71	1.00
200-2	436.04	0.92	0.80	1.00
200-3	433.20	1.02	0.78	1.00
200-4	966.11	1.98	2.10	1.00
200-5	783.05	1.66	2.00	1.00
200-6	712.85	1.58	1.86	0.84
300-1	677.93	1.35	1.73	1.00
300-2	388.73	0.96	0.70	1.00
300-3	948.41	1.93	2.01	1.00
300-4	717.70	1.52	1.35	1.00
300-5	640.94	1.35	0.92	1.00
300-7	1033.99	2.07	2.16	1.00
300-6	1033.28	2.06	1.95	1.00
300-8	958.15	1.94	1.28	1.00
300-9	1357.16	1.37	0.72	1.00
300-10	846.35	1.68	1.81	1.00
300-11	1780.99	2.56	2.71	0.88
300-12	3339.44	1.78	0.09	0.36
300-13	3244.82	3.82	4.46	0.70
300-14	3249.55	2.25	0.07	0.27
400-1	555.46	1.11	1.09	1.00
400-2	412.79	0.82	0.99	1.00
400-3	689.36	1.38	0.85	1.00
400-4	803.08	1.65	1.97	1.00
400-5	966.84	1.94	1.89	1.00
400-6	230.91	0.82	0.91	1.00
400-7	1184.36	2.46	2.16	1.00
400-8	843.37	1.93	1.67	1.00
400-9	561.16	1.72	1.02	1.00
400-10	953.92	2.05	1.44	0.87
500-1	543.12	1.08	1.20	1.00
500-2	423.99	1.01	0.70	1.00
500-3	822.96	1.65	1.50	1.00
500-4	876.61	1.75	1.60	1.00
500-5	1451.92	2.95	1.66	0.95
600-1	1049.19	2.22	1.27	0.89
700-1	2711.41	2.47	1.71	1.00
700-3	743.72	1.09	0.46	1.00
700-2	1963.55	1.77	1.22	1.00
700-4	953.49	1.90	1.50	1.00
700-5	2401.51	2.38	1.48	1.00

Conducto	Máximo caudal (l/s)	Máxima velocidad (m/s)	Caudal máx. / Caudal lleno	Tirante máx. / Tirante lleno
700-6	2485.21	2.40	1.26	0.86
800-1	530.25	1.10	0.97	1.00
800-2	889.09	1.93	1.42	0.86
900-2	1059.15	2.12	1.63	1.00
1000-1	1030.23	1.78	1.61	1.00
1000-2	722.84	1.23	1.16	1.00
1000-3	752.07	1.53	1.19	0.82

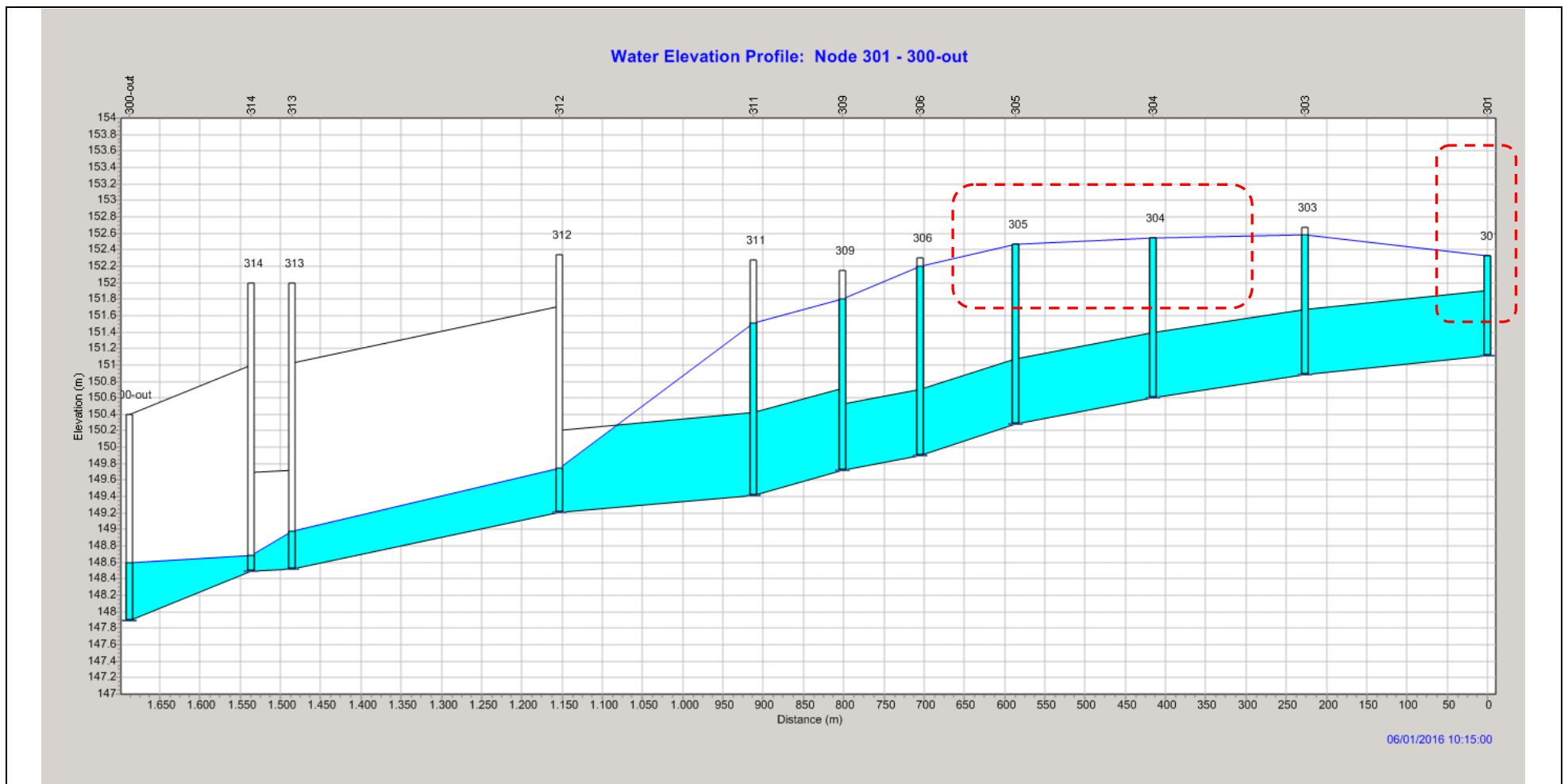
**Tabla 8: Demanda en conductos.**

A continuación, se presenta el perfil longitudinal de cada conducción sobre su línea de máximo desarrollo junto al nivel piezométrico alcanzado en el momento de máxima surgencia para el evento simulado.

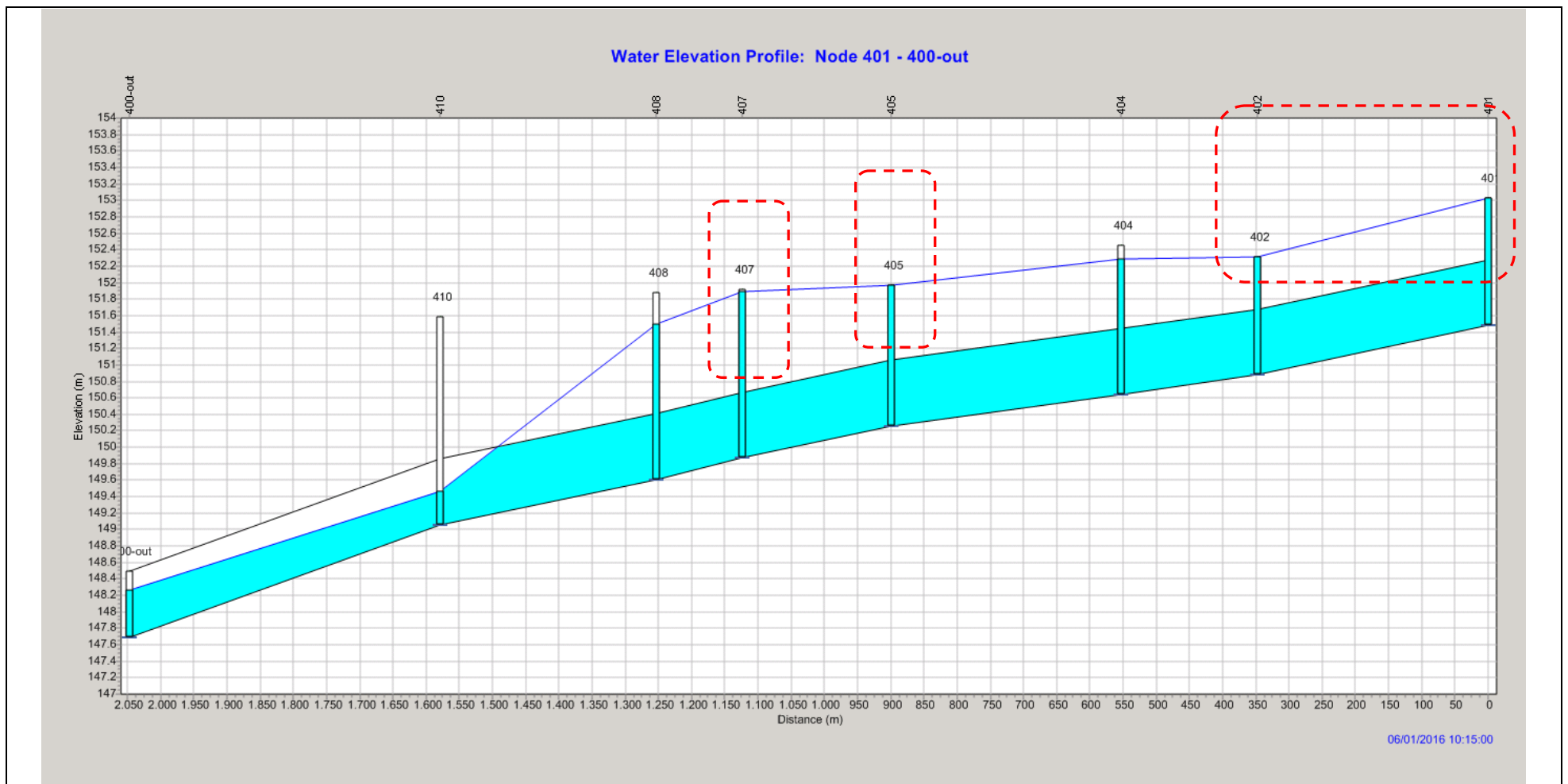


**Figura 47: Perfil sobre el conducto 200 – EPASWMM**

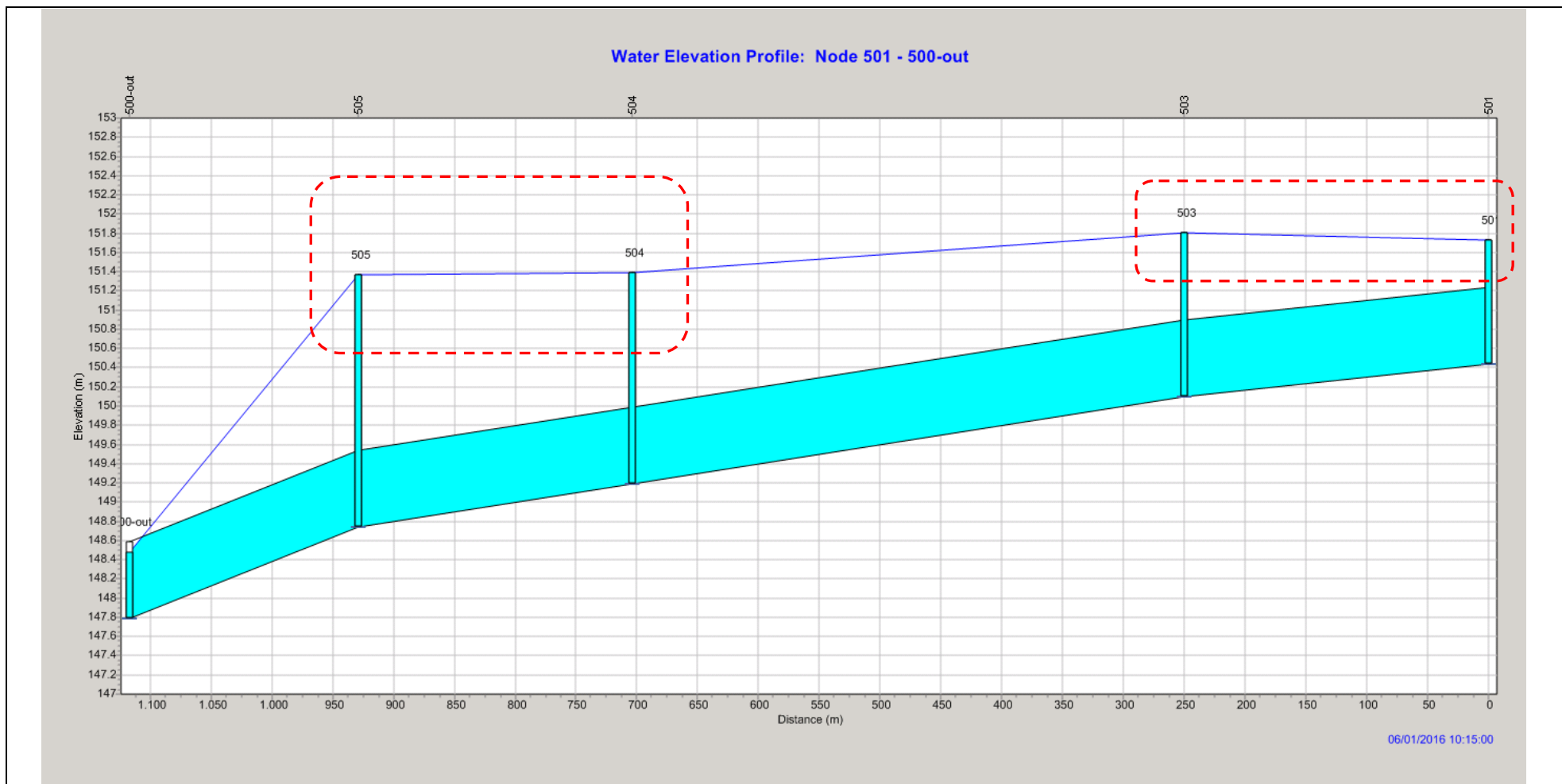




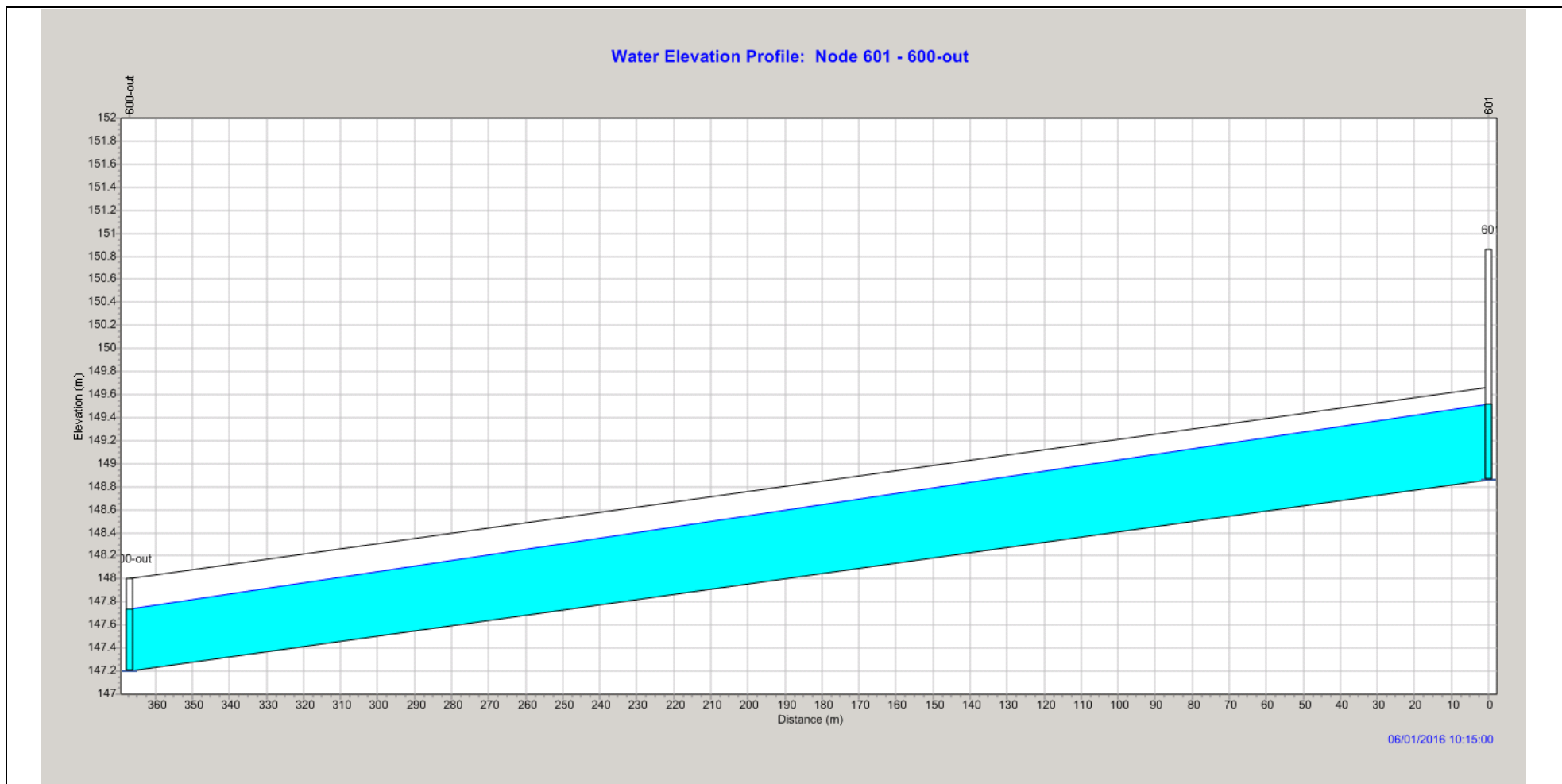
**Figura 48: Perfil sobre el conducto 300 – EPASWMM**



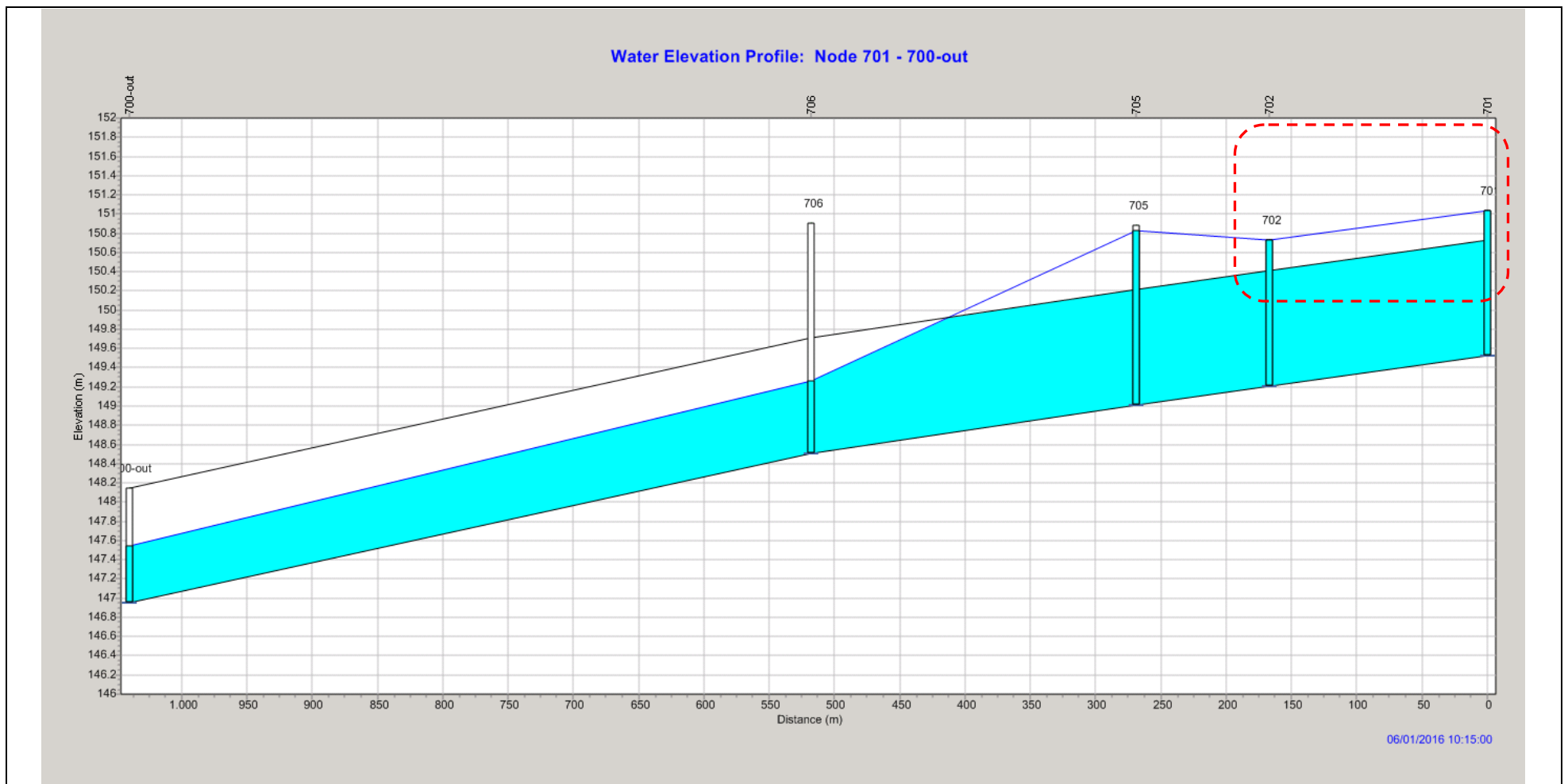
**Figura 49: Perfil sobre el conducto 400 – EPASWMM**



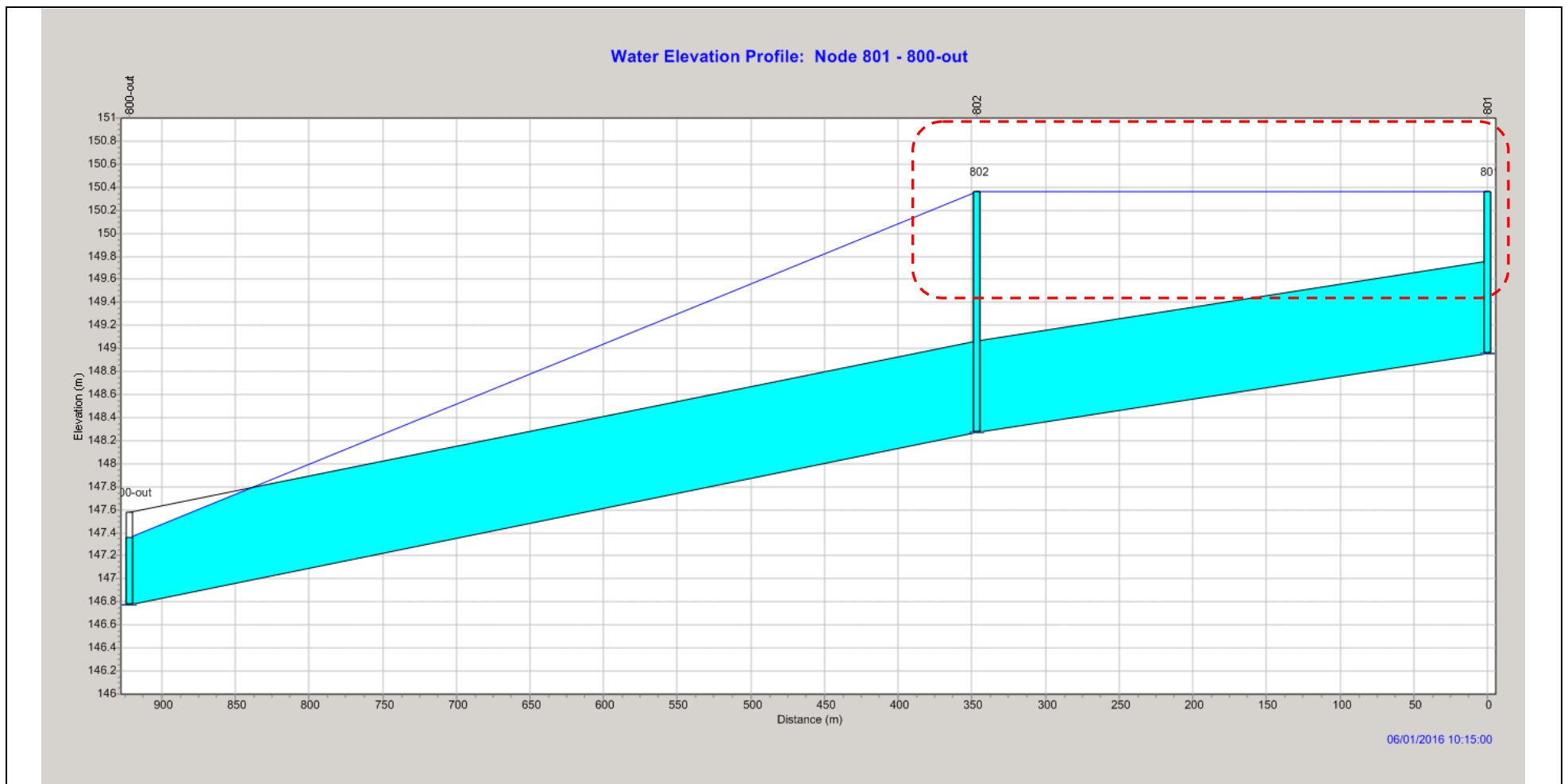
**Figura 50: Perfil sobre el conducto 500 – EPASWMM**



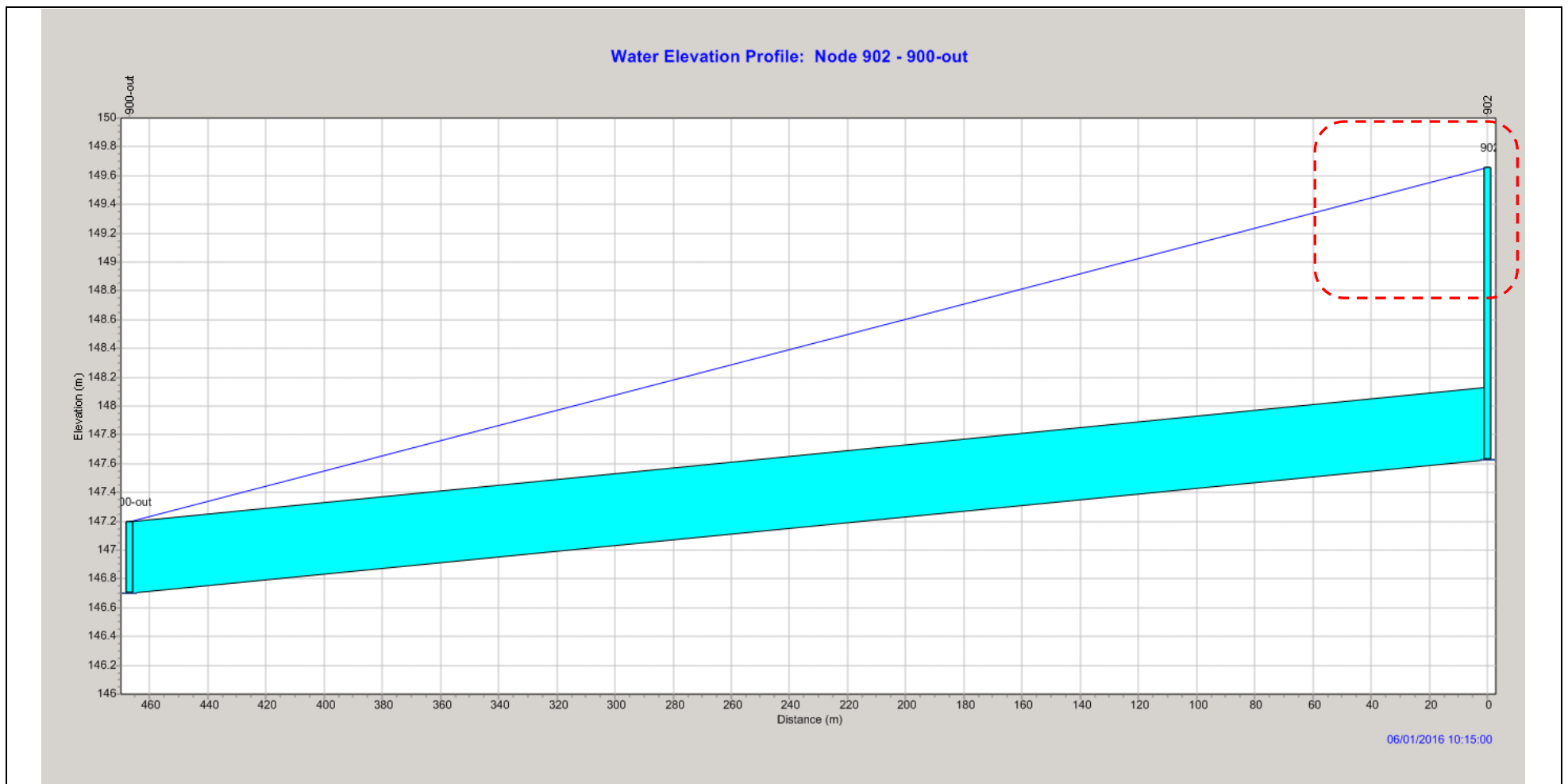
**Figura 51: Perfil sobre el conducto 600 – EPASWMM**



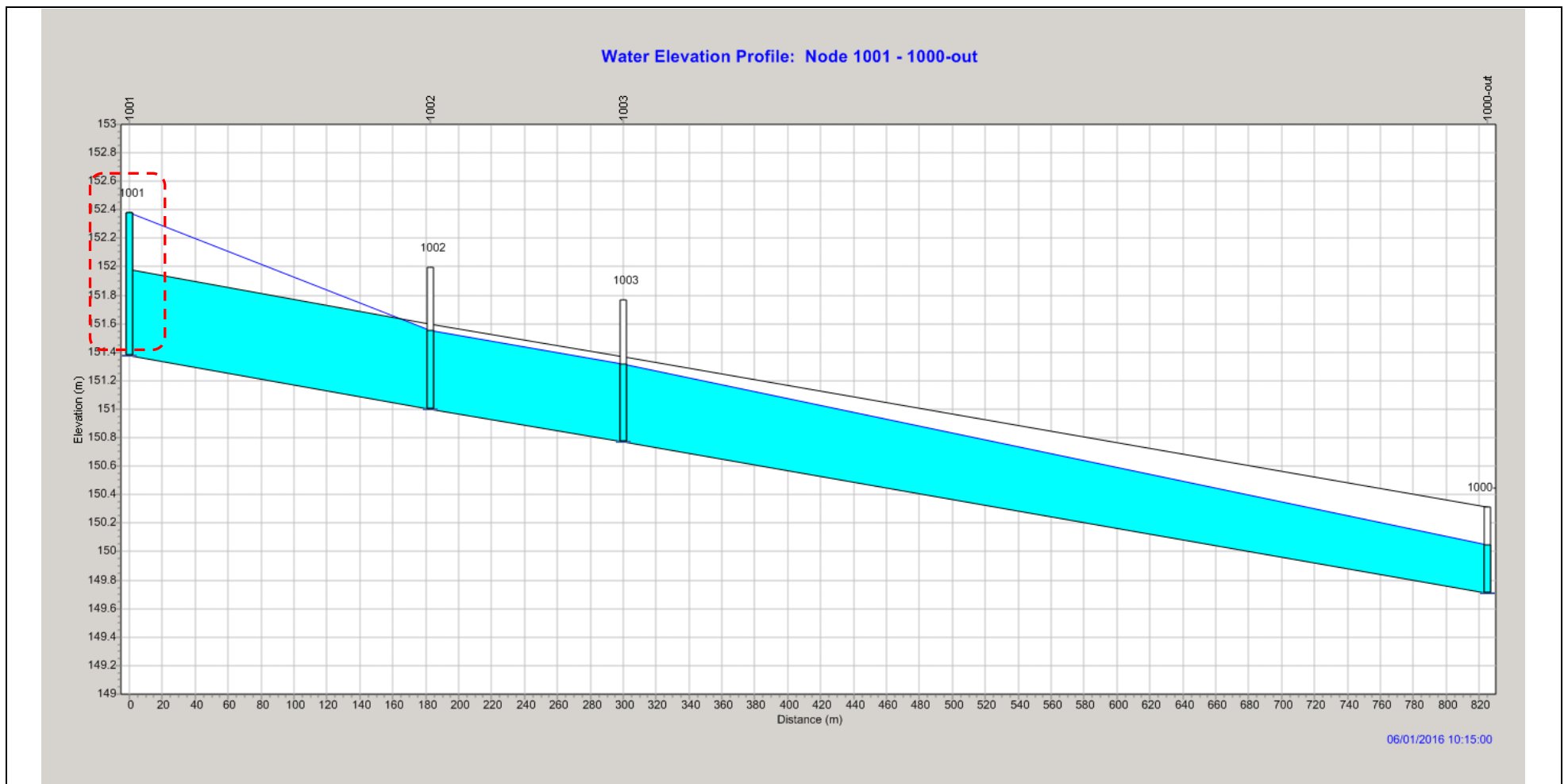
**Figura 52: Perfil sobre el conducto 700 – EPASWMM**



**Figura 53: Perfil sobre el conducto 800 – EPASWMM**



**Figura 54: Perfil sobre el conducto 900 – EPASWMM**



**Figura 55: Perfil sobre el conducto 1000 – EPASWMM**



Los resultados presentados muestran que el sistema de conducción de la localidad presenta deficiencias que deben ser corregidas para garantizar la función básica del entramado urbano.

Ante esta situación, se plantearán medidas estructurales y no estructurales para el control de los excesos pluviales en el ejido urbano.

## **6.6. Medidas de control estructural y no estructural**

Todas las medidas que se analizan en el presente informe deben formar parte de un plan de obras que lleve a cabo la Municipalidad de Arroyito.

Existen dos formas básicas para ejercer el control y manejo de los drenajes urbanos: medidas estructurales y no estructurales. En los puntos siguiente se analizan las soluciones recomendadas a ser implementadas en la ciudad de Arroyito.

### **6.6.1. Medidas estructurales**

Se desarrollaron obras de distinta importancia y características de diseño, con sistemas a gravedad. Las obras estudio optimizan el funcionamiento de la infraestructura existente.

Dentro de este tipo de medidas se plantearon las siguientes:

- Aliviador sobre calle José A. Vocos desde calle Cristóbal Colón. Conformado por medio de conductos tipo lenta, modelo pórtico vial con lo que no será necesario profundizar los mismos para garantizar la tapada mínima necesaria. Estos conductos proveen un gran caudal de conducción en relación a los conductos existentes simplificando el proceso constructivo
- En determinados sectores se realiza la vinculación de conductos principales que hoy corren paralelos por medio de conductos perpendiculares con el fin de equilibrar los caudales que son conducidos por los mismos. Conductos 300, 400, 700 y 800.
- Se requiere adecuar los conductos de vinculación de los sumideros a los conductos principales para garantizar el ingreso de los caudales al conducto principal y que los mismos no constituyan un cuello de botella a la captación.
- En base al modelo elaborado se determinaron los lugares donde se deben incorporar nuevos sumideros al correlacionar la demanda hídrica con la capacidad de conducción de la red vial.

### **6.6.2. Medidas no estructurales**

Entre las medidas no estructurales se recomienda la implementación de normativa

que considere algún sistema de regulación de caudales en toda nueva urbanización, a efectos de mantener las condiciones de drenaje preexistentes lo mismo para futuras instalaciones de industrias o grandes superficies comerciales.

Se recomienda se considere la incorporación de superficies verdes en porcentajes de 15 % o mayor en los nuevos planes de urbanizaciones.

Se recomienda se proyecten y diseñen los futuros pavimentos de manera que drenen directamente al río para evitar que los excedentes hídricos de estas cuadras se incorporen a los de las calles actualmente pavimentadas.

Se recomienda se mantenga la limpieza de los sumideros de manera de garantizar su correcto funcionamiento en los periodos de lluvia.

Se recomienda que los nuevos diseños de loteos en la zona sur de la ciudad sean regulados por lagunas de detención y, de ser posible, sus caudales sean evacuados de manera de no ingresar al casco de la ciudad.

## CAPÍTULO 7: PROYECTO DE DRENAJE

### 7.1. Generalidades.

La formulación de todo Proyecto de Drenaje se debe asentar en ciertos principios rectores, los que según ASCE (1992) y Tucci (1994) enumeran de la siguiente manera:

- a) **Ningún usuario urbano debe ampliar la crecida natural:** las crecidas naturales no pueden ser aumentadas por los que ocupan la cuenca, sea un simple loteo u otras obras derivadas del ambiente urbano. Esto se aplica al relleno de zonas bajas, a la impermeabilización de la superficie, a la construcción de calles y avenidas, etc.;
- b) **Los impactos hidrológicos de la urbanización no deben ser transferidos:** las obras y medidas a implementar no pueden reducir el impacto de un área en detrimento de otra(s). Caso que ello ocurra se deben prever medidas compensatorias;
- c) **Las aguas pluviales requieren espacio:** una vez que el agua de lluvia alcanza el suelo la misma escurrirá, exista o no un sistema de drenaje adecuado. Siempre que se elimine el almacenamiento natural sin que se adopten medidas compensatorias, el volumen eliminado será ocupado en otro lugar. Canales y conductos desplazan la necesidad de espacio y deben ser proyectados teniendo presente este hecho. En otras palabras, el problema de drenaje urbano es, esencialmente, un problema de asignación de espacio, por lo que es indispensable preservar áreas o sectores para el manejo de las aguas;
- d) **Las áreas bajas aledañas a los cursos de agua, delineadas por el escurrimiento, son parte de los cursos:** toda ocupación que se realice en estas áreas originará posteriormente la adopción de medidas compensatorias onerosas. La preservación de estas áreas de inundación natural es invariablemente la solución más barata para los problemas de inundación. Adicionalmente ofrece otras ventajas colaterales dentro del espacio urbano como creación de áreas verdes, oportunidades de recreación, preservación de los ecosistemas, etc.;
- e) **La solución de los problemas debe involucrar la adopción de medidas estructurales y no estructurales:** las medidas estructurales implican la alteración del medio físico a través de obras de conducción y regulación. Las medidas no estructurales presuponen una convivencia razonable de la población con los problemas;
- f) **El subsistema de drenaje es parte de un ambiente urbano complejo:** el subsistema de drenaje no debe ser un fin en sí mismo, sino un medio que posibilite la mejora del ambiente urbano de forma más amplia. Debe ser articulado con los otros subsistemas urbanos;
- g) **Calidad y cantidad del agua constituyen variables del mismo problema:**  
deben ser consideradas en conjunto;
- h) **Todo estudio de drenaje urbano debe ser analizado en el contexto integral de las cuencas hidrográficas involucradas:** es necesario eliminar las barreras existentes entre el estudio de los problemas del drenaje urbano (a cargo de las municipalidades) y el análisis del drenaje regional (a cargo de organismos provinciales o nacionales);

- i) **Se deben privilegiar los mecanismos naturales de escurrimiento:**  
preservando los canales y cuerpos naturales de agua;
- j) **Los costos de las medidas estructurales deben ser transferidos a los propietarios de los lotes:** en forma proporcional a la superficie impermeable que posean, ya que ella es la generadora del aumento del escurrimiento.
- k) **Se debe priorizar el control del escurrimiento pluvial en la fuente;**
- l) **Los medios de implantación del control de crecidas son el Plan Director de Drenaje Urbano,** las legislaciones municipal y provincial y el Manual de Drenaje. El primero establece las líneas generales, las legislaciones controlan y el Manual orienta;
- m) **El control de inundaciones es un proceso permanente:** Establecer planes y ordenanzas no es suficiente; es preciso el control permanente para verificar posibles violaciones y para adaptar la legislación a nuevas situaciones;
- n) **Se debe incluir un proceso de formación y esclarecimiento a tomadores de decisión** (municipal, provincial y federal), a profesionales y a la población en general.

Para poder elaborar el Plan de Drenaje es fundamental interpretar acabadamente la dinámica del sistema hidrológico y sus respuestas frente a modificaciones en las características de las subcuencas que lo integran. Para ello se debe desarrollar un modelo hidrológico computacional del mismo para simular la situación actual y las diferentes alternativas de obras que se propongan dentro del Plan.

## 7.2. Obras proyectadas.

En base a los resultados de la modelación precedente se formuló un plan de obras que prioriza los beneficios en los sectores más afectados de la comunidad.

Las obras planteadas se integran de elementos de captación y conducción que permitirán disponer de los excedentes hídricos en forma ordenada hacia el cuerpo receptor final de los mismos que en este caso resulta el cauce del Río Xanaes.

Las obras enunciadas fueron agrupadas en tres etapas de ejecución secuencial, que le permitirá al municipio poder generar etapas de inversiones en función de las cuestiones económicas. Cada una de estas etapas dispondrá de las siguientes partes:

### **Etapas 1:**

1. Colocación de dos conductos rectangulares de 1,50 x 1,00m sobre calle Bartolomé Mitre entre Av. Marcial Vaudagna y el cauce del Río Xanaes.
2. Colocación de un conducto adicional de 1200mm de diámetro sobre calle Rafael Núñez entre Av. Marcial Vaudagna y calle Constancio Francisca.
3. Colocación de nuevos sumideros ventana tipo SV5, SV3, SV2 y remodelación de sumideros ventanas existentes, con sus correspondientes conductos de vinculación al conducto principal y las cámaras de empalme respectivas.

**Etapas 2:**

1. Colocación de dos conductos rectangulares de 1,50 x 1,00m sobre calle Bartolomé Mitre entre Av. Marcial Vaudagna y calle Cristóbal Colón.
2. Conducto circular de vinculación de 800 mm desarrollados por calle Constancio Francisca entre el pluvial existente de calle San Martín y nuevo pluvial de calle Bartolomé Mitre.
3. Conducto rectangular de vinculación de 2,00 x 1,00m desarrollados por calle Cristóbal Colón entre los pluviales existentes de calle San Martín y calle José A. Vocos con nuevo pluvial de calle Bartolomé Mitre.
4. Conducto circular de vinculación de 800 mm desarrollados por Av. Marcial Vaudagna entre el pluvial existente de calle José A. Vocos y nuevo pluvial de calle Bartolomé Mitre.
5. Construcción de nuevos sumideros ventana tipo SV3 en los puntos que se encuentran indicados en el plano de drenaje general, con sus correspondientes conductos de vinculación al conducto principal y las cámaras de empalme respectivas.
6. Construcción de obras de protección en los puntos de descarga al río.

**Etapas 3:**

1. Colocación de dos conductos circulares de 1200mm sobre calle Rafael Núñez entre Av. Marcial Vaudagna y la desembocadura en el Río Xanaes.
2. Colocación de un conducto rectangular de 2,00 x 0,60m sobre calle Pedro Navarro entre Av. Iliá y calle Modesto Maranzana.
3. Colocación de un conducto circular de 1000 mm por calle Deán Funes entre Modesto Maranzana y la desembocadura en el Río Xanaes.
4. Colocación de un conducto circular de 1200mm por Av. Bernardi entre calle Tomás Juárez y Av. Marcial Vaudagna.
5. Colocación de dos conductos circulares de 1200 mm por Av. Bernardi entre Av. Marcial Vaudagna y la descarga al río Xanaes.
6. Colocación de un conducto circular de 1200 mm por Av. Marcial Vaudagna entre camino a la Tordilla y Av. Bernardi.
7. Colocación de dos conductos rectangulares de 1,50 x 1,00m por calle Bartolomé Mitre desde calle Sarmiento hasta Cristóbal Colón.
8. Colocación de un conducto rectangular de 1,50 x 1,00m por calle Bartolomé Mitre desde calle 25 de Mayo hasta calle Sarmiento.
9. Colocación de un conducto rectangular de 1,50 x 1,00m por Sarmiento para la vinculación del conducto pluvial existente de José A. Vocos con el nuevo pluvial desarrollado por calle Bartolomé Mitre.
10. Colocación de un conducto circular de 1000mm por calle Sarmiento desde calle San Martín hasta el nuevo conducto pluvial de calle Bartolomé Mitre.

11. Colocación de un conducto circular de 1200 mm sobre calle Rafael Núñez entre calle Vélez Sarsfield y Constancio Francisca.
12. Colocación de un conducto rectangular de 1,20 x 0,80m por calle Vélez Sarsfield desde calle Bernardo Erb hasta calle Rafael Núñez.
13. Colocación de un conducto rectangular de 1,20 x 0,80m por calle Bernardo Erb desde calle Sarmiento hasta calle Vélez Sarsfield.
14. Construcción de nuevos sumideros ventana tipo SV3 en los puntos que se encuentran indicados en el plano de drenaje general, con sus correspondientes conductos de vinculación al conducto principal y las cámaras de empalme respectivas.
15. Construcción de obras de protección en los puntos de descarga al río.

En la imagen siguiente se puede observar la ubicación de las obras en el ámbito de la localidad.

Seguidamente se lleva a cabo el análisis hidráulico de las obras propuestas lo que permitió definir sus dimensiones de proyecto.

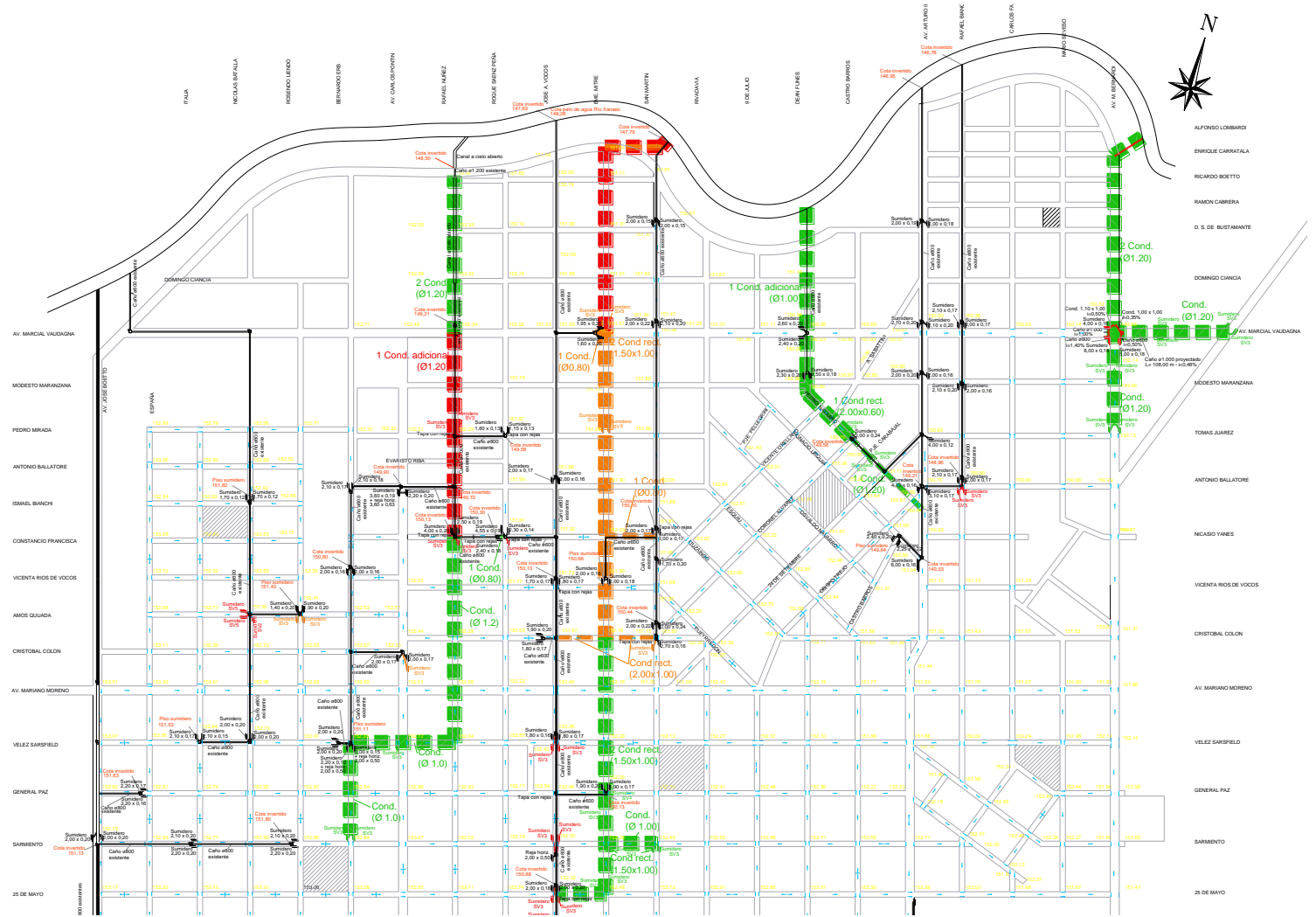


Figura 56: Obras del Plan General de Drenaje

- OBRAS ETAPA N°1
- OBRAS ETAPA N°2
- OBRAS ETAPA N°3

En la tabla siguiente se presentan las dimensiones de cada tramo y la determinación de la velocidad de escurrimiento bajo las condiciones de diseño. Se puede observar que bajo las condiciones de simulación las secciones propuestas no poseen colmada su capacidad de conducción.

A continuación, se pueden observar en paralelo el gráfico de surgencia en los nodos para la situación con y sin obra. La mejora es significativa viéndose beneficiada la mayor parte de la localidad.

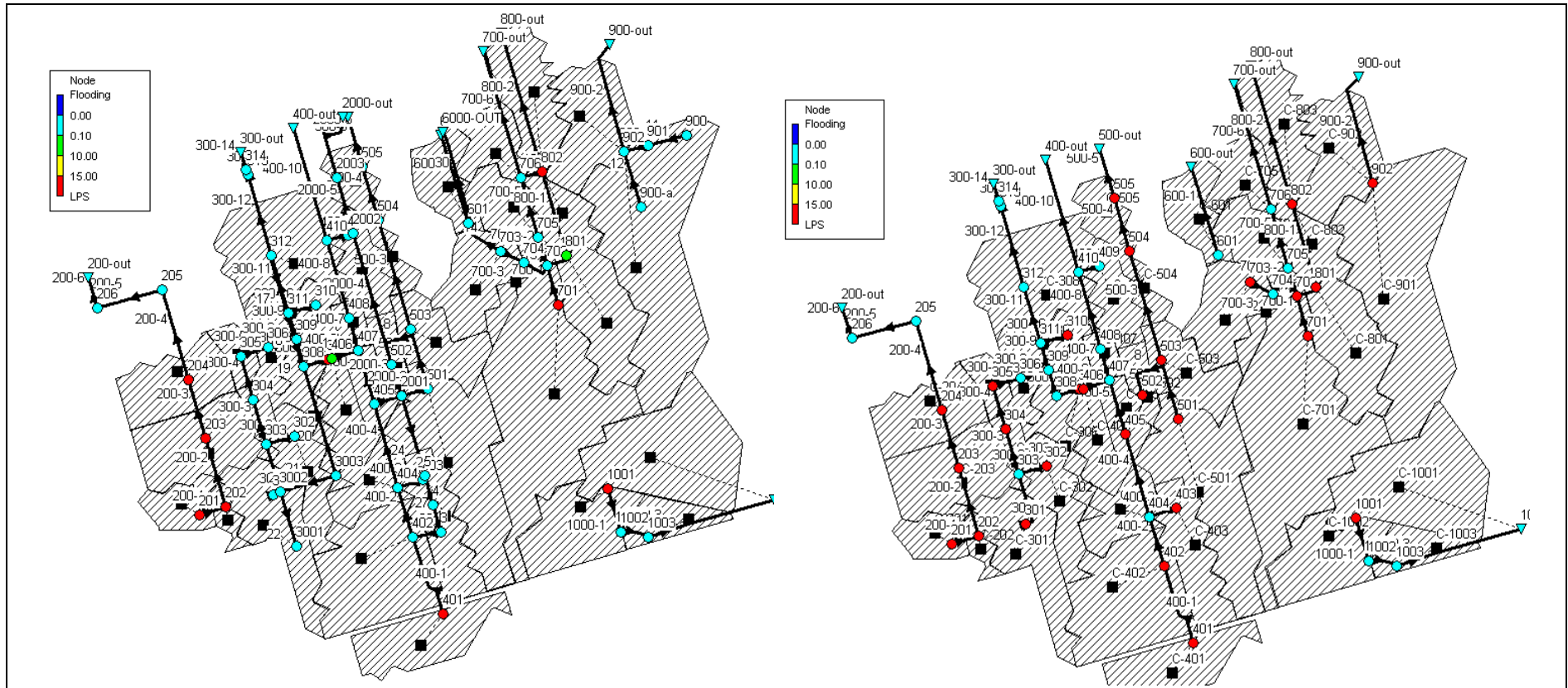


ETAPA	ITEM	SECCIÓN	CAUDAL DE DISEÑO (m3/s)	VELOCIDAD (m/s)	OBSERVACIONES
1	Conducto en calle Rafael Núñez desde Avda. Marcial Vaudagna hasta calle Constancio Francisca	diam 1200	1,39	1,23	Adicional
	Conducto en calle Bme. Mitre desde descarga en Río II hasta Av. Marcial Vaudagna	2 x 1,5m x 1m	5,2	1,73	Obra principal
	Sumideros en sistema Existente				
	Conductos de Vinculación con Sumideros	diam 600	0,32	1,13	
2	Conducto en calle Bme. Mitre desde Av. Marcial Vaudagna hasta calle Cristóbal Colón	2 x 1,5m x 1m	5	1,67	Obra principal
	Conducto en calle Cristóbal Colón entre calle José A. Vocos y Calle Bme. Mitre	1 x 2m x 1m	1,22	0,61	vínculo con obra principal
	Conducto en calle Cristóbal Colón entre calle San Martín y Calle Bme. Mitre	1 x 2m x 1m	1,6	0,80	vínculo con obra principal
	Conducto en calle Constancio Francisca entre calle San Martín y Calle Bme. Mitre	diam 800	0,55	1,09	vínculo con obra principal
	Sumideros				
	Conductos de Vinculación con Sumideros	diam 600	0,32	1,13	
	Obra de Descarga				
3	Conducto en calle Rafael Núñez desde descarga en Río II hasta Avda. Marcial Vaudagna	2 x diam 1200	4,57	2,02	

ETAPA	ITEM	SECCIÓN	CAUDAL DE DISEÑO (m3/s)	VELOCIDAD (m/s)	OBSERVACIONES
	Conducto en calle Rafael Núñez desde calle Constancio Francisca hasta calle Vélez Sarsfield	diam 1200	1,34	1,19	
	Conducto en calle Vélez Sarsfield desde calle Rafael Núñez hasta calle Bernardo Erb	1 x 1,2m x 0,8m	1,34	1,40	
	Conducto en calle Bernardo Erb desde calle Vélez Sarsfield hasta calle Sarmiento	1 x 1,2m x 0,8m	1,48	1,54	
	Conducto en calle Bme. Mitre desde calle Cristóbal Colón hasta calle Sarmiento	2 x 1,5m x 1m	2,12	0,71	
	Conducto en calle Bme. Mitre desde calle Sarmiento hasta calle 25 de Mayo	1,5m x 1m	1,34	0,89	
	Conducto en calle 25 de Mayo desde calle Bme. Mitre hasta calle José A. Vocos	1,5m x 1m	1,58	1,05	
	Conducto en calle Sarmiento entre calle San Martín y Calle Bme. Mitre	diam 1000	1	1,27	
	Conducto en calle Pedro Navarro desde calle Modesto Maranzana hasta Avda. Arturo Illia	1 x 2m x 0,6m	1,81	1,51	
	Conducto en calle Deán Funes desde descarga en Río II hasta calle Modesto Maranzana	diam 1000	1,7	2,17	Adicional al existente
	Conducto en calle Bernardi desde descarga en Río II hasta Avda. Marcial Vaudagna	2 x diam 1200	3,68	1,63	
	Conducto en calle Bernardi desde Avda. Marcial Vaudagna hasta calle Tomas Juárez	diam 1200	2	1,77	
	Conducto en calle Marcial Vaudagna desde camino vecinal hasta calle Bernardi	diam 1200	2	1,77	

ETAPA	ITEM	SECCIÓN	CAUDAL DE DISEÑO (m3/s)	VELOCIDAD (m/s)	OBSERVACIONES
	Sumideros				
	Conductos de Vinculación con Sumideros	diam 600	0,32	1,13	
	Obra de Descarga				

*Tabla 9: Obras del Plan General de Drenaje.*



**Figura 57: Nodos con surgencia – Situación CON OBRA (izquierda) vs Situación SIN OBRA (derecha) – EPASWMM**

### 7.2.1. Obra Sobre Bartolomé Mitre.

La obra propuesta en calle Bartolomé Mitre junto a sus conducciones secundarias que lo vinculan con los conductos existentes en calles San Martín y José A. Vocos conforman una de las obras de mayor interés en el Plan general de Drenaje. En este sector los conductos existentes que manifiestan en la actualidad surgencia en muchos de los nodos simulados (hecho que ha sido ratificado por personal municipal) dejarán de experimentarla para un evento simulado de 60 mm de lámina total.

Tal como se puede apreciar en el plano con el Plan General de Obras, la misma comenzará su ejecución en la primera etapa del plan y será concluida en la tercera etapa. La obra avanzará progresivamente desde su desembocadura hasta alcanzar la calle 25 de Mayo.

A continuación, se presenta la tabla con las dimensiones de los conductos tipo LENTA donde se indican los propuestos para la obra de alivio. La fundamentación de emplear este tipo de elemento es que no requiere de una tapada mínima evitando la profundización excesiva en sectores llanos además de la rapidez para su ejecución. No obstante, el contratista podrá ejecutarla de H<sup>0</sup> in situ si logra garantizar la adecuada resistencia estructural.

La sección rectangular permite lograr una elevada capacidad hidráulica con escasa altura.

La figura siguiente esquematiza este producto y su forma de colocación.

ANCHO	ALTO	LARGO	
1,2	0,8	1,4	
1,2	1	1	
1,2	1,2	1	
1,5	0,6	1	
1,5	0,8	1	
1,5	1	1	DOS EN PARALELO SOBRE CALLE BM. MITRE DESDE LA DESEMBOCADURA HASTA CALLE SARMIENTO
1,5	1,2	1	
2	0,6	1	
2	0,8	1	
2	1	1	UNO EN CONEXIONES CON CONDUCTOS EXISTENTES
2	1,2	1	
2	1,5	1	
2	2	1	

**Tabla 10: Medidas disponibles de Módulos Tipo Pórtico® (Medidas de luces interiores, en metros)**

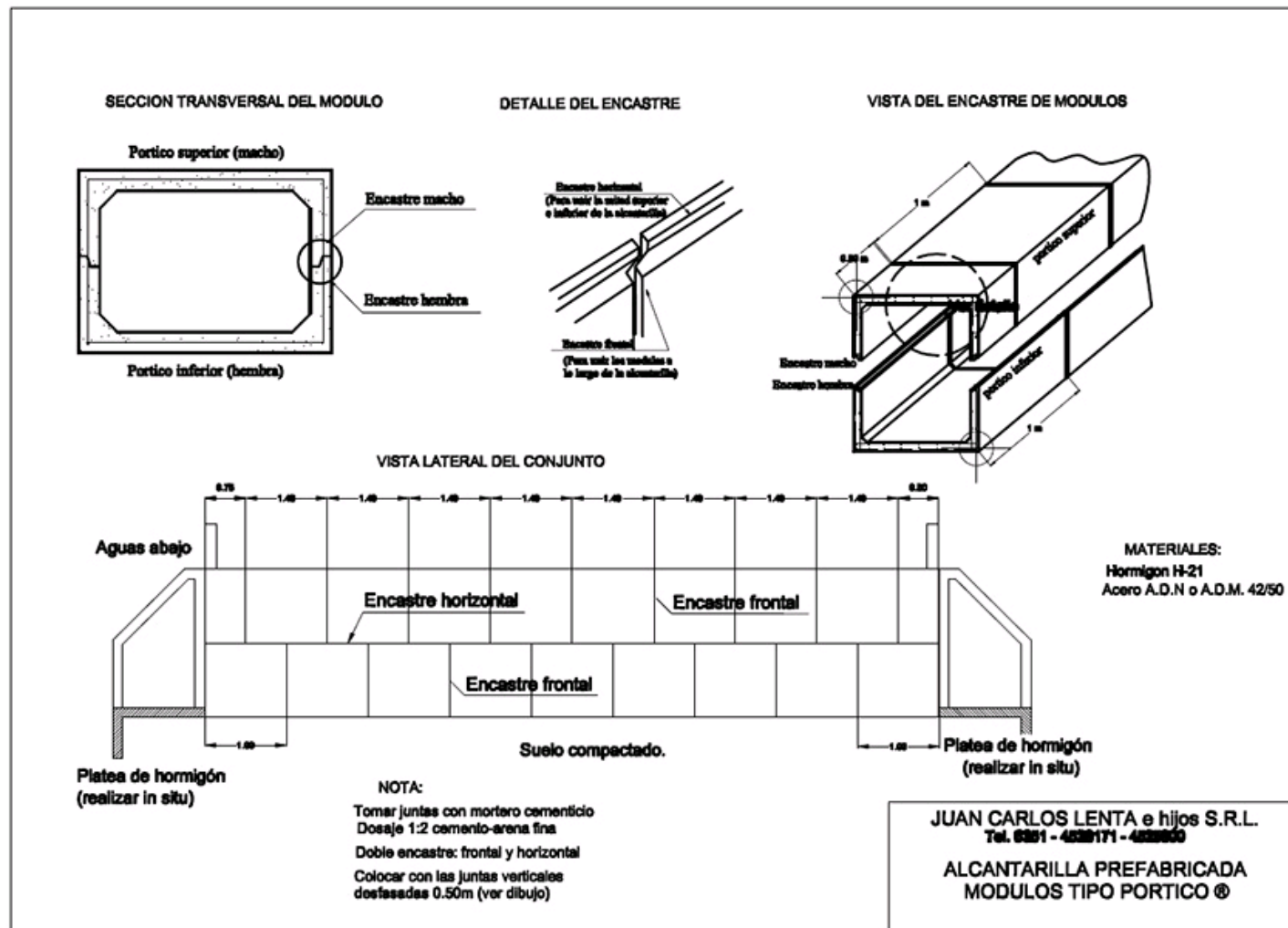
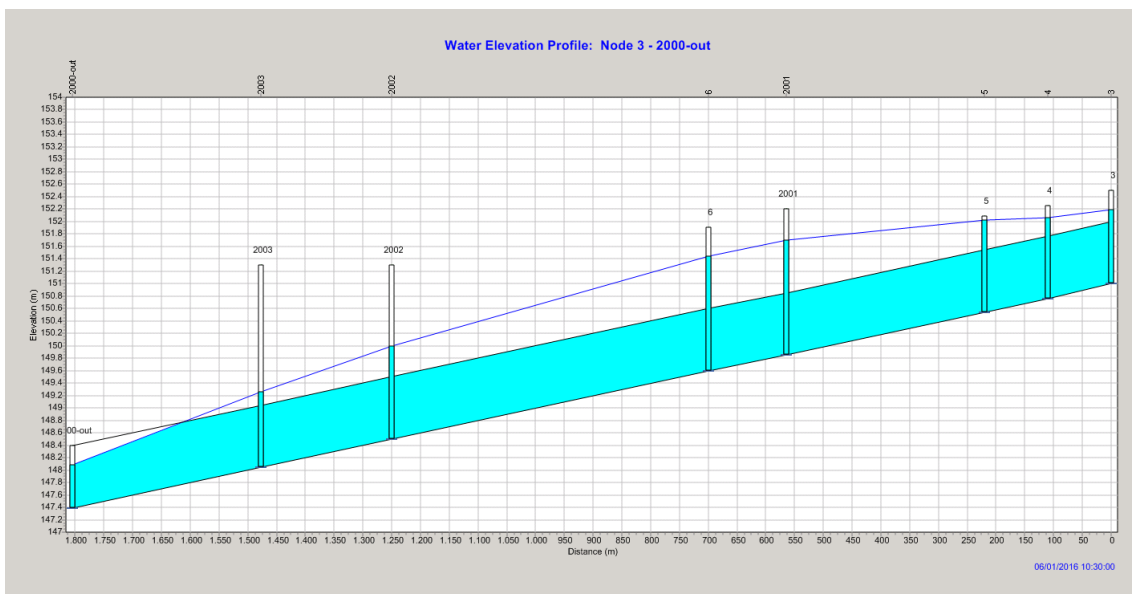


Figura 58: Sección tipo LENTA – Fuente: Juan Carlos Lenta e hijos S.R.L.

### 7.2.2.1. Análisis de Obra de alivio propuesta

Se realizó la modelación matemática en EPASWMM acorde a la discretización en subcuencas previamente presentada incorporando el nuevo conducto propuesto, desagregando las cuencas en función de los secundarios aportantes a los emisarios principales.

El perfil longitudinal sobre la obra propuesta (completamente ejecutada), que se presenta en la imagen siguiente, permite valorar la aptitud de la misma para el evento de simulación en el momento de mayor caudal. Según este modelo, durante el tránsito del pico del hidrograma la misma llegará a trabajar bajo condiciones de carga hidráulica sin que ocurra surgencia en las bocas de la misma.



**Figura 59: Perfil sobre el conducto propuesto – Instante pico – EPASWMM**

Los siguientes gráficos presentan los nodos donde ocurre el derrame a la red vial (surgencia) para la tormenta con las características citadas en el instante más crítico, bajo las condiciones actuales y con la incorporación de la obra propuesta.

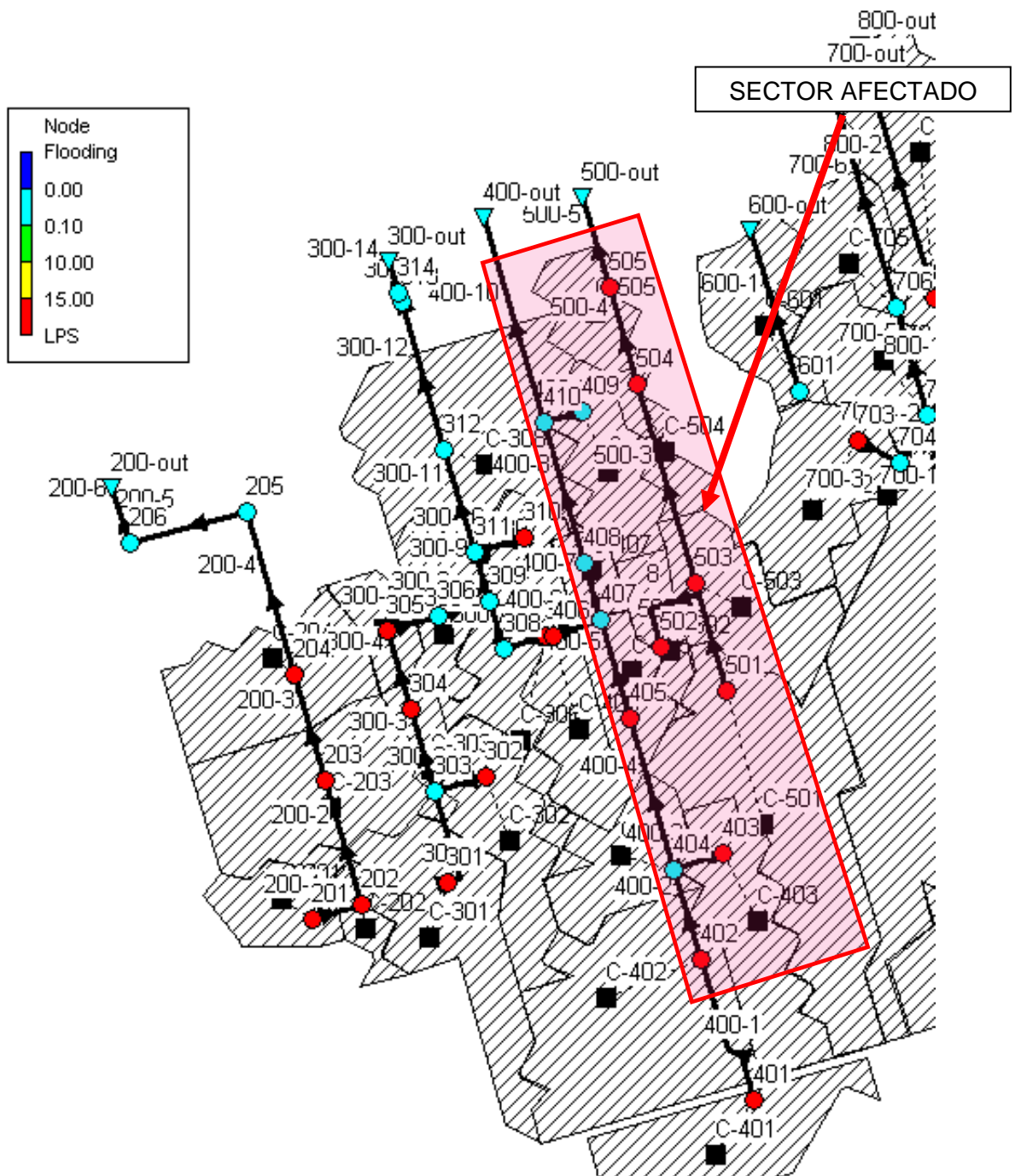


Figura 60: Nodos con surgencia SIN OBRA. Lámina total: 60mm





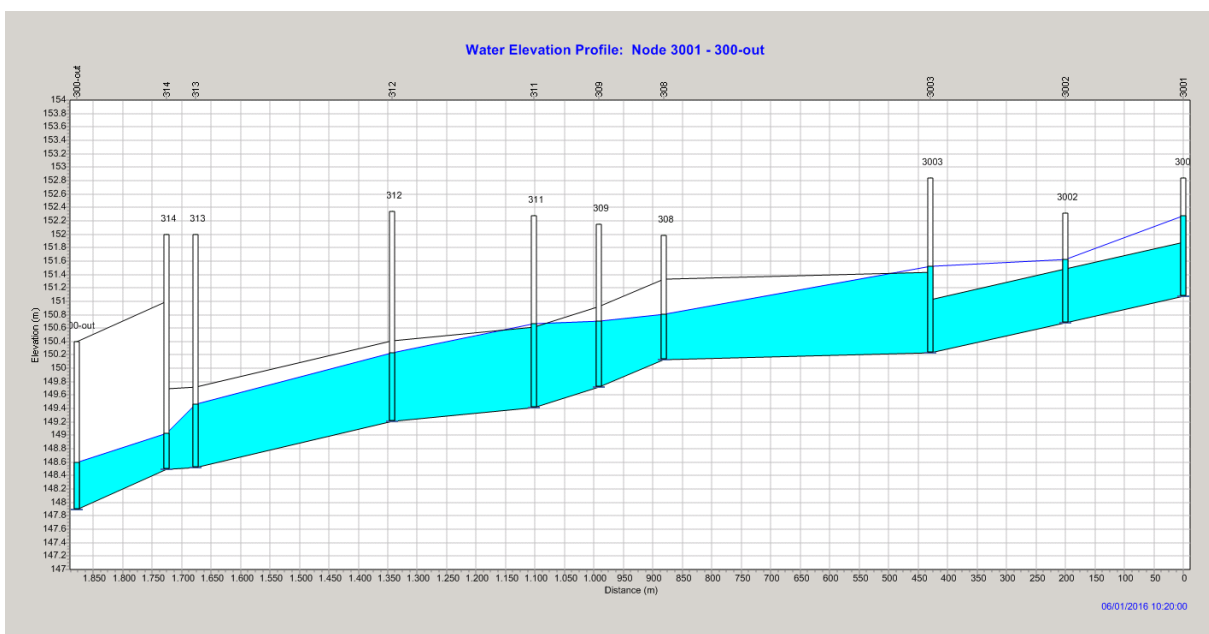
En su inicio esta conducción se encuentra actualmente conformada por un canal a cielo abierto de gran profundidad por lo que no constituye un limitante en la capacidad de conducción por lo que su entubamiento se proyecta ejecutarlo en la tercera etapa del Plan General de Obras.

Durante la primera etapa se desarrollará el tramo comprendido entre las calles Marcial Vaudagna y Constancio Francisca consistente en la colocación de un conducto adicional en diámetro 1200 mm. En la tercera etapa este conducto se extenderá hasta la calle Sarmiento y el tramo hasta la desembocadura en el Río Xanaes. Será entubado por medio de dos conductos circulares de 1200mm.

La extensión de la obra hacia aguas arriba se efectuará sobre calle Rafael Núñez entre calle Vélez Sarsfield y Constancio Francisca por medio de un conducto circular de 1200 mm. A partir de este punto la baja tapada requiere de una conducción con capacidad de soporte estructural. Se propone la colocación de un conducto rectangular de 1,20 x 0,80m tipo LENTA por calle Vélez Sarsfield desde calle Rafael Núñez hasta calle Bernardo Erb y continuando por calle Bernardo Erb hasta calle Sarmiento.

#### 7.2.2.1. Análisis de Obra de alivio propuesta

El perfil longitudinal de la obra propuesta (en toda su extensión), junto al perfil hidráulico para el evento de simulación en el momento de mayor caudal muestra que dicho conducto llegará a trabajar bajo condiciones de carga hidráulica sin que ocurra surgencia en las bocas de la misma.



**Figura 62: Perfil sobre el conducto propuesto – Instante pico – EPASWMM**

Los siguientes gráficos presentan los nodos donde ocurre el derrame a la red vial (surgencia) para la tormenta con las características citadas en el instante más crítico, bajo las condiciones actuales y con la incorporación de la obra propuesta.

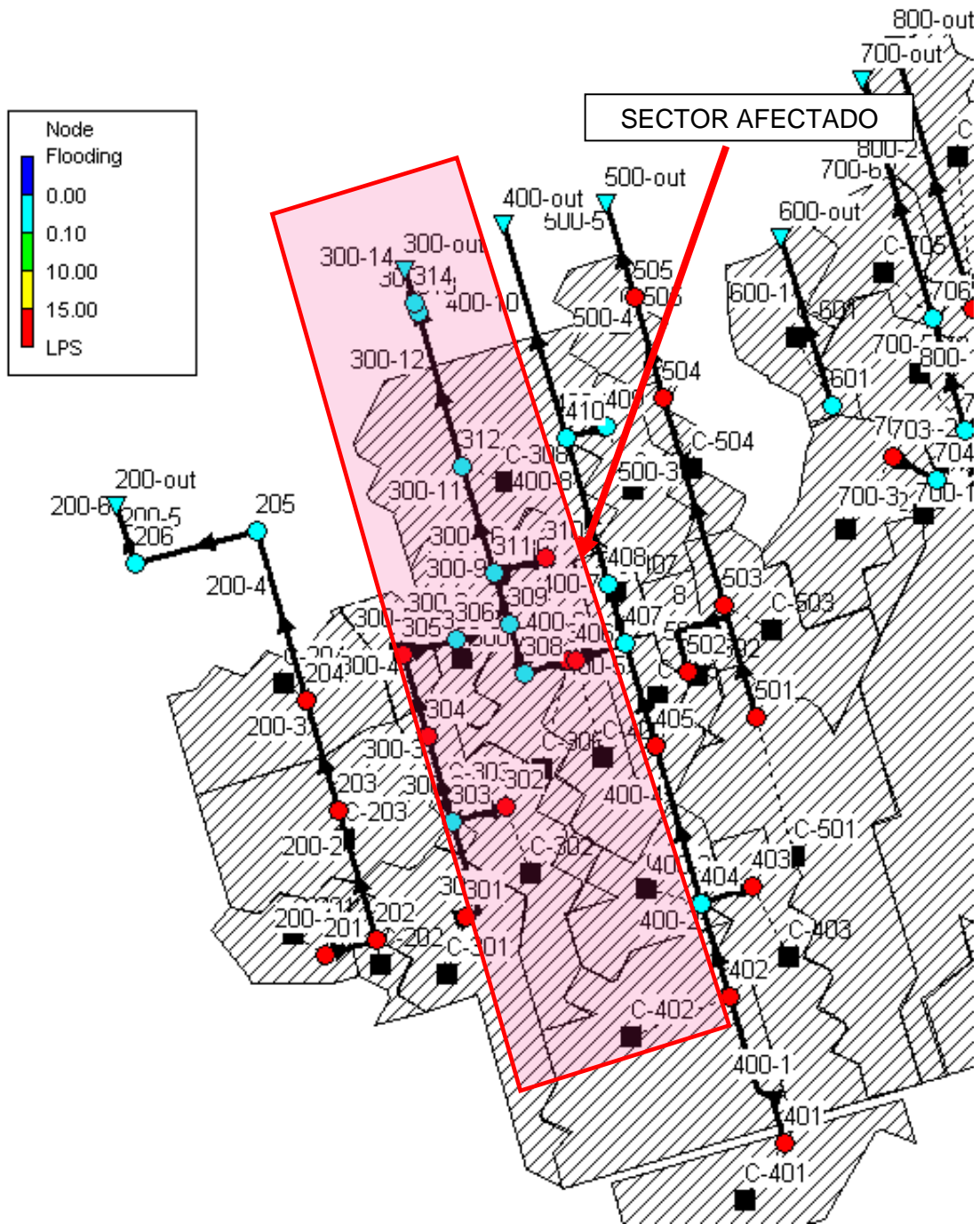
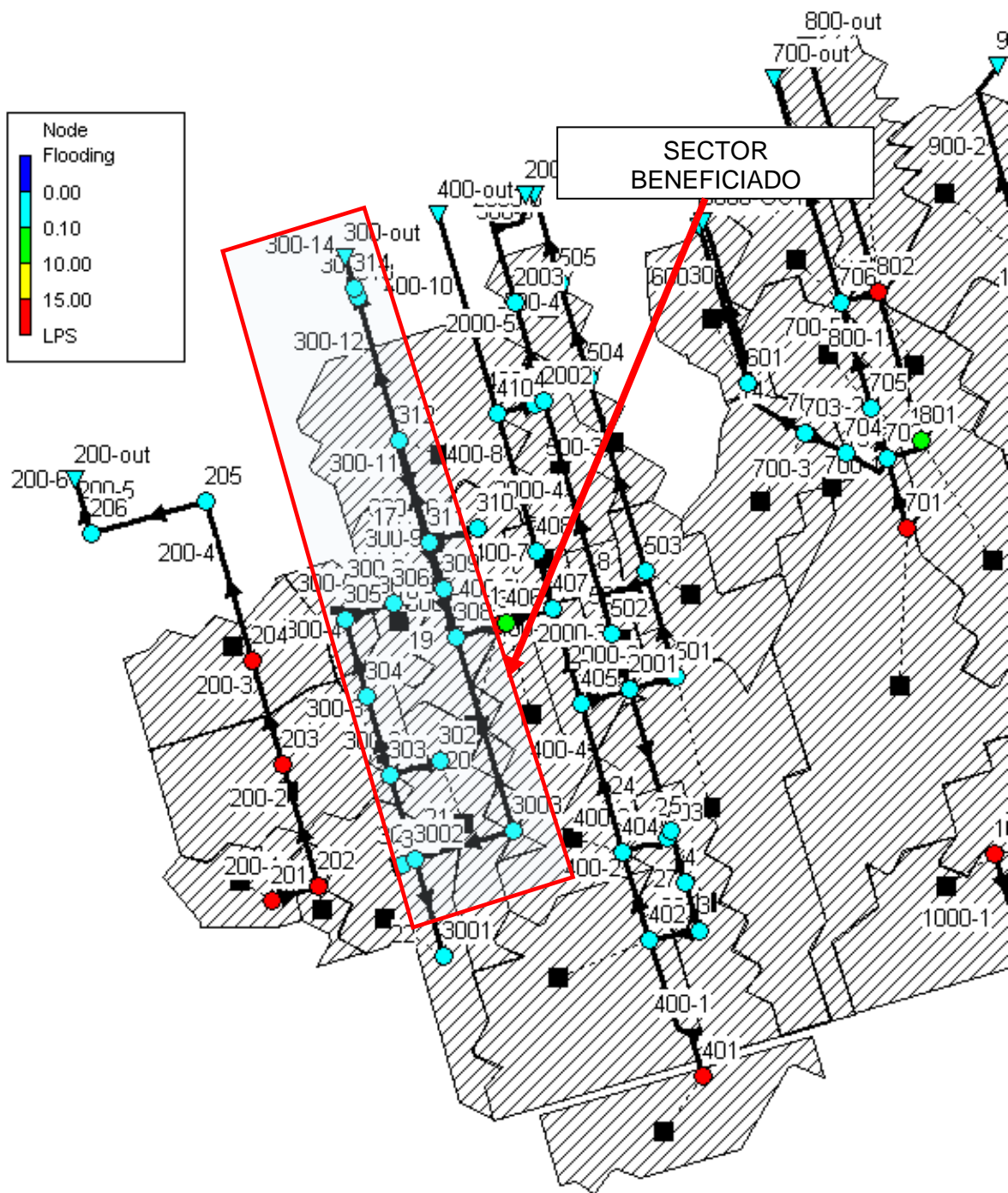


Figura 63: Nodos con surgencia SIN OBRA. Lámina total: 60mm



**Figura 64: Nodos con surgencia CON OBRA. Lámina total: 60mm**

Durante la visita a la localidad en el mes de Noviembre se pudo observar la construcción del tramo final del desagüe de Rafael Núñez, desde la costanera hasta su desembocadura en el Río Xanaes, en la zona del balneario municipal. El sumidero consta de dos caños de hormigón armado de diámetro interno 1,20 m. colocados en paralelo.



*Figura 65: Obra sobre tramo final de calle Rafael Nuñez.*

### **7.2.3. Obra Sobre Deán Funes**

La obra en calle Deán Funes consiste en la ampliación de la capacidad de conducción actual por medio de un conducto adicional de 1000 mm paralelo al existente de 800 mm. Esta ampliación se extiende desde la desembocadura hasta la calle Modesto Maranzana cubriendo una longitud aproximada de 370 m y la ejecución de una obra de descarga.

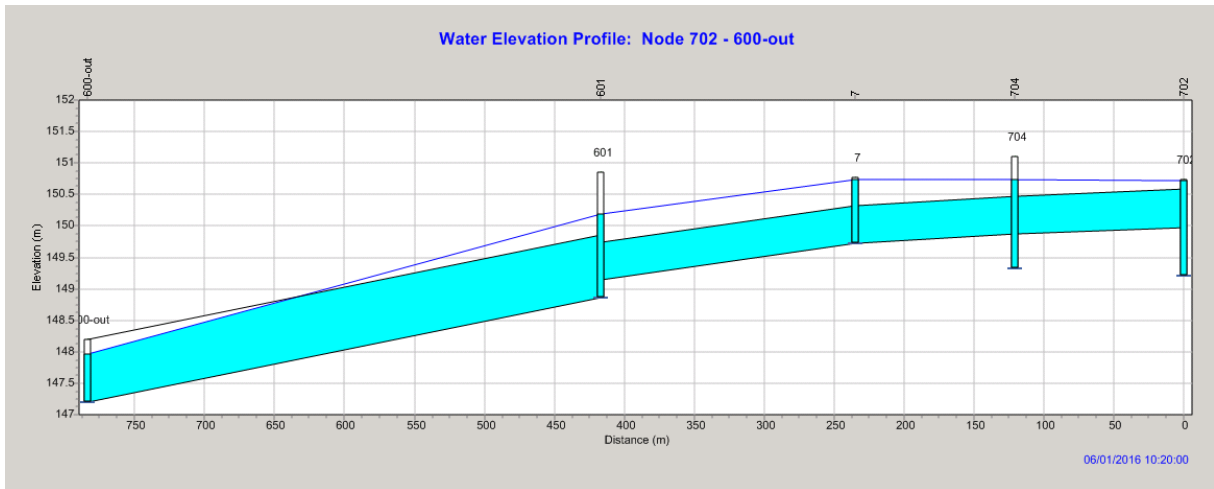
A partir de la cámara que se ubicará en la intersección de la calle Deán Funes con Modesto Maranzana se extenderá un conducto rectangular tipo lenta de 2,0x0.6 por calle Pedro Navarro hasta su encuentro con el conducto existente de diámetro 800 mm en calle Pte. Arturo Illia.

Esta obra se ejecutará en la tercera etapa del Plan General de Obras.

#### **7.2.3.1. Análisis de Obra de alivio propuesta**

El perfil longitudinal de la obra propuesta (en toda su extensión), junto al perfil hidráulico

para el evento de simulación en el momento de mayor caudal muestra que dicho conducto llegará a trabajar bajo condiciones de carga hidráulica disminuyendo los puntos de surgencia en el sector.



**Figura 66: Perfil sobre el conducto propuesto – Instante pico – EPASWMM**

Los siguientes gráficos presentan los nodos donde ocurre el derrame a la red vial (surgencia) para la tormenta con las características citadas en el instante más crítico, bajo las condiciones actuales y con la incorporación de la obra propuesta.

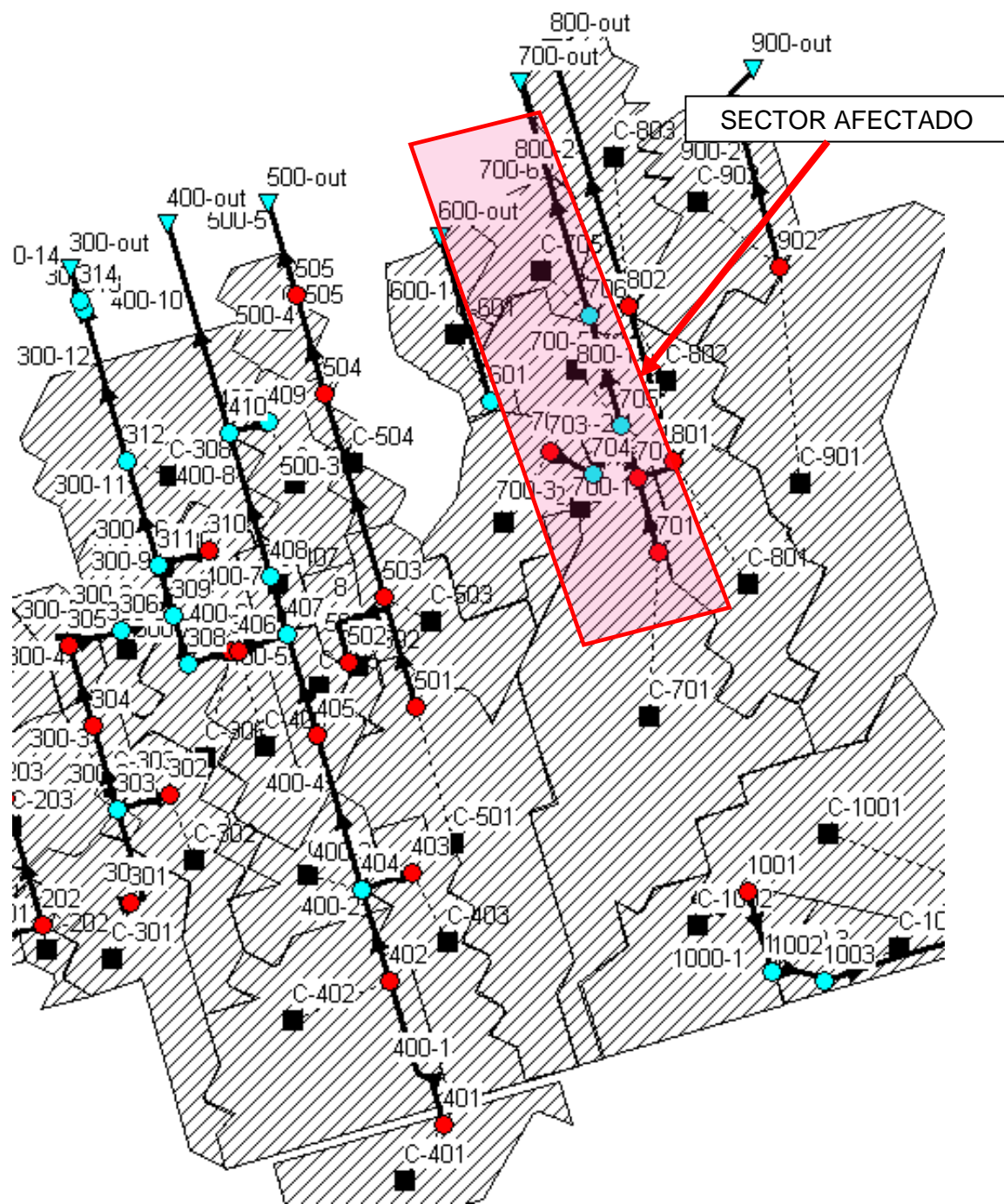


Figura 67: Nodos con surgencia SIN OBRA. Lámina total: 60mm

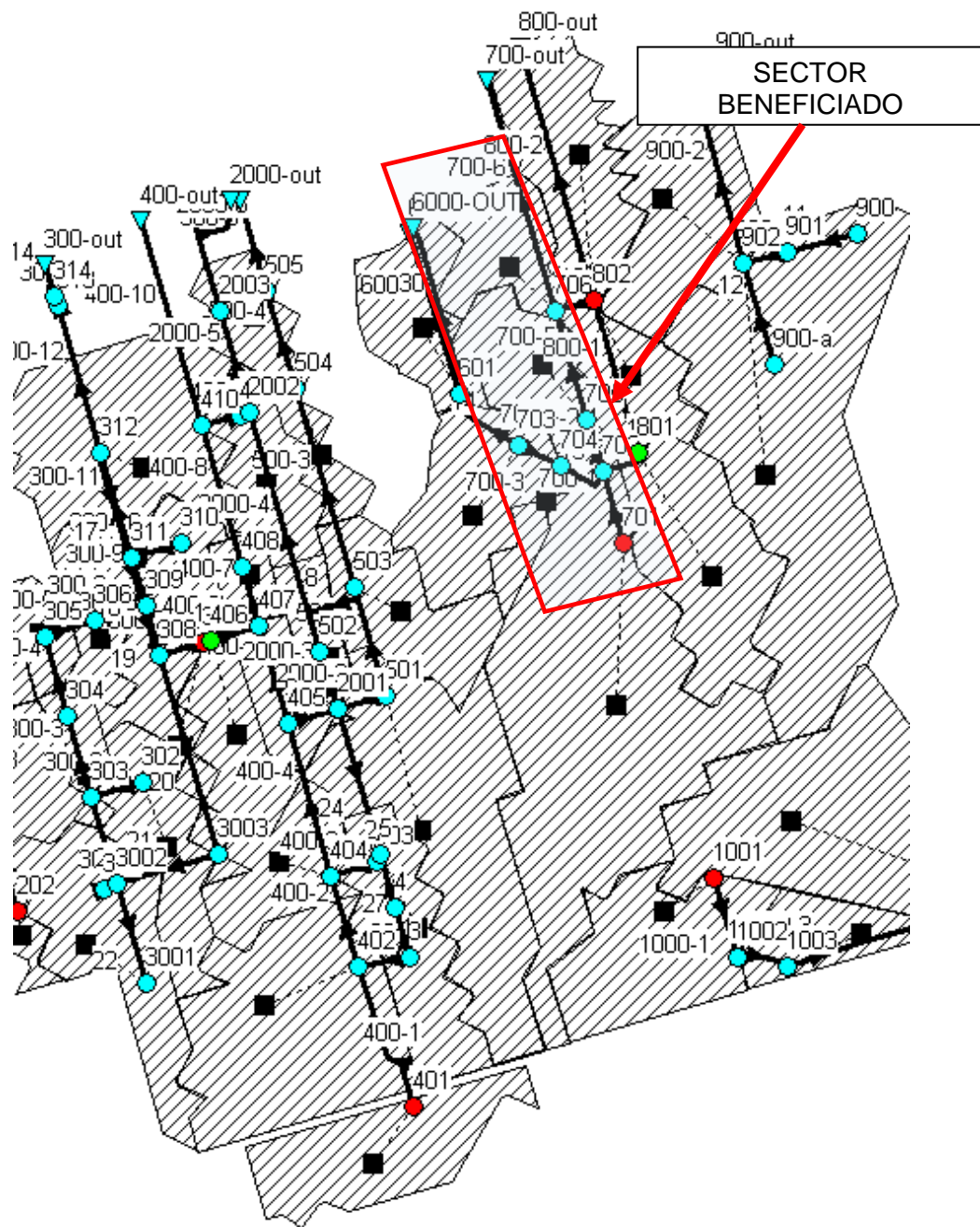


Figura 68: Nodos con surgencia CON OBRA. Lámina total: 60mm

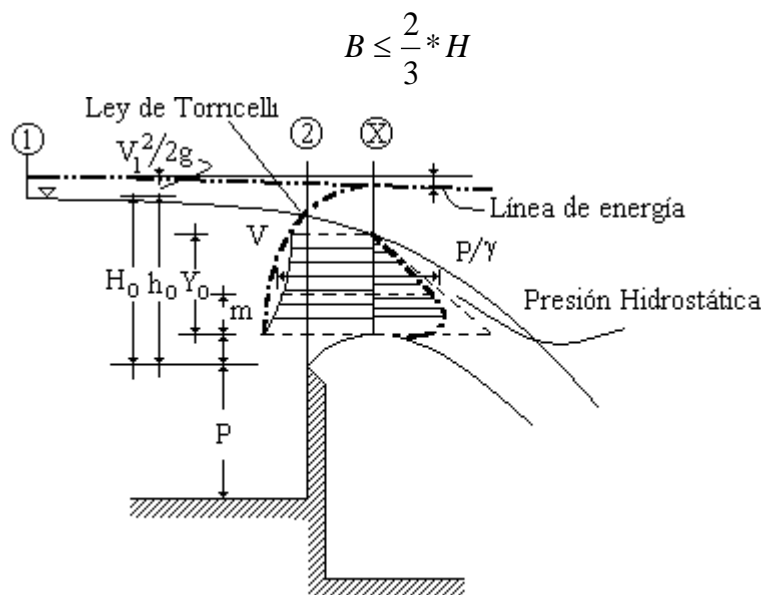


## CAPÍTULO 8: SUMIDEROS

Dentro de las obras que se plantean es necesario incorporar estructuras de captación.

Para el diseño de las mismas se determinó la capacidad de evacuación de las mismas y se las contrastó con los caudales máximos de las cuencas de manera de compatibilizar la oferta de evacuación con los excedentes hídricos que se generan en la cuenca.

Para la determinación de la capacidad de captación del sumidero y atento a las dimensiones que presenta la misma se planteó su funcionamiento como el correspondiente a un vertedero de pared delgada ya que se cumple la siguiente relación:



**Figura 69: Vertedero de pared delgada.**

De acuerdo a los resultados de las experiencias de laboratorio, se adopta conservadoramente un coeficiente de gasto de 1,75, el cual contempla la variación de la lámina de agua a lo largo de la estructura.

La expresión utilizada para calcular el caudal en un vertedero de pared delgada resulta:

$$Q = C * L * H^{3/2}$$

Donde  $Q$  es el caudal ( $m^3/s$ ),  $L$  es la longitud del vertedero (m),  $H$  es el tirante del pelo de agua sobre el umbral del vertedero (m) y  $C$  es el coeficiente de gasto.

Para SV1

$$Q = C * L * H^{3/2} = 1,75 * 1,00 * 0,20^{3/2} = 0,16 m^3 / s$$

Para SV2

$$Q = C * L * H^{3/2} = 1,75 * 2,00 * 0,20^{3/2} = 0,31 m^3 / s$$

Para SV3

$$Q = C * L * H^{3/2} = 1,75 * 3,00 * 0,20^{3/2} = 0,47 m^3 / s$$

Para SV5

$$Q = C * L * H^{3/2} = 1,75 * 5,00 * 0,20^{3/2} = 0,78m^3 / s$$

Durante la visita en el mes de Noviembre se pudo observar la construcción de nuevos sumideros y la ampliación de las bocas de tormentas en aquellas zonas críticas de la ciudad, indicadas en el proyecto integral. Si bien estas obras no reducirán drásticamente los niveles de agua alcanzados durante lluvias torrenciales, son necesarias para compatibilizar las captaciones con lo que serán las futuras obras de desagües.



*Figura 70: Nueva boca de tormenta.*



*Figura 71: Nueva boca de tormenta en la esquina de D. Ciancia y Deán Funes.*

## CAPITULO 9: VERIFICACIONES

### 9.1. Verificación hidráulica de calzada

Con el objeto de verificar la capacidad hidráulica de las calzadas de la ciudad, se ha considerado un perfil tipo con un ancho de 7,00m, un cordón de vereda con una altura de 15 cm y una pendiente longitudinal del 0,20% que resulta un valor característico de las calzadas de la ciudad.

A continuación, se presenta un resumen con los parámetros geométricos e hidráulicos más importantes de la sección.

Descripción del proyecto	
Hoja de trabajo	Calle
Elemento de Flujo	Calzada tipo
Método	Formula Manning
Solución para	<u>Descarga</u>

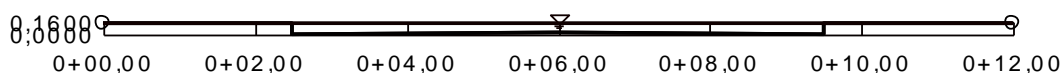
  

Datos de ingreso	
Coefficiente de manning	0.013
Pendiente	0.0020
Ancho de solera	7.00
Profundidad	0.15

Resultados	
Descarga	20.57 m <sup>3</sup> /s
Área de flujo	0.90 m <sup>2</sup>
Perímetro mojado	7.30 m
Ancho superior	7.00 m
Profundidad crítica	0.15 m
Pendiente crítica	0.003881 m/m
Velocidad	0.61 m/s
Altura de Velocidad	0.02 m
Energía específica	0.17 m
Número de Froude	0.71
Tipo de flujo	Subcrítico

Para la determinación de la disposición planimetría de los sumideros se ha adoptado el caudal calculado en el punto anterior a fin de que el tirante no exceda para la tormenta de proyecto, el nivel del cordón de vereda, permitiéndose de esta manera la normal circulación de los peatones por la vereda. A continuación, se encuentra el detalle de la sección tipo adoptada para la verificación.



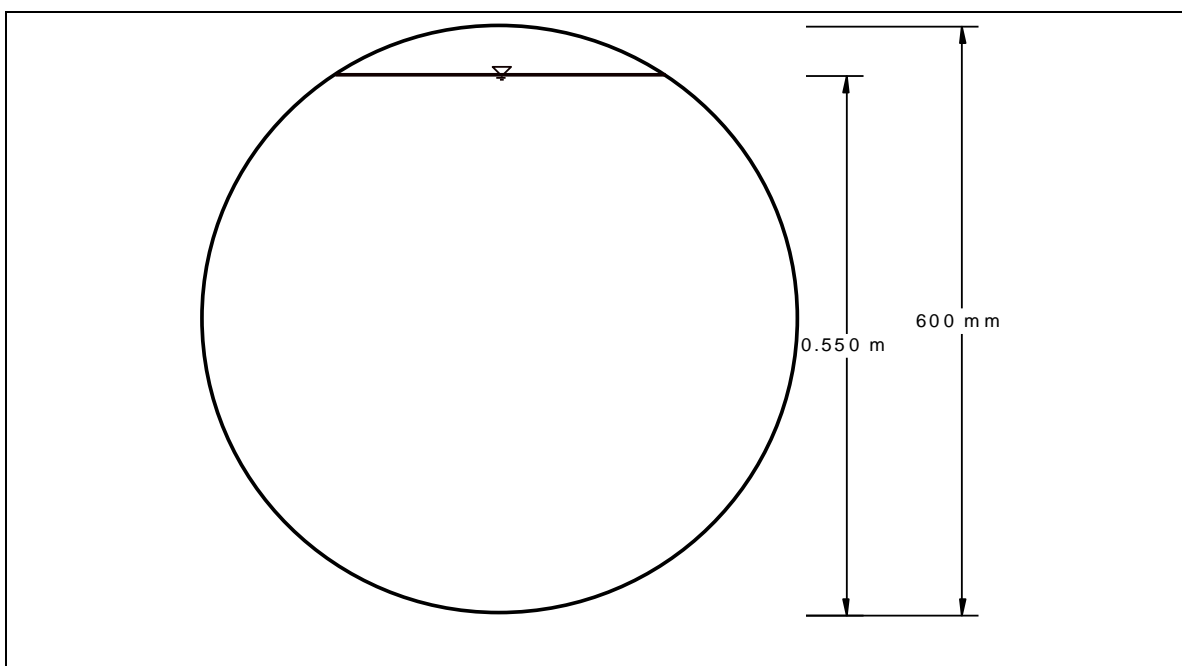
### 9.2. Verificación de conductos de vinculación

En función del caudal de diseño para el sumidero tipo SV5, que resulta desde el punto de vista hidráulico el que mayor caudal transporta, se han verificado los conductos

circulares de vinculación entre las cámaras de los sumideros y el conducto principal. De acuerdo a lo determinado anteriormente el caudal de verificación resultó de 0,78 m<sup>3</sup>/s.

El conducto seleccionado para la vinculación entre los sumideros de todas las tipologías y las conducciones principales resultó de 600 mm, adoptándose una pendiente longitudinal del 1,50%, resultando por tal motivo las siguientes características hidráulicas de la sección.

Descripción del proyecto	
Conducción	Conducto 600mm
Tipo de entubamiento	Conducto circular
Método	Fórmula de Manning
Resolver para	Descarga
Dato de ingreso	
Coefficiente Manning	0.013
Pendiente	0.0150 m/m
Profundidad	0.550 m
Diámetro	600 mm
Resultado	
Descarga	0.8064 m <sup>3</sup> /s
Área de flujo	0.30 m <sup>2</sup>
Perímetro mojado	1.53 m
Ancho de boca	0.33 m
Tirante crítico	0.56 m
Porcentaje lleno	91,70 %
Pendiente crítica	0.014927 m/m
Velocidad	2.97 m/s
Altura de velocidad	0.45 m
Energía específica	1.00 m
Número de Froude	1.05
Máxima Descarga	0.7520 m <sup>3</sup> /s
Tipo de flujo	Supercrítico



**Figura 72: Conducto de vinculación para sumideros 600mm**

## CAPÍTULO 10: CÓMPUTO

COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO								
PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO								
ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES	
1								
	1	<b>Conducto en calle Rafael Núñez desde Avda. Marcial Vaudagna hasta calle Constancio Francisca</b>	diam 1200	m	456,4			
	1.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	958,4	<b>291,54</b>	279423,6	
	1.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 3,3m)		m3	3162,9	<b>170,78</b>	540151,9	
	1.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	143,8	<b>399</b>	57362,6	
	1.4	Conductos de Hº diam 1200 mm		m	456,4	<b>2998</b>	1368287,2	
	1.5	Colocación de cañería		m	456,4	<b>620</b>	282968,0	
	1.6	Relleno y compactación de zanja		m3	2503,2	<b>214,11</b>	535954,0	
	1.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>21000</b>	21000,0	
	1.8	Reposición de Pavimento		m3	143,8	<b>600</b>	86259,6	
	1.9	Cámaras de Vinculación		un	2,0	<b>52000</b>	104000,0	
	2	<b>Conducto en calle Bme. Mitre desde descarga en Río II hasta Av. Marcial Vaudagna</b>	2 x 1,5m x 1m	m	555			
	2.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	2164,5	<b>291,54</b>	631038,3	
	2.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,8m)		m3	6060,6	<b>170,78</b>	1035029,3	
	2.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	324,7	<b>399</b>	129545,3	
	2.4	Conductos Tipo Lenta 1,5mx1,0m (incluye traslado)		m	1110,0	<b>6664</b>	7397040,0	
	2.5	Colocación de módulos		m	1110,0	<b>384</b>	426240,0	
	2.6	Relleno y compactación de zanja		m3	4070,9	<b>214,11</b>	871625,8	

**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES	
	2.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	21000	21000,0	
	2.8	Reposición de Pavimento		m3	324,7	600	194805,0	
	2.9	Cámaras de Vinculación		un	3,0	52000	156000,0	
	3	<b>Sumideros en sistema Existente</b>						
	3.1	SV1		un	0,0			
	3.2	SV2		un	1,0	29349,23751	29349,2	
	3.3	SV3		un	15,0	38020,80972	570312,1	
	3.4	SV5		un	2,0	55363,95	110727,9	
	4	<b>Conductos de Vinculación con Sumideros</b>	diam 600					
	4.1	Diámetro 600 mm		m	216,0	1150	248400,0	
	4.2	Colocación de cañería		m	216,0	466	100656,0	
	<b>TOTAL ETAPA Nº1</b>							<b>15197175,9</b>
	2	5	<b>Conducto en calle Bme. Mitre desde Av. Marcial Vaudagna hasta calle Cristóbal Colón</b>	2 x 1,5m x 1m	m	678		
5.1		Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	2644,2	291,54	770890,1	
5.2		Excavación y retiro a depósito (prof media 2,8m)		m3	7403,8	170,78	1264414,1	

**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES	
	5.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	396,6	<b>399</b>	158255,4	
	5.4	Conductos Tipo Lenta 1,5mx1,0m (incluye traslado)		m	1356,0	<b>6664</b>	9036384,0	
	5.5	Colocación de módulos		m	1356,0	<b>384</b>	520704,0	
	5.6	Relleno y compactación de zanja		m3	4973,1	<b>214,11</b>	1064796,9	
	5.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>21000</b>	21000,0	
	5.8	Reposición de Pavimento		m3	396,6	<b>600</b>	237978,0	
	5.9	Cámaras de Vinculación		un	3,0	<b>52000</b>	156000,0	
	6	<b>Conducto en calle Cristóbal Colón entre calle José A. Vocos y Calle Bme. Mitre</b>	1 x 2m x 1m	m	108			
	6.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	313,2	<b>291,54</b>	91310,3	
	6.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,43m)		m3	761,1	<b>170,78</b>	129976,6	
	6.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	47,0	<b>399</b>	18745,0	
	6.4	Conductos Tipo Lenta 2,0mx1,0m (incluye traslado)		m	108,0	<b>8224</b>	888192,0	
	6.5	Colocación de módulos		m	108,0	<b>384</b>	41472,0	
	6.6	Relleno y compactación de zanja		m3	498,1	<b>214,11</b>	106647,3	
	6.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>11000</b>	11000,0	
	6.8	Reposición de Pavimento		m3	47,0	<b>600</b>	28188,0	
	6.9	Cámaras de Vinculación		un	1,0	<b>52000</b>	52000,0	
	7	<b>Conducto en calle Cristóbal Colón entre calle San Martín y Calle Bme. Mitre</b>	1 x 2m x 1m	m	109			

**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES	
	7.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	316,1	<b>291,54</b>	92155,8	
	7.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,22m)		m3	701,7	<b>170,78</b>	119843,5	
	7.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	47,4	<b>399</b>	18918,6	
	7.4	Conductos Tipo Lenta 2,0mx1,0m (incluye traslado)		m	109,0	<b>8224</b>	896416,0	
	7.5	Colocación de módulos		m	109,0	<b>384</b>	41856,0	
	7.6	Relleno y compactación de zanja		m3	436,3	<b>214,11</b>	93422,0	
	7.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>11000</b>	11000,0	
	7.8	Reposición de Pavimento		m3	47,4	<b>600</b>	28449,0	
	7.9	Cámaras de Vinculación		un	1,0	<b>52000</b>	52000,0	
	8	<b>Conducto en calle Constancio Francisca entre calle San Martín y Calle Bme. Mitre</b>	diam 800	m	111			
	8.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	155,4	<b>291,54</b>	45305,3	
	8.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,40m)		m3	373,0	<b>170,78</b>	63694,1	
	8.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	23,3	<b>399</b>	9300,7	
	8.4	Conductos de Hº diam 800 mm		m	111,0	<b>1540</b>	170940,0	
	8.5	Colocación de cañería		m	111,0	<b>466</b>	51726,0	
	8.6	Relleno y compactación de zanja		m3	293,9	<b>214,11</b>	62923,4	
	8.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>11000</b>	11000,0	
	8.8	Reposición de Pavimento		m3	23,3	<b>600</b>	13986,0	
	8.9	Cámaras de Vinculación		un	1,0	<b>52000</b>	52000,0	



**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES
	9	<b>Sumideros</b>					
	9.1	<b>SV1</b>		un			
	9.2	<b>SV2</b>		un		<b>29349,23751</b>	
	9.3	<b>SV3</b>		un	8	<b>38020,80972</b>	304166,5
	9.4	<b>SV5</b>		un		<b>55363,95</b>	
	10	<b>Conductos de Vinculación con Sumideros</b>	diam 600				
	10.1	Diámetro 600 mm		m	96,0	<b>1150</b>	110400,0
	10.2	Colocación de cañería		m	96,0	<b>466</b>	44736,0
	11	<b>Obra de Descarga</b>					
	11.1	Gaviones		m3	100,0	<b>1150</b>	115000,0
	11.2	Colchonetas		m2	65,0	<b>466</b>	30290,0
			<b>TOTAL ETAPA Nº2</b>				
<b>3</b>	12	<b>Conducto en calle Rafael Núñez desde descarga en Río II hasta Avda. Marcial Vaudagna</b>	2 x diam 1200	m	426		
	12.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	1491,0	<b>291,54</b>	434686,1
	12.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 3,3m)		m3	4920,3	<b>170,78</b>	840288,8
	12.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	223,7	<b>399</b>	89236,4

**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES
	12.4	Conductos de Hº diam 1200 mm		m	852,0	<b>2998</b>	2554296,0
	12.5	Colocación de cañería		m	852,0	<b>620</b>	528240,0
	12.6	Relleno y compactación de zanja		m3	4215,1	<b>214,11</b>	902495,0
	12.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>21000</b>	21000,0
	12.8	Reposición de Pavimento		m3	223,7	<b>600</b>	134190,0
	12.9	Cámaras de Vinculación		un	2,0	<b>52000</b>	104000,0
	13	<b>Conducto en calle Rafael Núñez desde calle Constancio Francisca hasta calle Vélez Sarsfield</b>	diam 1200	m	453		
	13.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	951,3	<b>291,54</b>	277342,0
	13.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,6m)		m3	2473,4	<b>170,78</b>	422403,8
	13.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	142,7	<b>399</b>	56935,3
	13.4	Conductos de Hº diam 1200 mm		m	453,0	<b>2998</b>	1358094,0
	13.5	Colocación de cañería		m	453,0	<b>620</b>	280860,0
	13.6	Relleno y compactación de zanja		m3	1818,6	<b>214,11</b>	389383,4
	13.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>21000</b>	21000,0
	13.8	Reposición de Pavimento		m3	142,7	<b>600</b>	85617,0
	13.9	Cámaras de Vinculación		un	2,0	<b>52000</b>	104000,0
	14	<b>Conducto en calle Vélez Sarsfield desde calle Rafael Núñez hasta calle Bernardo Erb</b>	1 x 1,2m x 0,8m	m	229		
	14.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	549,6	<b>291,54</b>	160230,4

**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES
	14.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 1,2m)		m3	659,5	<b>170,78</b>	112632,8
	14.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	82,4	<b>399</b>	32893,6
	14.4	Conductos Tipo Lenta 1,2mx0,8m (incluye traslado)		m	229,0	<b>6664</b>	1526056,0
	14.5	Colocación de módulos		m	229,0	<b>384</b>	87936,0
	14.6	Relleno y compactación de zanja		m3	393,9	<b>214,11</b>	84333,6
	14.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>21000</b>	21000,0
	14.8	Reposición de Pavimento		m3	82,4	<b>600</b>	49464,0
	14.9	Cámaras de Vinculación		un	3,0	<b>52000</b>	156000,0
	15	<b>Conducto en calle Bernardo Erb desde calle Vélez Sarsfield hasta calle Sarmiento</b>	1 x 1,2m x 0,8m	m	200		
	15.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	480,0	<b>291,54</b>	139939,2
	15.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 1,6m)		m3	768,0	<b>170,78</b>	131159,0
	15.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	72,0	<b>399</b>	28728,0
	15.4	Conductos Tipo Lenta 1,2mx0,8m (incluye traslado)		m	200,0	<b>6664</b>	1332800,0
	15.5	Colocación de módulos		m	200,0	<b>384</b>	76800,0
	15.6	Relleno y compactación de zanja		m3	536,0	<b>214,11</b>	114763,0
	15.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>21000</b>	21000,0
	15.8	Reposición de Pavimento		m3	72,0	<b>600</b>	43200,0
	15.9	Cámaras de Vinculación		un	3,0	<b>52000</b>	156000,0

**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES
	16	<b>Conducto en calle Bme. Mitre desde calle Cristóbal Colón hasta calle Sarmiento</b>	2 x 1,5m x 1m	m	457		
	16.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	1782,3	<b>291,54</b>	519611,7
	16.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,4m)		m3	4277,5	<b>170,78</b>	730514,9
	16.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	267,3	<b>399</b>	106670,7
	16.4	Conductos Tipo Lenta 1,5mx1,0m (incluye traslado)		m	914,0	<b>6664</b>	6090896,0
	16.5	Colocación de módulos		m	914,0	<b>384</b>	350976,0
	16.6	Relleno y compactación de zanja		m3	3324,7	<b>214,11</b>	711846,2
	16.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>21000</b>	21000,0
	16.8	Reposición de Pavimento		m3	267,3	<b>600</b>	160407,0
	16.9	Cámaras de Vinculación		un	3,0	<b>52000</b>	156000,0
	17	<b>Conducto en calle Bme. Mitre desde calle Sarmiento hasta calle 25 de Mayo</b>	1,5m x 1m	m	110		
	17.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	264,0	<b>291,54</b>	76966,6
	17.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,2m)		m3	580,8	<b>170,78</b>	99189,0
	17.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	39,6	<b>399</b>	15800,4
	17.4	Conductos Tipo Lenta 1,5mx1,0m (incluye traslado)		m	110,0	<b>6664</b>	733040,0
	17.5	Colocación de módulos		m	110,0	<b>384</b>	42240,0
	17.6	Relleno y compactación de zanja		m3	376,2	<b>214,11</b>	80548,2
	17.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>21000</b>	21000,0
	17.8	Reposición de Pavimento		m3	39,6	<b>600</b>	23760,0

**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES
	17.9	Cámaras de Vinculación		un	3,0	<b>52000</b>	156000,0
	18	<b>Conducto en calle 25 de Mayo desde calle Bme. Mitre hasta calle José A. Vocos</b>	1,5m x 1m	m	110		
	18.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	264,0	<b>291,54</b>	76966,6
	18.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,6m)		m3	686,4	<b>170,78</b>	117223,4
	18.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	39,6	<b>399</b>	15800,4
	18.4	Conductos Tipo Lenta 1,5mx1,0m (incluye traslado)		m	110,0	<b>6664</b>	733040,0
	18.5	Colocación de módulos		m	110,0	<b>384</b>	42240,0
	18.6	Relleno y compactación de zanja		m3	481,8	<b>214,11</b>	103158,2
	18.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>21000</b>	21000,0
	18.8	Reposición de Pavimento		m3	39,6	<b>600</b>	23760,0
	18.9	Cámaras de Vinculación		un	3,0	<b>52000</b>	156000,0
	19	<b>Conducto en calle Sarmiento entre calle San Martín y Calle Bme. Mitre</b>	diam 1000	m	115		
	19.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	218,5	<b>291,54</b>	63701,5
	19.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 3,3m)		m3	721,1	<b>170,78</b>	123140,9
	19.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	32,8	<b>399</b>	13077,2
	19.4	Conductos de Hº diam 1000 mm		m	115,0	<b>2540</b>	292100,0
	19.5	Colocación de cañería		m	115,0	<b>620</b>	71300,0
	19.6	Relleno y compactación de zanja		m3	598,0	<b>214,11</b>	128037,8

**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES
	19.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>21000</b>	21000,0
	19.8	Reposición de Pavimento		m3	32,8	<b>600</b>	19665,0
	19.9	Cámaras de Vinculación		un	2,0	<b>52000</b>	104000,0
	20	<b>Conducto en calle Pedro Navarro desde calle Modesto Maranzana hasta Avda. Arturo Illia</b>	1 x 2m x 0,6m	m	381		
	20.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	914,4	<b>291,54</b>	266584,2
	20.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,6m)		m3	2377,4	<b>170,78</b>	406019,2
	20.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	137,2	<b>399</b>	54726,8
	20.4	Conductos Tipo Lenta 12mx0,6m (incluye traslado)		m	381,0	<b>6664</b>	2538984,0
	20.5	Colocación de módulos		m	381,0	<b>384</b>	146304,0
	20.6	Relleno y compactación de zanja		m3	2011,7	<b>214,11</b>	430720,8
	20.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	<b>21000</b>	21000,0
	20.8	Reposición de Pavimento		m3	137,2	<b>600</b>	82296,0
	20.9	Cámaras de Vinculación		un	3,0	<b>52000</b>	156000,0
	21	<b>Conducto en calle Deán Funes desde descarga en Rio II hasta calle Modesto Maranzana</b>	diam 1000	m	389		
	21.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	739,1	<b>291,54</b>	215477,2
	21.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,7m)		m3	1995,6	<b>170,78</b>	340803,4
	21.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	110,9	<b>399</b>	44235,1
	21.4	Conductos de Hº diam 1000 mm		m	389,0	<b>2540</b>	988060,0

**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES
	21.5	Colocación de cañería		m	389,0	620	241180,0
	21.6	Relleno y compactación de zanja		m3	1579,3	214,11	338152,5
	21.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	21000	21000,0
	21.8	Reposición de Pavimento		m3	110,9	600	66519,0
	21.9	Cámaras de Vinculación		un	2,0	52000	104000,0
	22	<b>Conducto en calle Bernardi desde descarga en Rio II hasta Avda. Marcial Vaudagna</b>	2 x diam 1200	m	465		
	22.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	1627,5	291,54	474481,4
	22.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 3,4m)		m3	5533,5	170,78	945011,1
	22.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	244,1	399	97405,9
	22.4	Conductos de Hº diam 1200 mm		m	465,0	2998	1394070,0
	22.5	Colocación de cañería		m	465,0	620	288300,0
	22.6	Relleno y compactación de zanja		m3	4763,7	214,11	1019964,2
	22.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	21000	21000,0
	22.8	Reposición de Pavimento		m3	244,1	600	146475,0
	22.9	Cámaras de Vinculación		un	2,0	52000	104000,0
	23	<b>Conducto en calle Bernardi desde Avda. Marcial Vaudagna hasta calle Tomas Juárez</b>	diam 1200	m	203		
	23.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	426,3	291,54	124283,5
	23.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,6m)		m3	1108,4	170,78	189289,1

**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES
	23.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	63,9	399	25514,1
	23.4	Conductos de Hº diam 1200 mm		m	203,0	2998	608594,0
	23.5	Colocación de cañería		m	203,0	620	125860,0
	23.6	Relleno y compactación de zanja		m3	815,0	214,11	174491,9
	23.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	21000	21000,0
	23.8	Reposición de Pavimento		m3	63,9	600	38367,0
	23.9	Cámaras de Vinculación		un	2,0	52000	104000,0
	24	<b>Conducto en calle Marcial Vaudagna desde camino vecinal hasta calle Bernardi</b>	diam 1200	m	254		
	24.1	Rotura de pavimento y retiro a depósito		m2	533,4	291,54	155507,4
	24.2	Excavación y retiro a depósito (prof media 2,4m)		m3	1280,2	170,78	218625,7
	24.3	Cama de arena para conducto (h=0,15m)		m3	80,0	399	31924,0
	24.4	Conductos de Hº diam 1200 mm		m	254,0	2998	761492,0
	24.5	Colocación de cañería		m	254,0	620	157480,0
	24.6	Relleno y compactación de zanja		m3	913,0	214,11	195488,5
	24.7	Prueba Hidráulica		gl	1,0	21000	21000,0
	24.8	Reposición de Pavimento		m3	80,0	600	48006,0
	24.9	Cámaras de Vinculación		un	2,0	52000	104000,0
	25	<b>Sumideros</b>					



**COMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

**PLAN DE DRENAJE CIUDAD DE ARROYITO**

ETAPA	ITEM	ITEM	SECCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTALES
	25.1	SV1		un			
	25.2	SV2		un		29349,23751	
	25.3	SV3		un	21	38020,80972	798437,0
	25.4	SV5		un			
	26	<b>Conductos de Vinculación con Sumideros</b>		diam 600			
	26.1	Diámetro 600 mm		m	252,0	1150	289800,0
	26.2	Colocación de cañería		m	252,0	466	117432,0
	27	<b>Obra de Descarga</b>					
	27.1	Gaviones		m3	80,0	1150	92000,0
	27.2	Colchonetas		m2	50,0	466	23300,0
<b>TOTAL ETAPA Nº3</b>							<b>40479343,1</b>

## **CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En función de la problemática planteada y de los objetivos propuestos para la presente Practica Supervisada, se llega a las siguientes conclusiones:

Por un lado, los Proyectos desarrollados, permitirán un eficiente manejo de los excedentes pluviales generados en las áreas de aporte estudiadas.

El plan de obras propuesto prioriza los beneficios en los sectores más afectados de la localidad por los recurrentes anegamientos. Las obras planteadas permitirán captar y conducir los excedentes hídricos en forma ordenada hacia el cuerpo receptor final de los mismos. Las obras enunciadas fueron agrupadas en tres etapas de ejecución secuencial, cada una de estas etapas se compone de las siguientes partes:

### **Etapas 1:**

- Obra en calle Bartolomé Mitre entre Av. Marcial Vaudagna y el cauce del Río Xanaes.
- Obra en calle Rafael Núñez entre Av. Marcial Vaudagna y calle Constancio Francisca.
- Colocación de nuevos sumideros ventana y remodelación de sumideros ventanas existentes, con sus correspondientes conductos de vinculación.

### **Etapas 2:**

- Obra en calle Bartolomé Mitre entre Av. Marcial Vaudagna y calle Cristóbal Colón.
- Obra en calle Constancio Francisca entre el pluvial existente de calle San Martín y nuevo pluvial de calle Bartolomé Mitre.
- Obra en calle Cristóbal Colón entre los pluviales existentes de calle San Martín y calle José A. Vocos con nuevo pluvial de calle Bartolomé Mitre.
- Obra en Av. Marcial Vaudagna entre el pluvial existente de calle José A. Vocos y nuevo pluvial de calle Bartolomé Mitre.
- Construcción de nuevos sumideros ventana con sus correspondientes conductos de vinculación al conducto principal y cámaras de empalme.
- Construcción de obras de protección en los puntos de descarga al río.

### **Etapas 3:**

- Obra en calle Rafael Núñez entre Av. Marcial Vaudagna y la desembocadura en el Río Xanaes.
- Obra en calle Pedro Navarro entre Av. Iliá y calle Modesto Maranzana.
- Obra en calle Deán Funes entre Modesto Maranzana y la desembocadura en el Río Xanaes.

- Obra en Av. Bernardi entre calle Tomás Juárez y Av. Marcial Vaudagna.
- Obra en Av. Bernardi entre Av. Marcial Vaudagna y la descarga al río Xanaes.
- Obra en Av. Marcial Vaudagna entre camino a la Tordilla y Av. Bernardi.
- Obra en calle Bartolomé Mitre desde calle Sarmiento hasta Cristóbal Colón.
- Obra en calle Bartolomé Mitre desde calle 25 de Mayo hasta calle Sarmiento.
- Obra en calle Sarmiento para la vinculación del conducto pluvial existente de José A. Vocos con el nuevo pluvial desarrollado por calle Bartolomé Mitre.
- Obra en calle Sarmiento desde calle San Martín hasta el nuevo conducto pluvial de calle Bartolomé Mitre.
- Obra en calle Rafael Núñez entre calle Vélez Sarsfield y Constancio Francisca.
- Obra en calle Vélez Sarsfield desde calle Bernardo Erb hasta calle Rafael Núñez.
- Obra en calle Bernardo Erb desde calle Sarmiento hasta calle Vélez Sarsfield.
- Construcción de nuevos sumideros ventana con sus correspondientes conductos de vinculación al conducto principal y cámaras de empalme.
- Construcción de obras de protección en los puntos de descarga al río.

Como medidas adicionales no enunciadas en el listado precedente, aquellos conductos de vinculación que no cumplan con la capacidad hidráulica necesaria, deberán ser adecuados para garantizar el ingreso de los caudales al conducto principal y que los mismos no constituyan un cuello de botella a la captación.

Entre las medidas no estructurales se recomienda la implementación de normativa que considere algún sistema de regulación de caudales en toda nueva urbanización, a efectos de mantener las condiciones de drenaje preexistentes lo mismo para futuras instalaciones de industrias o grandes superficies comerciales.

Se recomienda se considere la incorporación de superficies verdes en porcentajes de 15 % o mayor en los nuevos planes de urbanizaciones.

Se recomienda se proyecten y diseñen los futuros pavimentos de manera que drenen directamente al río para evitar que los excedentes hídricos de estas cuadras se incorporen a los de las calles actualmente pavimentadas.

Se recomienda se mantenga la limpieza de los sumideros de manera de garantizar su correcto funcionamiento en los periodos de lluvia.

Se recomienda que los nuevos diseños de loteos en la zona sur de la ciudad sean regulados por lagunas de detención y, de ser posible, sus caudales sean evacuados de manera de no ingresar al casco de la ciudad.

Finalmente, desde el punto de vista personal, se han cumplido todos los objetivos propuestos, integrando, incrementando y adquiriendo nuevos conocimientos.

## CAPÍTULO 12: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Córdoba D.A.C.yT. S.E.M. (Dirección de Ambiente) – INTA, 2003. Los Suelos, Nivel de Reconocimiento 1: 500.000.

Bertoni J. C. (2004): Material de capacitación del Curso sobre Gestión de Inundaciones en Áreas Urbanas. GWP-SAMTAC.

Caamaño Nelli G. et. al. (1993): *Regionalización de Precipitaciones Máximas para la Provincia de Córdoba*. INCYTH. CIHRSA. CONICET. SMN. DPH. CONICOR.

Caamaño Nelli G. y Dasso C. M. (2003): *Lluvias de diseño; Conceptos, técnicas y experiencias*. Ed. Científica Universitaria, Córdoba.

Catalini C. G. y Caamaño Nelli G. (2001): *Estructura Espacial a Escala de Cuenca*. Apuntes de Clases de la materia Síntesis de Lluvia para Diseño Hidrológico. Maestría en Ciencias de la Ingeniería Civil – Mención en Recursos Hídricos. FCEFyN. UN de Córdoba.

Catalini C. G., Caamaño Nelli G., García C. M. (2002): *Efectos Fisiográficos y Climáticos sobre las Curvas de Reducción Areal de Lluvias de Diseño*. XIX Congreso Nacional del Agua, Villa Carlos Paz, Córdoba.

Chow V. T. (1994): *Hidráulica de Canales Abiertos*. Ed. McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá. Colombia.

Chow V. T., Maidment D. R. y Mays L. W. (1994): *Hidrología Aplicada*. Ed. McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá. Colombia.

Colombano F. (2011): *Análisis y Propuesta de Solución al Sistema de Drenaje del Sector Norte de la Ciudad de Córdoba*.

Dirección Nacional de Vialidad (1966): *Gráficos Hidráulicos para el Diseño de Alcantarillas*. Preparados por la sección hidráulica, división puentes, oficina de ingeniería y operaciones del Bureau of Public Roads, US.

García C. M. (2000): *Lámina de lluvia puntual para diseño hidrológico*. Tesis Maestría en Ciencias de la Ingeniería Civil – Mención en Recursos Hídricos. FCEFyN. UN de Córdoba.

Hydrologic Engineering Center (2009): HEC-HMS (versión 3.4). *Flood Hydrograph Package*. User Manual. US Army Corps of Engineers.

Rühle F. (1966): *Gráficos Hidráulicos para el Diseño de Alcantarillas*. Dirección Nacional de Vialidad. Traducción y adaptación de los gráficos preparados por la Sección Hidráulica, División Puentes - Oficina de Ingeniería y Operaciones -Bureau of Public Roads (1964), US.

Tucci C.E.M. (2006): *Gestión de Inundaciones Urbanas*.

UNESCO (1987): *Manual on drainage in urbanizing areas*. Vol. I. Planning and design of drainage systems. Studies and reports in hydrology. Nº 43.