



PROYECTO FINAL

Sistematización de drenajes en la cuenca del
arroyo Las Mellizas – Concepción del Uruguay

Unidad temática 4

Proyecto – Memoria técnica

Alumno: Fortunato Germán Ariel

N° de legajo: 29377

Jefe de Grupo: Ing. Amprimo Juan Cruz

Titular de cátedra: Ing. Eduardo Quartara

ÍNDICE

1. Objeto de estudio	4
Sección I - Caracterización del medio biofísico	4
2. Ubicación y límites	4
3. Crecimiento urbano y poblacional	6
3.1 Caracterización demográfica	6
3.2 Tendencia del crecimiento urbano	8
4. Clima	12
5. Antecedentes de inundaciones	15
6. Marco normativo de los recursos hídricos. Autoridades de aplicación.	17
6.1 Ministerio de Planeamiento, Infraestructura y Servicios	17
6.2 Dirección General De Hidráulica	18
6.3 Dirección General De Obras Sanitarias	18
6.4 Coordinación General De Planificación, Infraestructura, Servicios Sanitarios Y De Proyectos Estratégicos.	19
7. Dinámica Hídrica Superficial - Cuencas de Aporte	19
8. Geología y Geomorfología	21
9. Suelos	23
10. Vegetación	25
Sección II - Modelado Hidráulico	27
11. Modelación hidrológica de la cuenca local de aporte	27
11.1 Metodología	27
11.2 Criterios de Diseño	27
11.2.1 Duración y distribución de tormenta de diseño	27
11.3 Caracterización Hidrológica de las Cuencas y Subcuencas De Estudio	29
11.4 Definición de hietogramas	32
11.5 Modelo hidrológico-hidráulico	33
11.5.1 Modelado de la situación actual	33
11.5.2 Modelado de situación futura con obras implementadas	38
11.5.3 Vertedero reservorio 6	42
12. Medidas estructurales propuestas	43
Anexos	44

1. OBJETO DE ESTUDIO

Este estudio tiene por objetivo generar una solución a las problemáticas de drenaje en las cuencas de aporte al arroyo Las Mellizas. Esta zona se encuentra en plena fase de generación de loteos con fines residenciales, por lo cual, en vistas de las problemáticas de escurrimientos ya presentes, resulta de interés prioritario el ordenamiento preventivo a fin de generar los espacios reservados al drenaje primario, obras de conducción, almacenamiento y atenuación de caudales.

SECCIÓN I - CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIOFÍSICO

2 UBICACIÓN Y LÍMITES

El municipio de Concepción del Uruguay se encuentra distribuido entre los distritos, Molino y Tala dentro del departamento Uruguay, en la provincia de Entre Ríos, Argentina. El departamento limita al oeste con el departamento Tala, al norte con los departamentos Villaguay y Colón, al sur con el departamento Gualeguaychú y al este, atravesando el Río Uruguay, con la República del Uruguay (*Figura 1*).

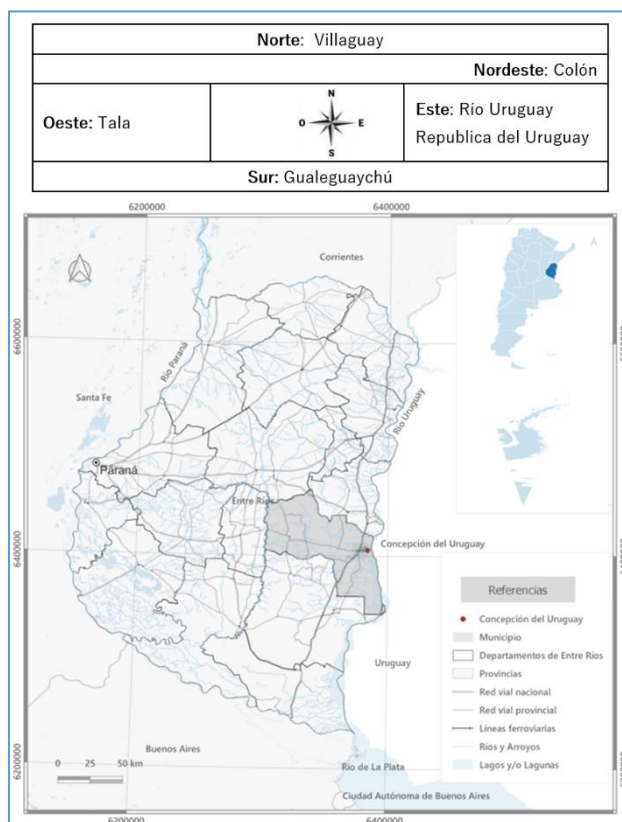


Figura 1 - Límites y ubicación del municipio.

El municipio se ubica en el centro-este de la provincia, sobre la vera occidental del río Uruguay. Delimitado al norte por el arroyo El Curro; al sur, arroyo de La China; al este, arroyo del Molino y riacho Itapé; y al oeste, la Ruta Nacional 14.

Su principal vía de acceso es la Ruta Nacional 14, en dirección N-S, que conecta a Concepción del Uruguay con la ciudad de Buenos Aires (295 km) y la Ruta Provincial 39, en dirección E-O que también al unirse con la Ruta Nacional 12, llega a la capital Paraná (264 km) (*Figura 2*).

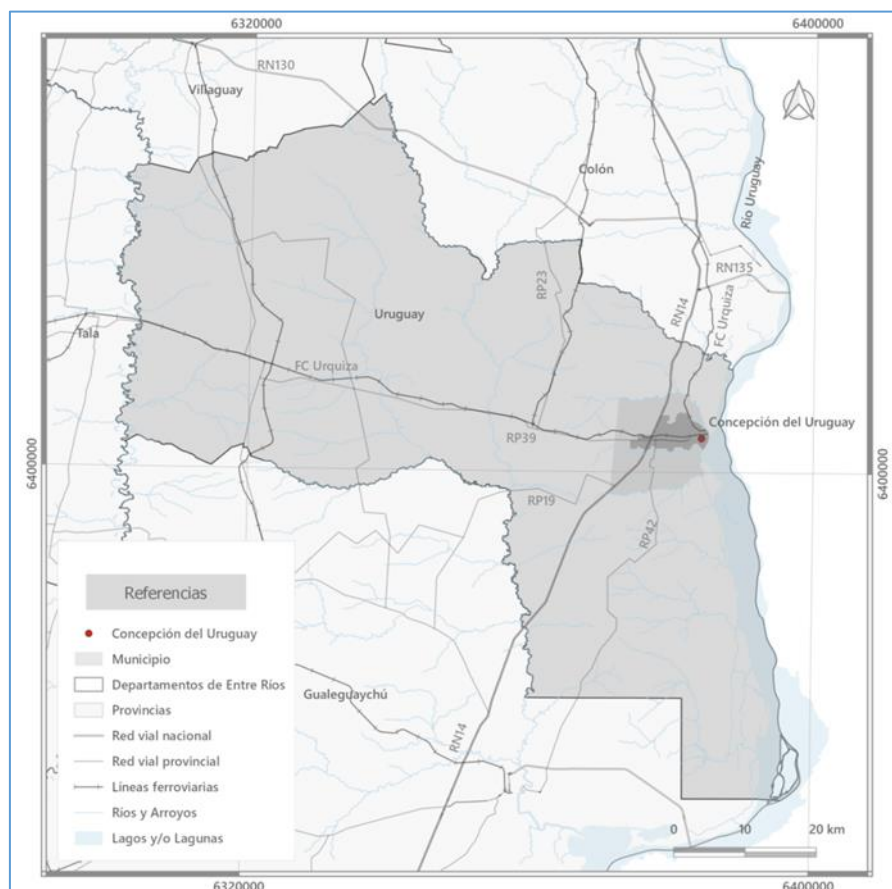


Figura 2 - Conectividad del municipio.

Otra vía de acceso es el puerto de la ciudad, que es considerado como uno de los más importantes del país. Posee una Zona Franca, Comercial, Industrial y de Servicios de Exportación, lindante al Parque Industrial.

Existen también, las vías de Ferrocarril General Urquiza cuyos ramales, durante el gobierno de Carlos Menem, fueron abandonados.

En 2002 el gobernador Sergio Montiel reacondiciona y pone en marcha los primeros ramales de la provincia. A partir de marzo de 2010, el tren volvió a unir Concepción del Uruguay y Paraná pasando por 24 localidades entrerrianas, pero en febrero de 2016 se suspendió el servicio por problemas de infraestructura y aún se encuentra fuera de servicio.

3. CRECIMIENTO URBANO Y POBLACIONAL

3.1 CARACTERIZACIÓN DEMOGRÁFICA

La población dentro del municipio de Concepción del Uruguay, según censo 2010, es igual a 73.729 habitantes, representando el 73,2% del total departamental (100.728 habitantes).

Tabla 1 - Datos de población.

Año (INDEC)	Entre Ríos	Tasa Media Anual	Depto. Uruguay	T.M.A	Mpio. Concepción del Uruguay	T.M.A
1991	1.020.257	0,00%	86.198	0,00%	60.356	0,00%
2001	1.158.147	1,28%	94.070	0,88%	67.448	1,12%
2010	1.235.994	0,73%	100.728	0,76%	73.729	0,99%

En la **Tabla 1** se observa el crecimiento poblacional entre los periodos donde se realizaron censos nacionales (1991-2001-2010) según datos de INDEC, donde la tasa de crecimiento a nivel provincial, en comparación, varía con respecto a la media municipal. Es decir, en el periodo intercensal 1991-2001 el municipio de Concepción del Uruguay presentó un crecimiento relativo del 1,12%, inferior a la tasa provincial que ascendía a 1,28% (CNPHYV 1991 y 2001). Mientras que, en el periodo intercensal 2001-2010 el municipio presentó un crecimiento relativo del 0,99%, superior a la tasa provincial que ascendía en 0,73% (CNPHYV 2001 y 2010).

A continuación, se presenta una tabla de población estimada a partir del año 2010 hasta el año 2025, realizada por INDEC, que indica que el

departamento Uruguay contará aproximadamente con 113.161 habitantes en el año 2025 (*Tabla 2*). A partir de estos datos, se estimó la población para el municipio de Concepción del Uruguay, resultando igual a 90.478 habitantes aproximadamente (*Tabla 3*).

Tabla 2 - Población estimada a partir del año 2010 hasta el año 2025, departamento Uruguay.

Fuente: INDEC.

Año	Departamento Uruguay
2010	102.315
2011	103.416
2012	104.516
2013	105.617
2014	106.714
2015	107.807
2016	108.894
2017	109.975
2018	111.048
2019	112.111
2020	113.161
2021	114.198
2022	115.221
2023	116.229
2024	117.220
2025	118.192

Tabla 3 - Población estimada a partir del año 2010 hasta el año 2025, departamento Uruguay.

Año (INDEC)	Municipio Concepción del Uruguay
1991	60.356
2001	67.448
2010	73.729
2025	90.478

3.2 TENDENCIA DEL CRECIMIENTO URBANO

En el año 1805, a veinte años de su fundación, la población de la Villa Concepción del Uruguay era de 1.987 habitantes y otros más en los alrededores (PECU-2009).

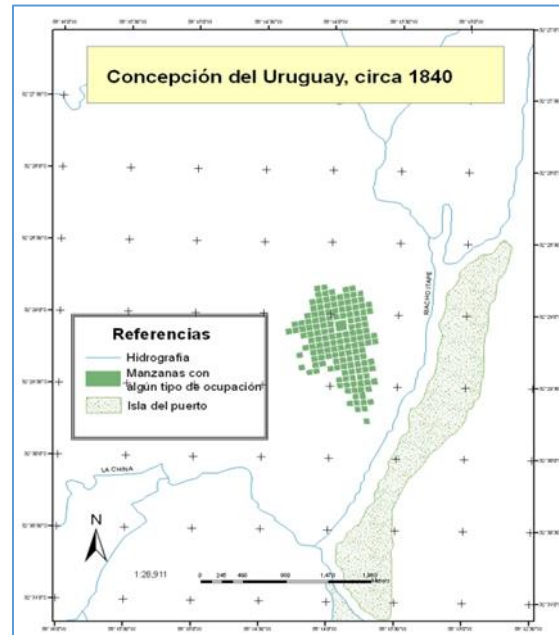


Figura 3 - Planta urbana Concepción del Uruguay - 1840

Recién a partir de 1846 la ciudad comenzó un período de sostenido progreso, tanto político-económico y social como urbano, motivado por el acceso al poder del General Justo José de Urquiza.

En 1847, comenzó a funcionar el Saladero “Santa Cándida”, ubicado en la margen sur del Arroyo de La China, a unos pocos metros de su desembocadura en el Riacho Itapé. En 1894 se empezó a levantar el “Colegio del Uruguay” (actual Colegio Nacional Justo José de Urquiza) en el solar frente a la plaza principal, al norte de la Iglesia. De acuerdo con el censo nacional de 1869, la ciudad de Concepción del Uruguay contaba con algo más de 6.500 habitantes (Expansión Urbana de Concepción Del Uruguay, Entre Ríos, 1770 – 1897. Savoy Francisco).

Con la conexión a la red ferroviaria en 1887, su posterior extensión a Paraná, Nogoyá y Rosario del Tala y la reforma del Puerto en 1910 que la transforma en una de las Aduana más importantes del país, la ciudad y la región

registraron un considerable crecimiento. Es decir, que la ciudad a lo largo del 1900 tuvo considerables avances en cuanto al comercio, la industria y la educación.

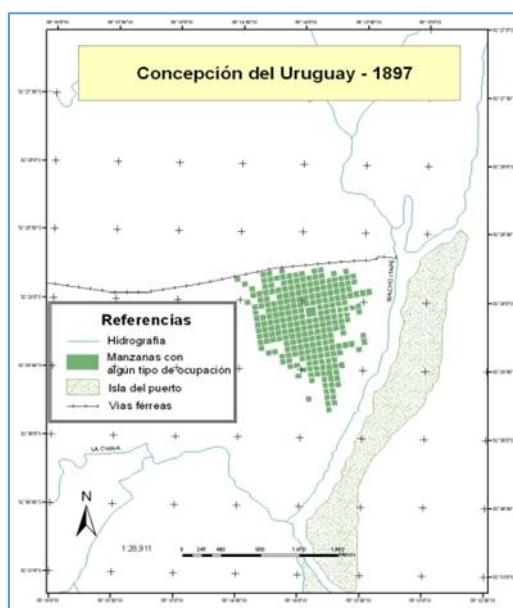


Figura 4 - Planta urbana de Concepción del Uruguay, año 1897.

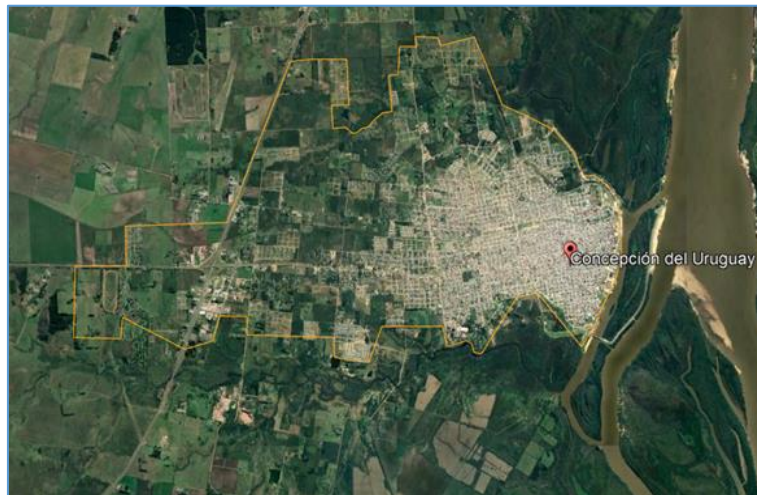
Fuente: Expansión urbana de Concepción del Uruguay, Entre Ríos, 1770-1897.

Para determinar los ejes y patrones de crecimiento urbano reciente, se realizó un análisis temporal diacrónico de imágenes satelitales provistas por Google Earth para los años 2000 - 2022 (*Figura 5 y Figura 6*).

El área urbana se identificó y delimitó a partir de foto-lectura, análisis y digitalización manual, considerando como área urbana a toda subdivisión del suelo, ya sean en contigüidad del área urbana existente o fragmentada por vacíos urbanos, en donde se verifique apertura de calles, y lotes independientemente de su grado de ocupación al momento del análisis. Asimismo, se consideró como urbano a los usos de suelos industrial y comercial del periurbano, entendiendo como tal al territorio de transición urbano-rural, que asimila en parte el proceso de dispersión urbana y que conserva aún atributos típicamente rurales.



*Figura 5 - Imagen satelital de Concepción del Uruguay, año 2000.
Fuente: Google Earth.*



*Figura 6 - Imagen satelital de Concepción del Uruguay, año 2022.
Fuente: Google Earth.*

De la superposición de ambas imágenes (*Figura 7*) los resultados obtenidos refieren a la expansión del área urbana en el periodo de análisis, que tuvo una incorporación de 2640 hectáreas aproximadamente, correspondiente a una tasa de crecimiento poblacional del 1,30%.

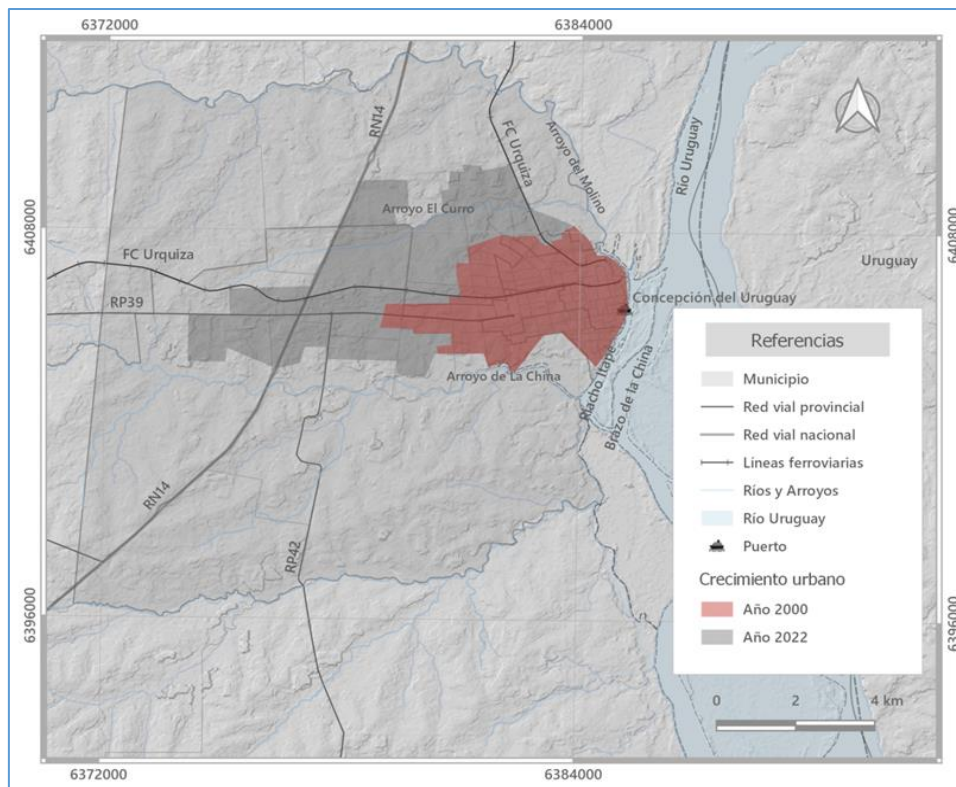


Figura 7 - Expansión urbana a partir de superposición de imágenes satelitales.

El proceso de expansión de Concepción del Uruguay siempre tuvo una dirección E-O. Esto se debe, en principio, a las barreras naturales que ofrecen el Riacho Itapé al Este, el Arroyo de La China al Sur y el Arroyo del Molino al Norte. Barreras que a su vez delimitan los límites Este, Sur y Oeste del Ejido Municipal de la ciudad. Cabe recordar también que, aunque en menor medida, la expansión se da también hacia el norte y nunca pasando el límite del ejido Municipal antes mencionado.

El avance territorial de la población de Concepción del Uruguay, en la dirección Oeste, implica una expansión urbana de aproximadamente 17 Km², que dio lugar a grandes lotes de emprendimientos inmobiliarios a futuro, un parque industrial, viviendas de fin de semana, barrios cerrados, cabañas para turistas y lugares dedicados a actividades recreativas y deportivas.

Al presente año (2022), hay un área circundante sólida que se encuentra densificada, correspondiente a la mancha urbana del año 2000 y sectores de loteos realizados durante la expansión de los años 2000 y 2022, que da origen a la interfase periurbana.

Si bien la ciudad cuenta con “el Código de Ordenamiento Urbano de Concepción del Uruguay”, el mismo se encuentra desactualizado y no hace mención ni al periurbano ni a la sustentabilidad ambiental de los diferentes espacios.

4. CLIMA

La ciudad de Concepción del Uruguay no posee una estación meteorológica propia, por lo que se utilizan las mediciones de Gualeguaychú, ubicada a 74 km hacia el suroeste, cuyas coordenadas son 33°01'S 58°37'O. Los valores promedio de las lluvias en el 1991-2020 en dicha estación meteorológica, nos muestra un acumulado anual de 1250 mm; con lluvias concentradas en el periodo estival extendido (octubre a abril). En tanto que en el invierno disminuyen, con valores cercanos a los 55 mm mensuales (*Figura 8*).

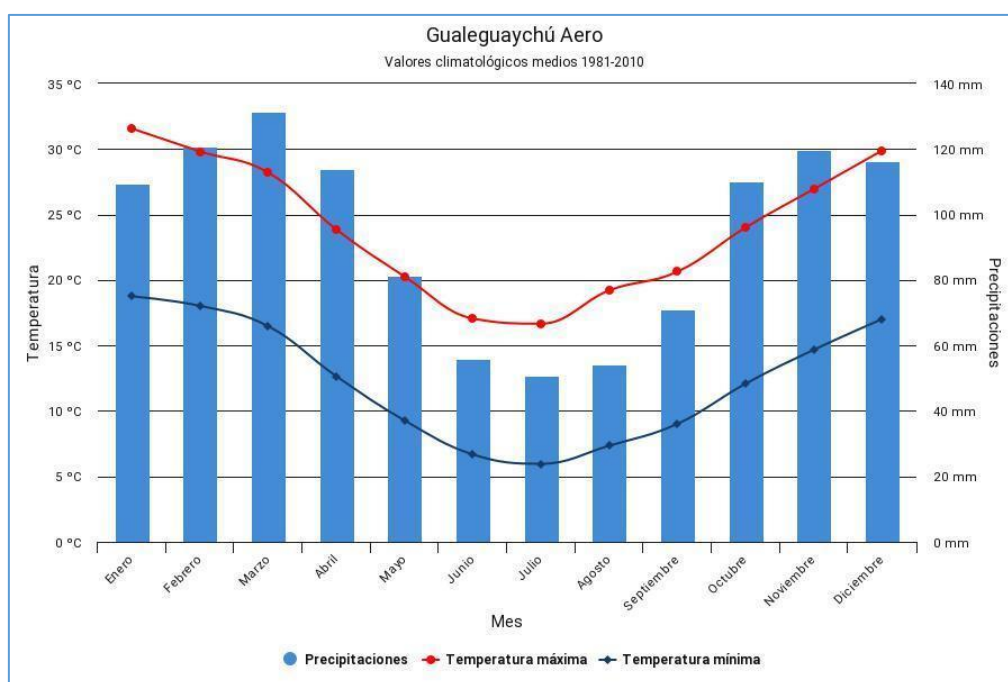


Figura 8 - Valores climatológicos medios de la ciudad de Gualeguaychú. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Al analizar los valores acumulados anuales en el periodo 1901/2021 de la base CRU, en la grilla que contiene a Concepción del Uruguay, vemos la presencia de la cierta variabilidad de las precipitaciones, con la presencia de una tendencia de aumento de estas a lo largo del tiempo (*Figura 9*).

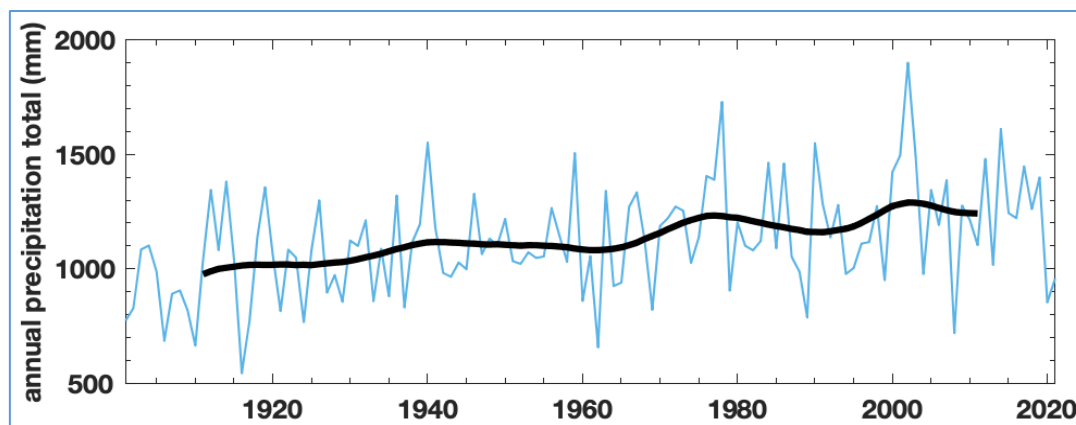


Figura 9 - Precipitaciones anuales en San Luis 1901-2021 (Cru Data)

Los valores máximos de acumulados mensuales en Concepción del Uruguay en el periodo 1901-2021, de la base mencionada CRU, alcanzan los 300-400 mm en los primeros tres meses del año y luego oscilan los 200-300 mm en los meses cálidos ampliados (*Figura 10*).

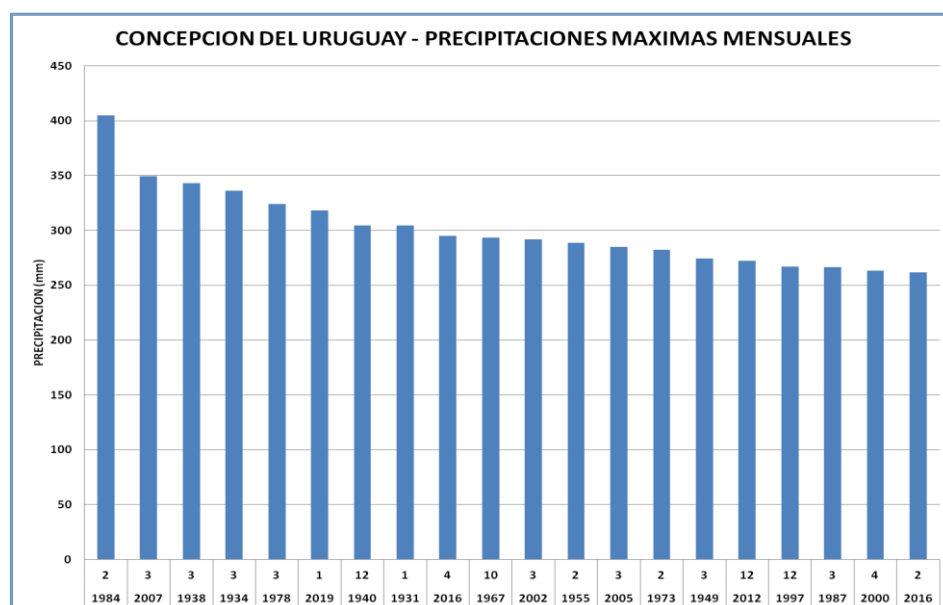


Figura 10 - Precipitaciones Máximas Mensuales 1901-2021 (Cru Data)

Finalmente, en la estación de Gualeguaychú Aero se detectaron lluvias extremas mensuales en marzo de 2007 (con 698 mm), en febrero de 1984 (acumulando 652 mm) y en diciembre de 2009 (con 431 mm) (*Figura 11*); con valores que triplicaron y quintuplicaron los valores mensuales. Además se produjeron precipitaciones diarias excepcionales el 16/3/1966 (con 199 mm), 10/2/1984 (acumulando 180 mm) y con 170 mm el 6/11/2015 y en 19/12/1971,

con valores que están entre 1.4 a 1.6 diarios con respecto al monto mensual (periodo 1961-2021).

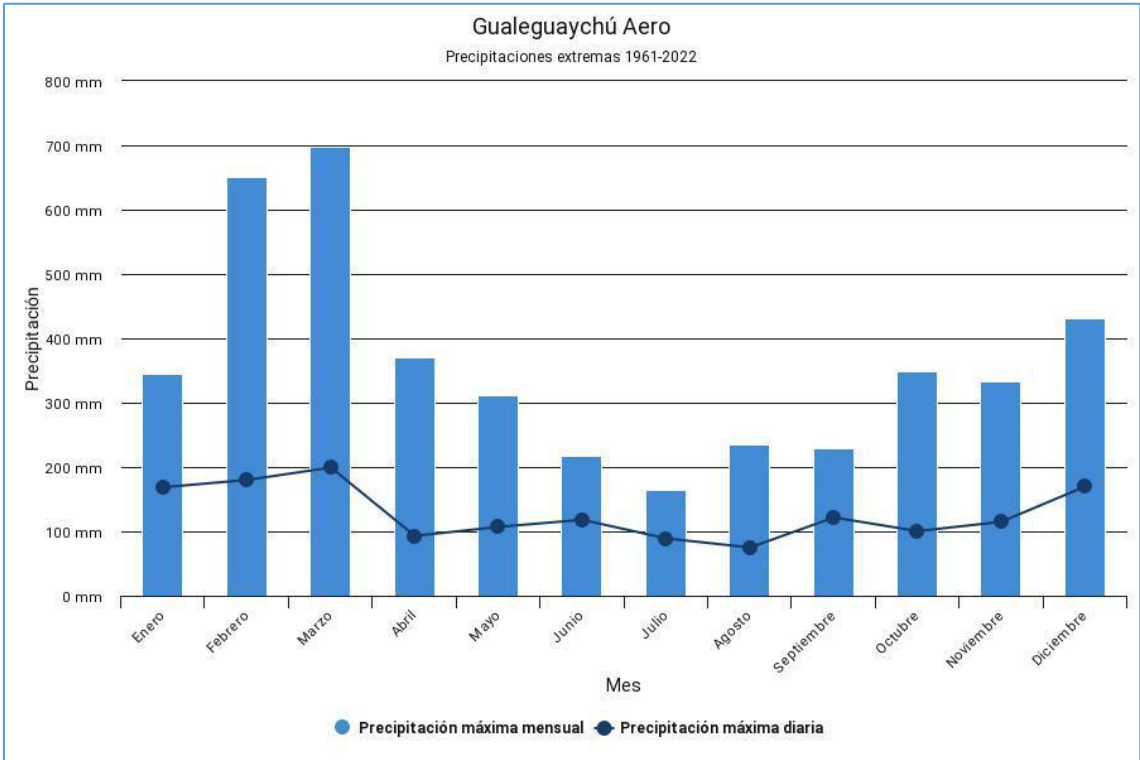


Figura 11 - Valores de precipitaciones extremas de la ciudad de Guauguaychú. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

5 ANTECEDENTES DE INUNDACIONES

Se recopilaron eventos de inundaciones para el periodo 1990-2023 a partir de fuentes secundarias; periodísticas locales, documentales y de la base de datos de desastres Desinventar (1970 - 2015). Esta recopilación no pretende ser exhaustiva o cuantitativa para determinar su frecuencia histórica, sino indicativa de las áreas urbanas afectadas con mayor regularidad y la severidad de los daños registrados en el pasado reciente. (*Figura 12*).

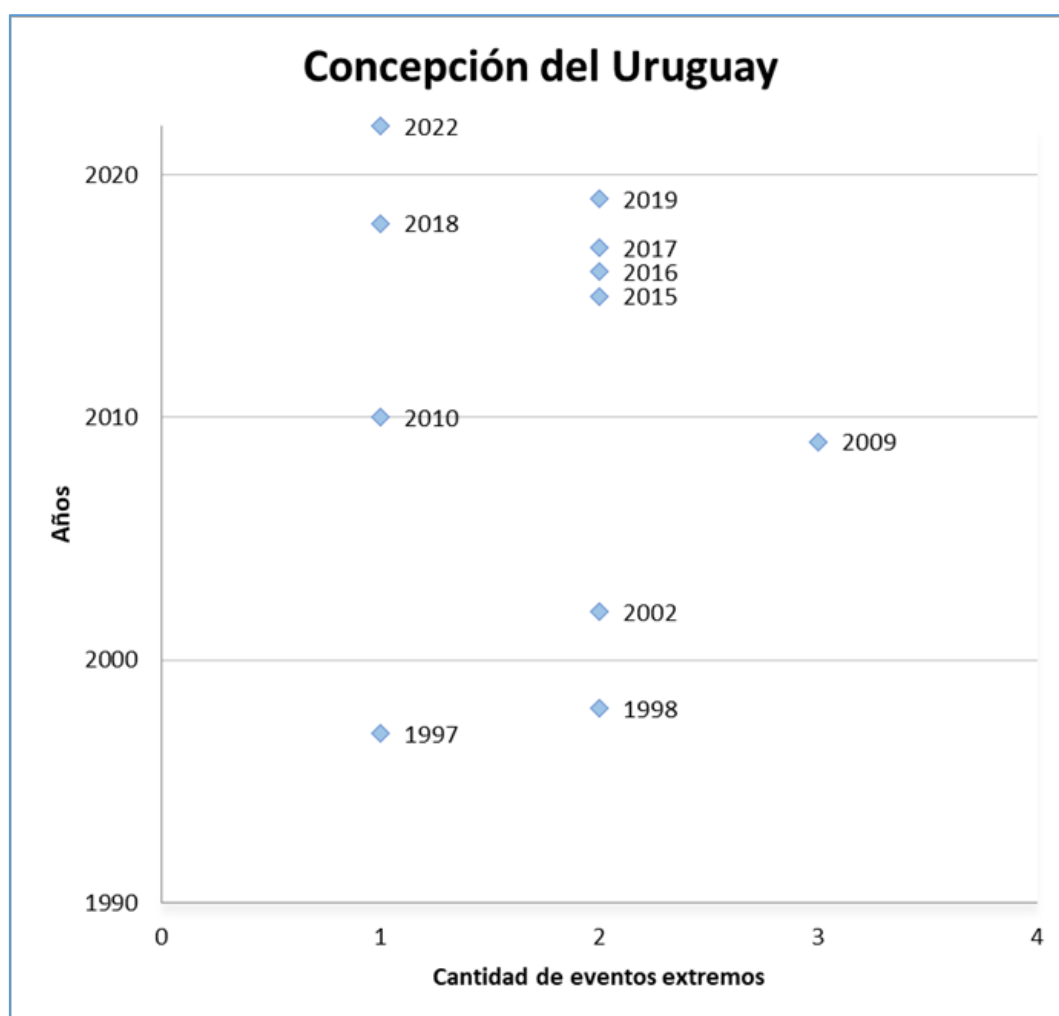


Figura 12 - Antecedentes de registros de inundaciones y anegamiento.

Fuente elaboración propia, en base a fuentes secundarias y base de datos Desinventar (1970-2015).

Los resultados obtenidos refieren que para el periodo 1990-2023 la ciudad de Concepción del Uruguay se vio afectada por 19 eventos de magnitud originados principalmente por intensas precipitaciones y fuertes tormentas, que causaron anegamientos e inundaciones en el área urbana (*Figura 13*).

12/10/2012



diariopopular.com.ar

12/02/2017



tn.com.ar

02/01/2019



genesis24.net

*Figura 13 - Ejemplos de daños.
Fuente elaboración propia, en base a fuentes secundarias y base de datos Desinventar (1970-2015).*

6 MARCO NORMATIVO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. AUTORIDADES DE APLICACIÓN.

A continuación, se detallan todas aquellas autoridades que tengan intervención, regulación o injerencia en el manejo y uso de los recursos hídricos en la localidad bajo estudio.

6.1 MINISTERIO DE PLANEAMIENTO, INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS

Entre sus principales atribuciones, se encuentran:

- Intervenir en toda cuestión relativa a los procesos de planeamiento estratégico y al desarrollo de objetivos de mediano y largo plazo conducente al desarrollo equilibrado, sostenible y sustentable en los aspectos socioeconómicos, territoriales, ambientales, infraestructurales, institucionales, productivos y humanos.
- Participar en el diseño de políticas, planes sectoriales, programas operativos y macroproyectos de inversión pública, con un enfoque estratégico y participativo y un horizonte plurianual.
- Coordinar y sintetizar la participación provincial en los procesos de planificación a escala nacional, regional, intrarregional, microregional, urbana y barrial, con énfasis en los aspectos territoriales, ambientales, poblacionales o infraestructurales.
- Planificar la totalidad de la infraestructura de redes, equipamiento y dotaciones, elaborar y mantener actualizado el banco de proyectos de inversión pública, priorizar la cartera de proyectos, servicios públicos esenciales y obras en materia de transporte, comunicaciones, energía, vivienda, recursos hídricos, saneamiento, vialidad, educación, salud, seguridad, gobierno, contención social, cultura, deporte y medio ambiente, en coordinación con cada una de las áreas respectivas
- Entender en la planificación, programación, diseño, proyección, ejecución, inspección, supervisión y conservación de las obras públicas provinciales o nacionales delegadas, en tanto que las mismas sean ejecutadas por

Organismos de la Administración Pública centralizadas que actúen bajo la órbita de su dependencia.

- Ejercer la fiscalización administrativa y la conducción técnica de las obras públicas en jurisdicción provincial, a través de Organismos de su dependencia y en tanto que los mismos sean financiados por el Tesoro Provincial.
- Entender todo lo inherente a estudios, proyectos, uso, ocupación, construcción, ampliación, remodelación, reparación y demolición de todos los edificios públicos provinciales.

Está conformado por las secretarías ministeriales de Planeamiento, Infraestructura y Servicios; de Energía; de Transporte, de Inversión Pública y Desarrollo Territorial.

6.2 DIRECCIÓN GENERAL DE HIDRÁULICA

La Dirección de Hidráulica encara la ejecución de distintos Programas de Obras con el fin de cumplir su misión en la Planificación y Gestión integral en materia de Recursos Hídricos en la Provincia de Entre Ríos. Se encuentra organizada en los siguientes departamentos: Construcciones, Estudios y Proyectos, Hidrología y Ordenamiento de Cuencas, Administrativo Contable.

6.3 DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS SANITARIAS

El Programa del Sistema Provincial de Servicios Sanitarios de Agua y Cloaca, encarado desde la Dirección Provincial de Obras Sanitarias de Entre Ríos (DPOSER), se sustenta en la necesidad de optimizar , mantener y ejecutar obras de saneamiento de agua y cloaca, teniendo en cuenta el gran déficit que en la materia existe en la Provincia y que las emergencias en este caso son de atención impostergable debido a que la carencia de los mismos trae aparejado serios inconvenientes en la salud de la población.

La política está dirigida a proveer del vital elemento a las localidades rurales y subrurales, como así también asistir ante las situaciones planteadas a

partir del suministro de este. También en este mismo sentido, las áreas del organismo: asistir a los servicios de agua potable y cloacas, mediante la ejecución de proyectos y ejecución de obras básicas y en casos de localidades pequeñas, incluye obras subsidiarias (secundarias).

En cuanto al agua potable, su importancia se ve reflejada en las campañas intensivas de optimización, mantenimiento y cuidado que le han dado a nivel mundial entidades oficiales y privadas.

6.4 COORDINACIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN, INFRAESTRUCTURA, SERVICIOS SANITARIOS Y DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS.

El organigrama municipal de vigente tiene asignadas a la Coordinación General de Planificación, Infraestructura, Servicios Sanitarios y de Proyectos Estratégicos las tareas de mantenimiento y limpieza tanto de las obras existentes, como los sistemas de micro drenaje que no poseen obras estructurales a la fecha.

7 DINÁMICA HÍDRICA SUPERFICIAL - CUENCAS DE APORTE

La localidad en estudio se ubica entre los arroyos La China y Curro, sobre la margen derecha del río Uruguay en los brazos o cursos secundarios Itapé y Molino.

La cuenca del río Uruguay pertenece a la cuenca del Plata y se desarrolla en el sudeste de Brasil, noroeste de Argentina y Oeste de Uruguay. Nace en las Serra do Mar y Serra Geral, de la confluencia de los ríos Pelotas y Canoas a los 1800 m.s.n.m; desde allí discurre hacia el oeste, hasta la frontera argentina. La cuenca del río Uruguay con cierre en la localidad de Concepción del Uruguay posee un área aproximada de 263.600 km² y una pendiente media de 4,76% (*Figura 14*). En cuanto a su régimen hidrológico posee una estacionalidad de dos picos máximos, en octubre y mayo - julio, mientras que el mínimo es único y se da en enero (Jaime P y. Menéndez A. 2002).

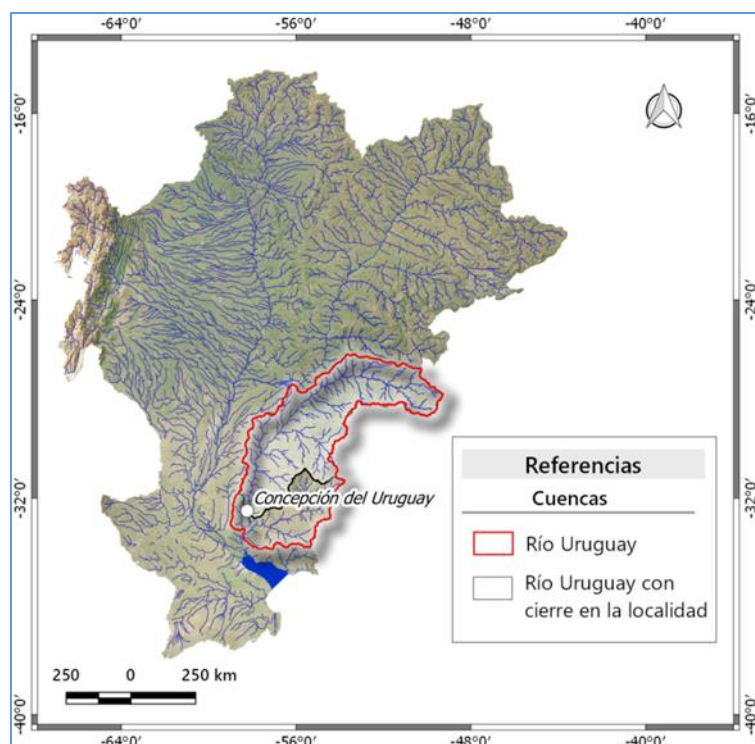


Figura 14 - Cuenca del río Uruguay con influencia en la localidad dentro de la cuenca del Plata.
Fuente: CIC Plata.

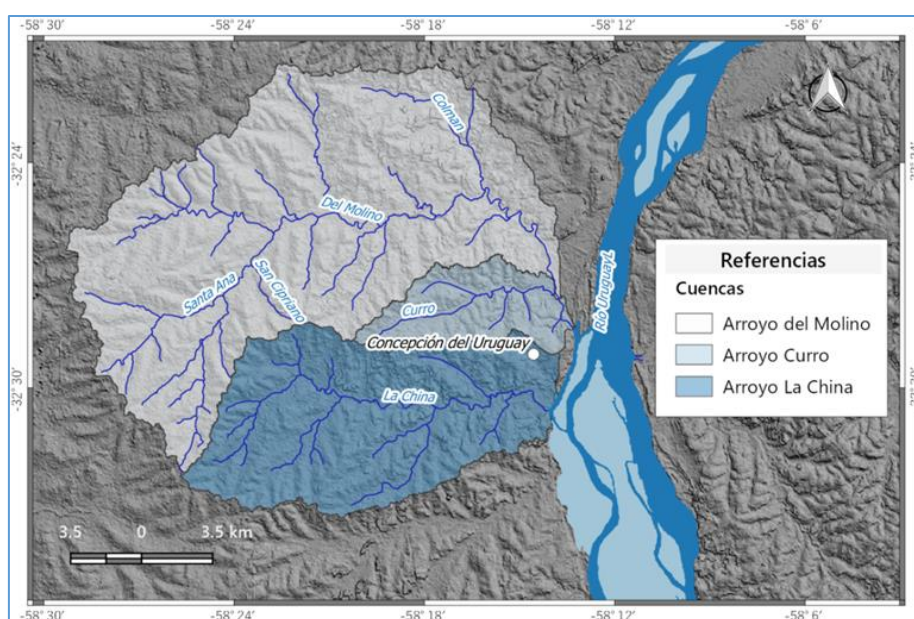


Figura 15 - Cuencas de arroyos con influencia en la localidad.

El área urbana consolidada se desarrolla entre el arroyo Curro y La China, ambos con diseño meandriforme y cuencas con áreas de 31 y 122 km² respectivamente, cuyas pendientes medias rondan el 1,5%.

Al norte de la localidad en un área de ocupación urbana difusa se ubica el arroyo del Molino, posee una cuenca de 252 km² y una pendiente media inferior de 1,5 % (*Figura 15*).

En la *Tabla 4*, se pueden observar los parámetros morfométricos de las cuencas con influencia en la localidad.

Tabla 4 - Parámetros morfométricos de las cuencas con influencia en la localidad.

Cuenca	Área (km ²)	Perímetro (Km)	Altitud Máxima (m.s.n.m)	Altitud Mínima (m.s.n.m)	Pendiente media (%)
A. Molino	252	118	54	0	1,5
A. Curro	31	40	44	0	1,7
A. La China	122	72	53	0	1,6
Río Uruguay	263600	3839	1774	0	4,76

8 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La localidad en estudio se ubica en la provincia geológica de la Mesopotamia, en la región de los Humedales y fajas fluviales centrales (Iriondo, 2010). El basamento no es aflorante y se compone de rocas ígneas y metamórficas de edad Precámbrica a Paleozoica inferior correspondiente a la acreción continental que dio lugar a la formación de Pangea. Sobre él suprayacen los basaltos de la Fm. Serra Geral, formados por efusión de lavas en un ambiente de rift, durante el desmembramiento de Gondwana y la apertura del Atlántico, a las que se asocian sedimentitas marinas y continentales de edades jurásicas y cretácicas.

Los depósitos Terciarios se caracterizan por la alternancia de sedimentos eólicos principalmente loésicos y depósitos fluviales interdigitados con depósitos marinos debidos a las diferentes ingresiones que afectaron la región durante el mioceno (Fm. Paraná), sobre ellos y parcialmente interdigitados en

sus términos superiores se acumularon arenas y gravas fluviales correspondientes a antiguos cauces de los ríos Paraná y Uruguay que progradaron sobre el antiguo ambiente marino (Fm Ituzaingó).

Los depósitos aflorantes en las cuencas bajo estudio corresponden al pleistoceno Inferior y está representado por la Fm. Hernandarias constituida por depósitos de limos y arcillas con predominio de montmorillonita, cuya génesis se asocia a un antiguo barreal depositado por el río Uruguay durante un período muy seco (Iriondo, 1980).

Presentan un relieve de colinas producto de disección fluvial de una planicie estructural que se caracteriza por interfluvios planoconvexos y valles planocóncavos con pendientes del 1 al 5%, los procesos dominantes en los interfluvios son erosión laminar, en surcos y cárcavas en función de su posición topográfica y pendientes (*Figura 16*).



*Figura 16 - Erosión hídrica en surcos y cárcavas.
Fuente: imagen satelital Google Earth.*

La amplitud de los valles es un relieve heredado generado bajo condiciones paleo climáticas de mayor humedad que el presente. El sistema fluvial actual presenta llanuras de inundación poco desarrolladas por donde discurren los colectores principales bajo un diseño unitario meandriforme.

Respecto del río Uruguay, en el área de estudio su planicie posee una amplitud de 5 km, el lecho ordinario se presenta bajo un diseño anastomosado, con brazos secundarios y barras que conforman islas con espiras abandonadas, albardones y cuerpos lagunares. Sobre margen derecha presenta un nivel de

terrazza inferior inundable que se activa ante crecientes episódicas, de las cuales la de mayor magnitud ocurrió en el año 1959, en estos eventos se activan las fajas fluviales de los ríos del Molino, Curro y La China, por efecto de taponamiento o drenaje impedido.

En la *Figura 17* se caracterizan las unidades geológicas geomorfológicas y procesos asociados identificados en las cuencas bajo análisis.

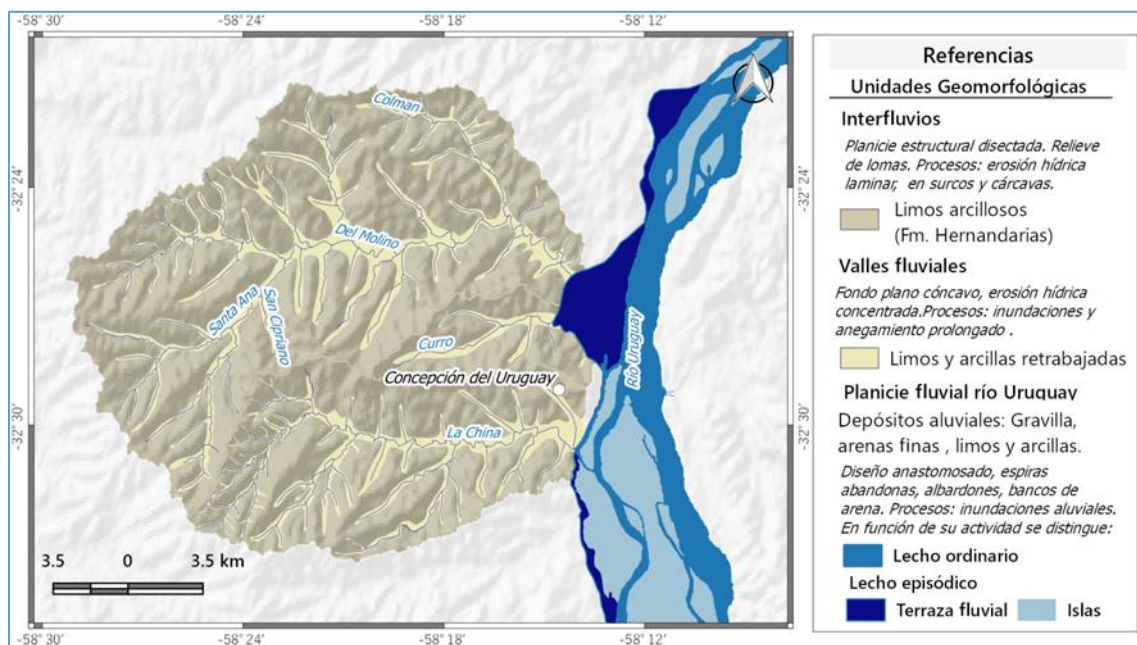


Figura 17 - Unidades geológicas geomorfológicas de las cuencas con desarrollo en Concepción del Uruguay.

9 SUELOS

Los suelos existentes en las cuencas con influencia en la localidad pertenecen a los órdenes Vertisol, Molisol y Entisol.

Los Vertisoles son los que presentan mayor desarrollo en la provincia, a nivel de gran grupo están representado por los Peludertes, son suelos profundos muy oscuros con un elevado porcentaje de arcilla expansiva y susceptibles a la erosión hídrica.

Los molisoles, presentan menor desarrollo que los anteriores y corresponden a nivel de gran grupo a los Hapludoles, son suelos profundos de textura areno franca.

Por último, los entisoles corresponden a los Udifluventes desarrollados a partir de materiales fluviales del río Uruguay.

En la *Figura 18* y la

Tabla 5 se puede observar su distribución a nivel de cuencas y sus características principales.

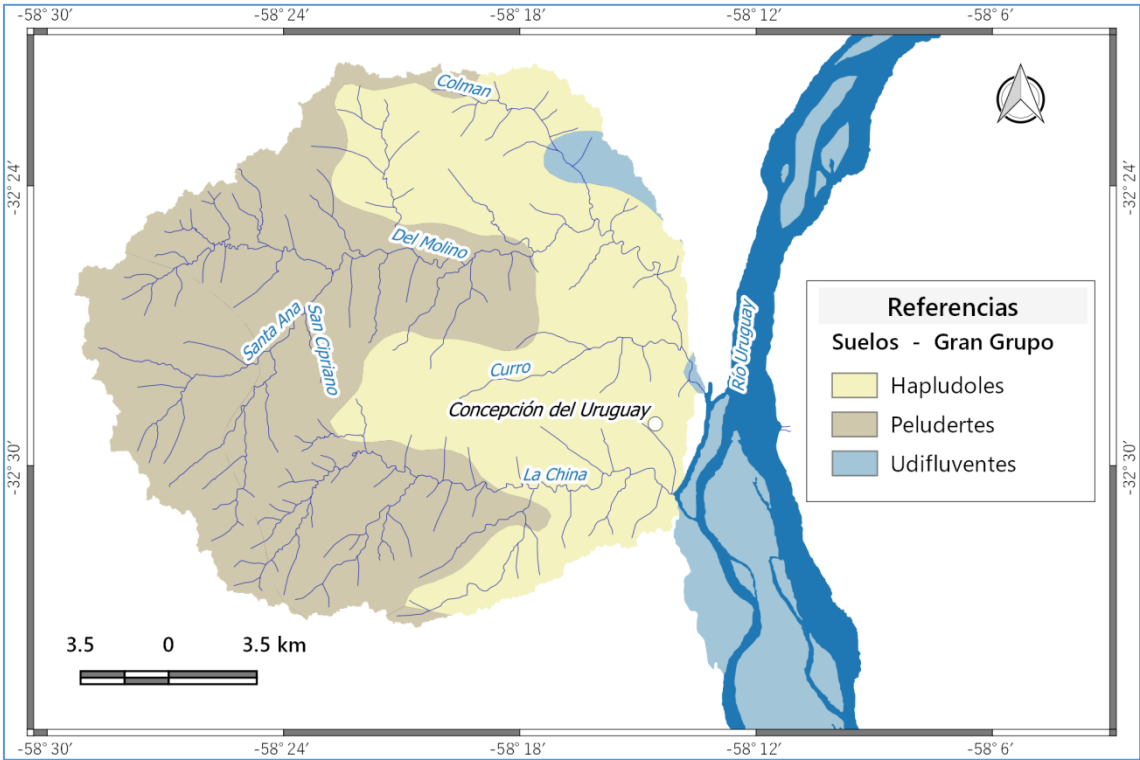


Figura 18 - Suelos a nivel de Gran grupo.

Tabla 5 - características y limitantes de los suelos.
Fuente: IDE-INTA, suelos esc. 1:500000

Orden	Gran Grupo	Textura	Limitantes	Drenaje
Molisoles	Hapludoles	Areno Franca	Drenaje deficiente	imperfecto
Vertisoles	Peludertes	Franco arcillo limosa	Susceptibles a la erosión hídrica	moderado
Entisoles	Udifluventes	Arenosa	Inundables y anegables	Bien drenado

10 VEGETACIÓN

El área bajo estudio se halla incluida en la eco-región del espinal (Burkart et al., 1999), caracterizada por un paisaje plano a suavemente ondulado ocupada por bosques bajos, sabanas y pastizales, transformados en gran parte por actividades agrícolas.

Los bosques son de especies leñosas xerófilas, de un solo estrato, donde predominan las especies de Ñandubay, Algarrobos, Molle, Espinillo y Palmeras de Yatay.

Las plantas herbáceas están representadas por gramíneas de los siguientes géneros: Stipa, Piptochaetium, Bromus, Aristida, Briza, Setaria, Melica, Poa, Paspalum y Eragrostis. Las variaciones en el suelo y anegamiento dan origen otras comunidades vegetales como: pastizales halófilos, pajonales (espadañales, juncuales y totorales), comunidades boscosas en galería restringidas al ámbito fluvial de los arroyos y río Uruguay.

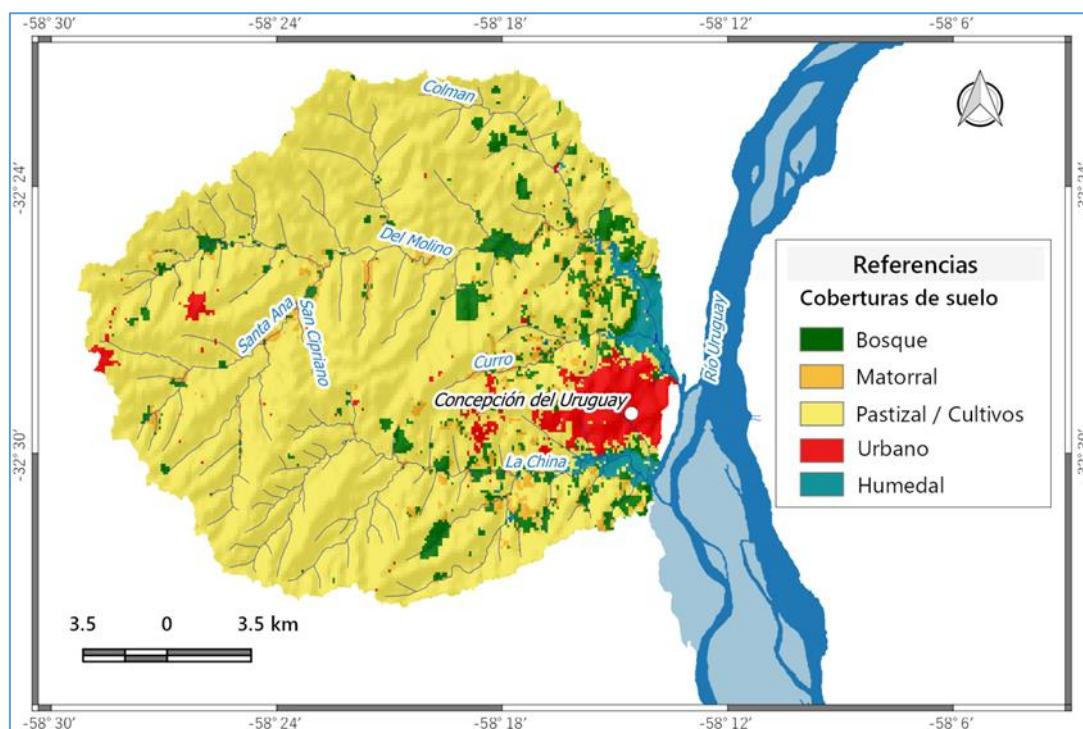


Figura 19 - Coberturas de Suelo.

Fuente: Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m.

Para caracterizar la vegetación según macrocuencas se utilizaron los mapas de coberturas de Copernicus Land Service, de cobertura física natural y antrópica observables de la superficie terrestre, generados a partir del empleo

de imágenes del satélite PROBA-V, aplicando fusión de observaciones a 100 m y 300 m, junto a métodos de clasificación supervisada random forest para el año 2019. La información obtenida refiere que la cobertura dominante en las cuencas de aporte corresponde a pastizal/cultivos.

SECCIÓN II - MODELADO HIDRÁULICO

11 MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA LOCAL DE APORTE

11.1 METODOLOGÍA

Para los estudios hidrológicos - hidráulicos se empleó el modelo de gestión de aguas pluviales EPA SWMM (Storm Water Management Model) de la Agencia de Protección del Medioambiente de los Estados Unidos (USEPA, U.S. Environmental Protection Agency), es un modelo numérico que permite simular el comportamiento hidrológico - hidráulico de un sistema de drenaje urbano, tanto en términos de cantidad de agua como en la calidad de esta. Este modelo lleva más de treinta años de uso en los Estados Unidos y se ha difundido por todo el mundo, siendo una herramienta de cálculo reconocida a nivel mundial.

Para los estudios hidrodinámicos se utilizó el programa Hec Ras 6.3, el cual es desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center, HEC) del Cuerpo de Ingenieros de la armada de los Estados Unidos. Este programa permite la simulación de flujo impermanente en dos dimensiones mediante la resolución de ecuaciones de onda difusiva en una matriz de elementos finitos. También permite incorporar a la simulación elementos de infraestructura pluvial.

11.2 CRITERIOS DE DISEÑO

11.2.1 Duración y distribución de tormenta de diseño

Para la elaboración de las lluvias de proyecto, se tomó como base el Estudio de tormentas de diseño para la provincia de Entre Ríos realizado por la Dirección de Hidráulica de la provincia de Entre Ríos y la Facultad Regional de Concordia, de la Universidad Tecnológica Nacional en el año 2008 mediante el método de regionalización para las distintas ciudades de la provincia.

De este estudio se tomaron las curvas IDT de la localidad para determinar la tormenta de diseño a modelar (*Figura 20*).

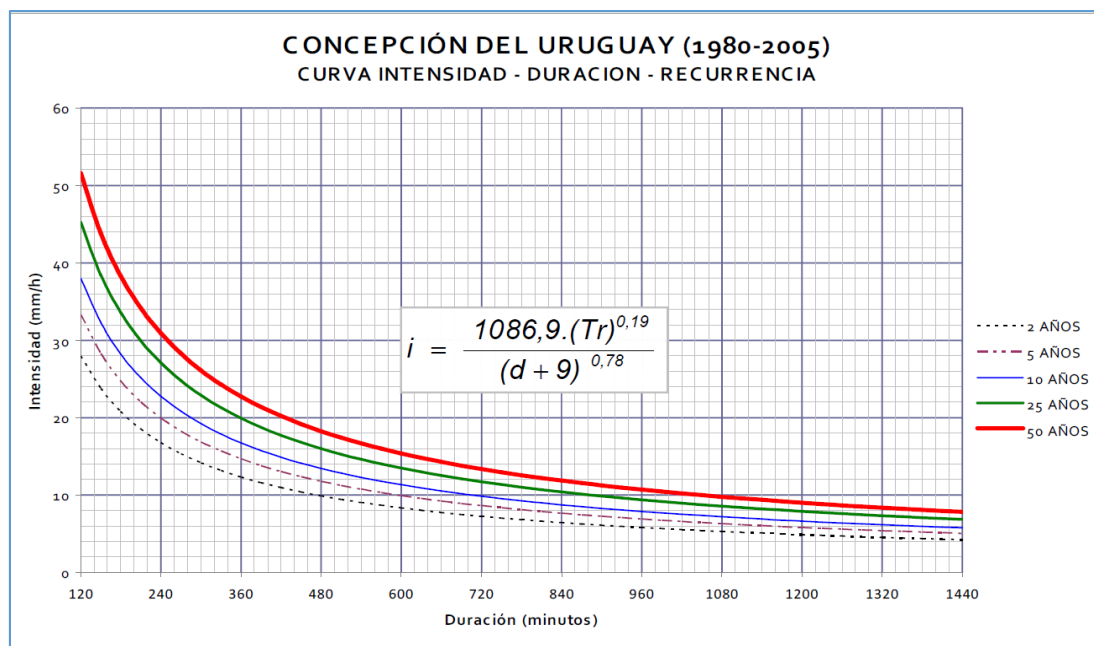


Figura 20 - Curvas I-D-T para la ciudad de Concepción del Uruguay.

La duración de tormenta se determinó en base al tiempo de concentración de la cuenca, mediante la fórmula del SCS.

$$T_{c_{SCS}} = 3.42 * L^{0.8} * \left[\left(\frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0.7} * S^{-0.5}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos

L: Longitud de cauce principal en kilómetros

CN: Curva número característico de la cuenca (adimensional)

S: Pendiente media longitudinal del cauce principal en metros/metros.

Tabla 6 - Parámetros de la cuenca para cálculo de Tiempo de concentración

Cuenca	Area [Ha]	Cota sup [m]	Cota inf [m]	Long Cauce Ppal [km]	S media [m/m]	CN
A° Las Mellizas	425	42	8	3.8	0.0089	77

Adoptándose una longitud media de cauce principal de 3,8 km, un CN ponderado de 77 (para suelo tipo C y grado de impermeabilización según [Tabla 9](#)) y una pendiente media de 0,0089 m/m, la duración de tormenta adoptada, en

Tabla 7 – Grupo de suelos SCS

Grupo hidrológico del suelo	Infiltración cuando están muy húmedos	Características	Textura
A	Rápida	Alta capacidad de Infiltración > 76 mm/h	Arenosa
B	Moderada	Capacidad de infiltración 76-38 mm/h	Arenosa-limosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa
C	Lenta	Capacidad de infiltración 36-13 mm/h	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa
D	Muy Lenta	Capacidad de infiltración <13 mm/h	Arcillosa

11.3 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS CUENCAS Y SUBCUENCAS DE ESTUDIO

La zona de estudio comprende las cuencas de aporte al arroyo Las Mellizas, afluente del arroyo La China. Su límite norte se ubica en coincidencia con la traza de ferrocarril, la cual constituye una de las divisorias de aguas principales de la zona. Hacia el oeste abarca el distribuidor vial del cruce entre rutas RN N° 14 y RP N° 39. Por el sur la cuenca limita en las divisorias de aguas naturales de las distintas subcuencas aportantes al A° Las Mellizas. Al este la cuenca limita con la divisoria de aguas topográfica local.

La división en subcuencas se realizó atendiendo a la sistematización actual de los escurrimientos a fin de discriminar los caudales de aporte a los distintos elementos pluviales (canalizaciones y alcantarillas existentes). En la [Figura 21](#) se grafica la división en subcuencas, los sentidos de escurrimientos con flechas verdes, las alcantarillas existentes en puntos rojos y la traza actual del A° Las Mellizas. Las subcuencas S5, S6 y S7 escurren superficialmente hacia el arroyo, mientras que las subcuencas S1, S2 y S3 conducen y concentran los escurrimientos al norte del terraplén de la RP n°39 hasta encontrar la alcantarilla de cruce identificada como “AE5” ([Figura 22](#)), mientras que la S4 se suma aguas debajo de ésta.

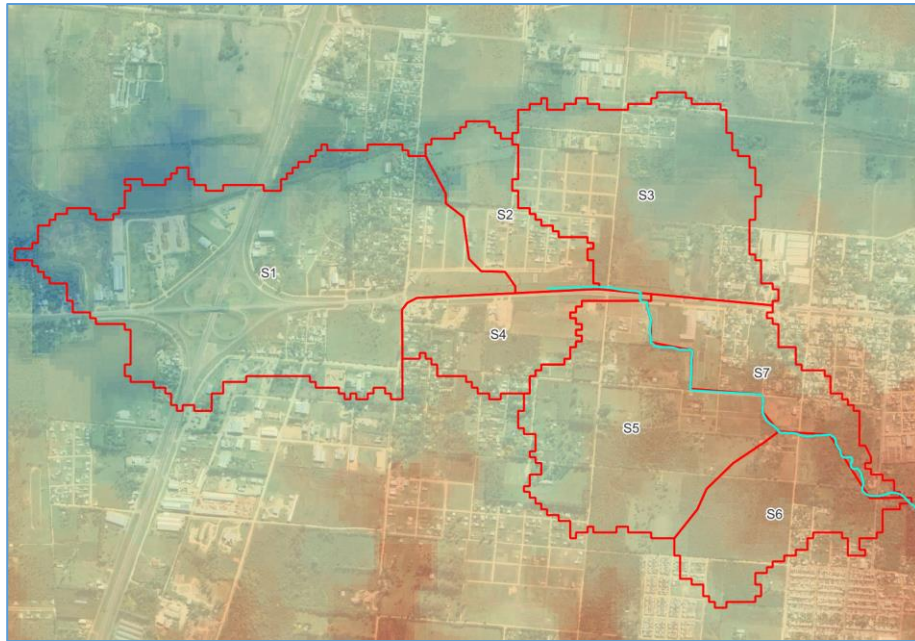


Figura 21 - Subcuencas de estudio.

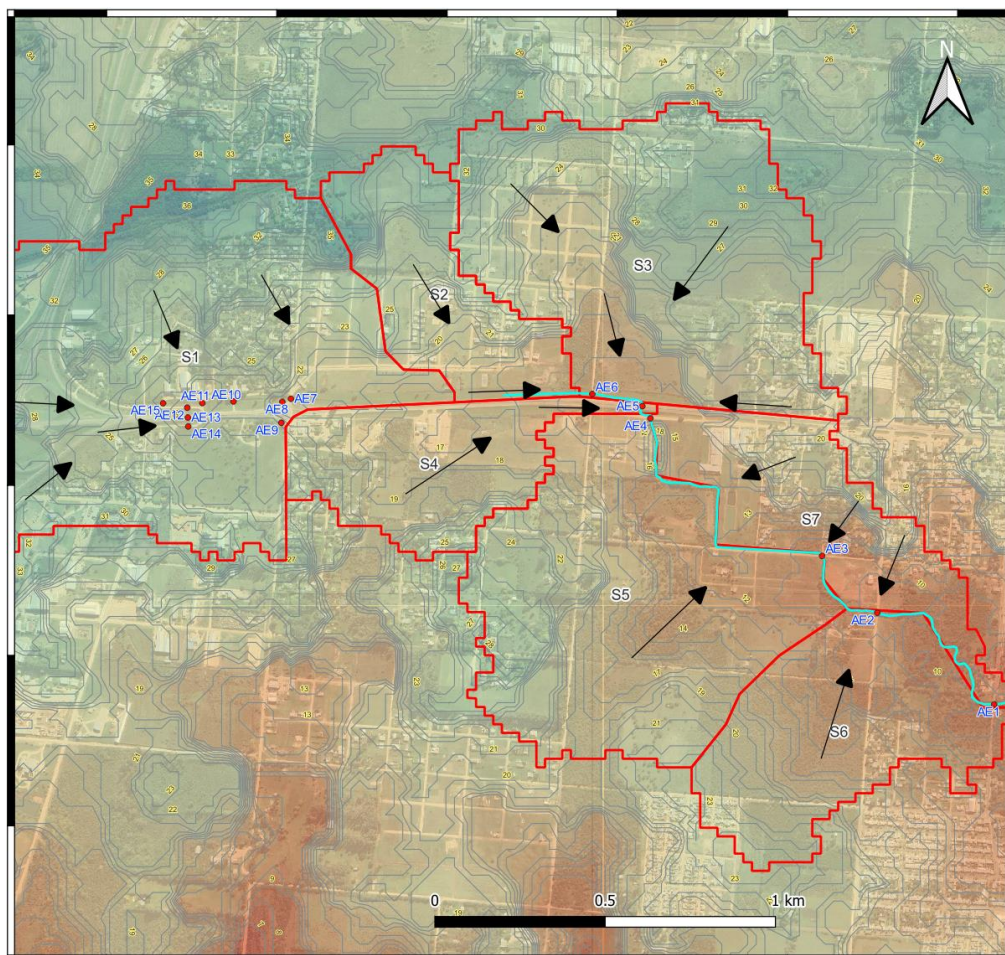


Figura 22 - Alcantarillas existentes; Sistematización de escurrimientos actual

Tabla 8 - Dimensiones alcantarillas existentes

Alcantarilla	Cant	B [m]	H [m]	Diámetro [mm]	L [m]
AE1	2	3.9	2		10
AE2	3			1000	10
AE3	2			1300	22
AE4	2	2.4	1.2		8
AE5	2	2.9	2.8		18
AE6	3			800	10
AE7	2	2.4	1.5		7.5
AE8	1			1000	63
AE9	1			1000	7.5
AE10	4			3x900 + 1x1000	7.5
AE11	6			2x650 + 2x1000	10
AE12	3	2	1.3		20
AE13	2	2	1.3		10
AE14	1	0.9	0.9		12
AE15	1			1300	12

Para la determinación de precipitación efectiva se utilizó el método de curva número del SCS, calculando este parámetro para las distintas subcuencas en función de su tipo de suelo, cobertura y porcentaje de impermeabilización. Tomando un CN=75 para suelos no impermeabilizados tipo C y un CN=99 para superficies impermeables.

Tabla 9 - parámetros característicos de las subcuencas modeladas.

Cuenca	Área [Ha]	Ancho característico W [m]	Pendiente S [%]	Área impermeable [%]	CN adoptado
S1	148.05	700	1	5	76
S2	27.45	275	1.7	5	76
S3	76.2	575	1.3	8	77
S4	28.42	220	0.86	10	77
S5	74.2	590	1.29	4	76
S6	39	280	1.09	5	76
S7	31.7	180	0.7	25	81
Área total	425.02			CN ponderado	77

11.4 DEFINICIÓN DE HIETOGRAMAS

La distribución temporal de la precipitación se determinó en base al Estudio de tormentas de diseño para la provincia de Entre Ríos realizado por la Dirección de Hidráulica de la provincia de Entre Ríos y la Facultad Regional de Concordia, de la Universidad Tecnológica Nacional en el año 2008, donde se determinan los hietogramas característicos para tormentas de distintas duraciones en la localidad de Concepción del Uruguay.

Las obras propuestas se diseñaron para lluvias de una recurrencia de 5 años, 4 horas de duración y una precipitación total de 88mm. Se realizaron verificaciones para tormentas de 25 años de recurrencia, 4 horas de duración y 110mm de precipitación total.

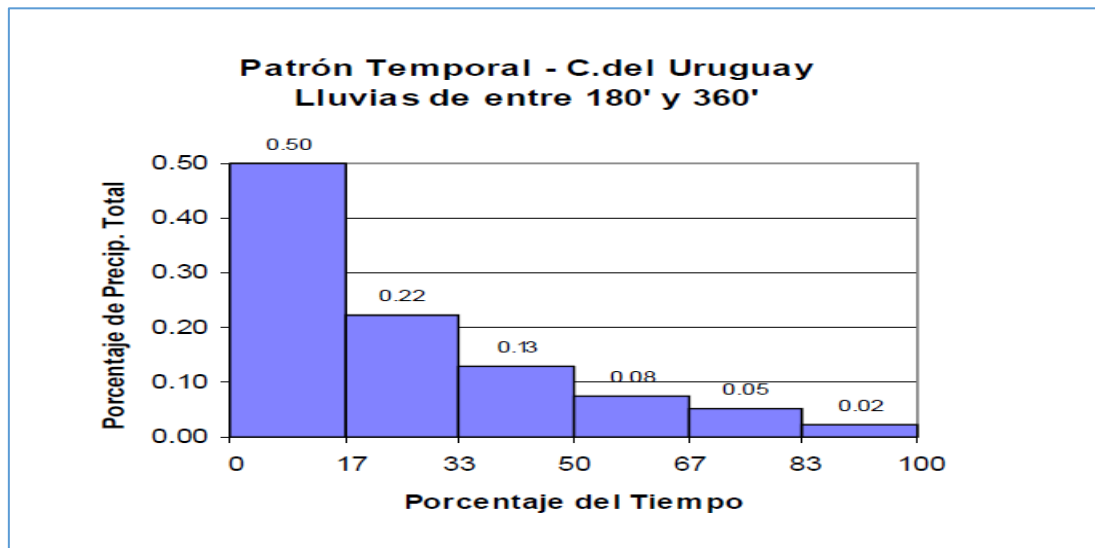


Figura 23 - Hietograma de diseño utilizado en la modelación.

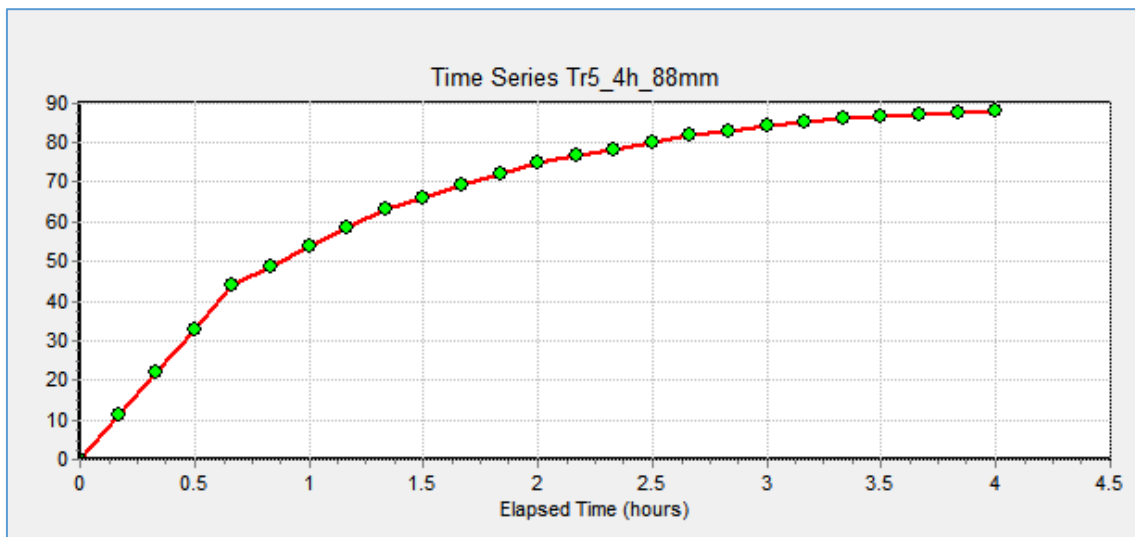


Figura 24 – hietograma acumulado utilizado en la modelación.

11.5 MODELO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO

11.5.1 Modelado de la situación actual

Determinados los caudales de cada subcuenca mediante una modelación hidrológica en SWMM (*Figura 25*), se utilizaron éstos como condiciones de borde en una modelación bidimensional de la situación actual (*Figura 28*) utilizando el programa Hec Ras 6.3, sobre la zona donde se presentan anegamientos frecuentes debidos a un insuficiente drenaje, para lo cual el municipio facilitó un relevamiento aerofotogramétrico actual (*Figura 27*) y del estado de las canalizaciones y alcantarillas existentes (*Figura 27*).

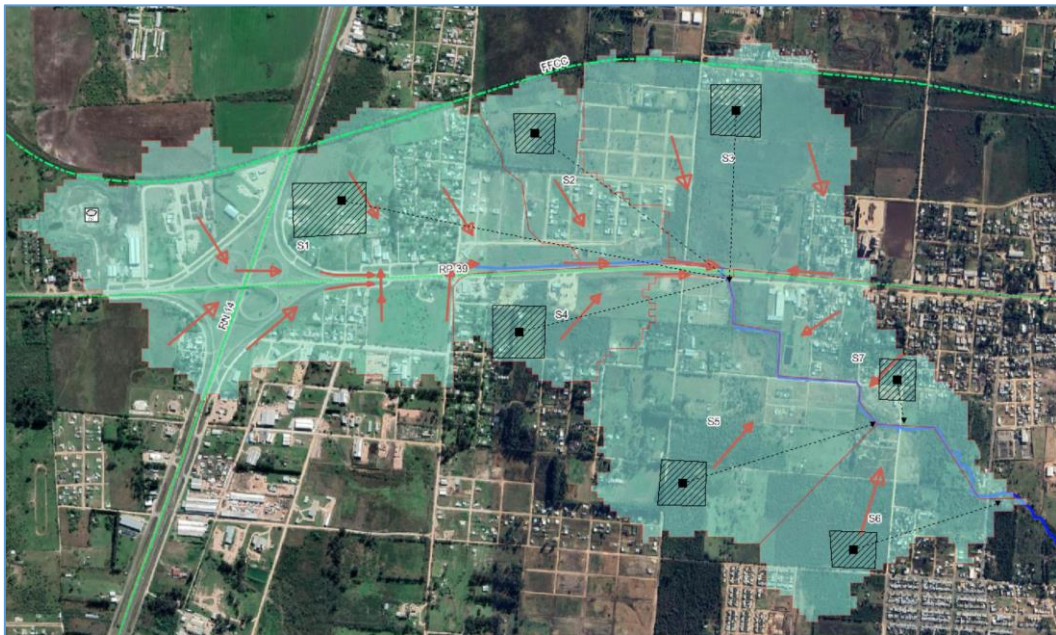


Figura 25 - Elementos modelados en SWMM (Situación actual).

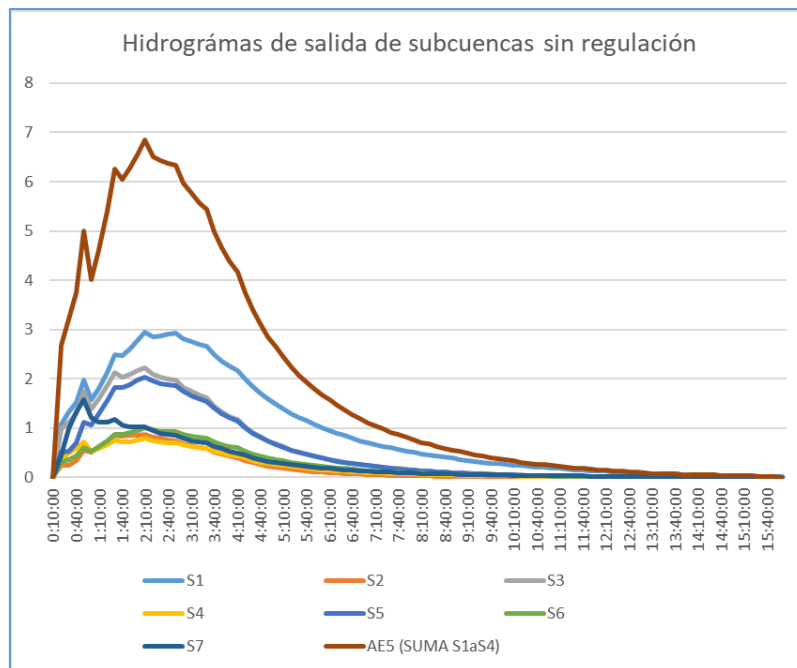


Figura 26 - Hidrogramas de salida de subcuencas - Modelo SWMM



Figura 27 – Área de relevamiento aerofotogramétrico y alcantarillas existentes utilizadas en modelación bidimensional.

Del relevamiento aerofotogramétrico se generó un modelo digital de elevación de resolución 0,125m y precisión vertical promedio 0,17m el cual se procesó para la eliminación de vegetación. Los caudales de cada subcuenca se ingresaron en forma laminar distribuida en líneas de condición de borde. El

mismo se complementó con una superficie virtual generada a partir de un relevamiento topográfico con GPS existente en la zona donde se plantean los reservorios, el cual se adjunta como anexo.

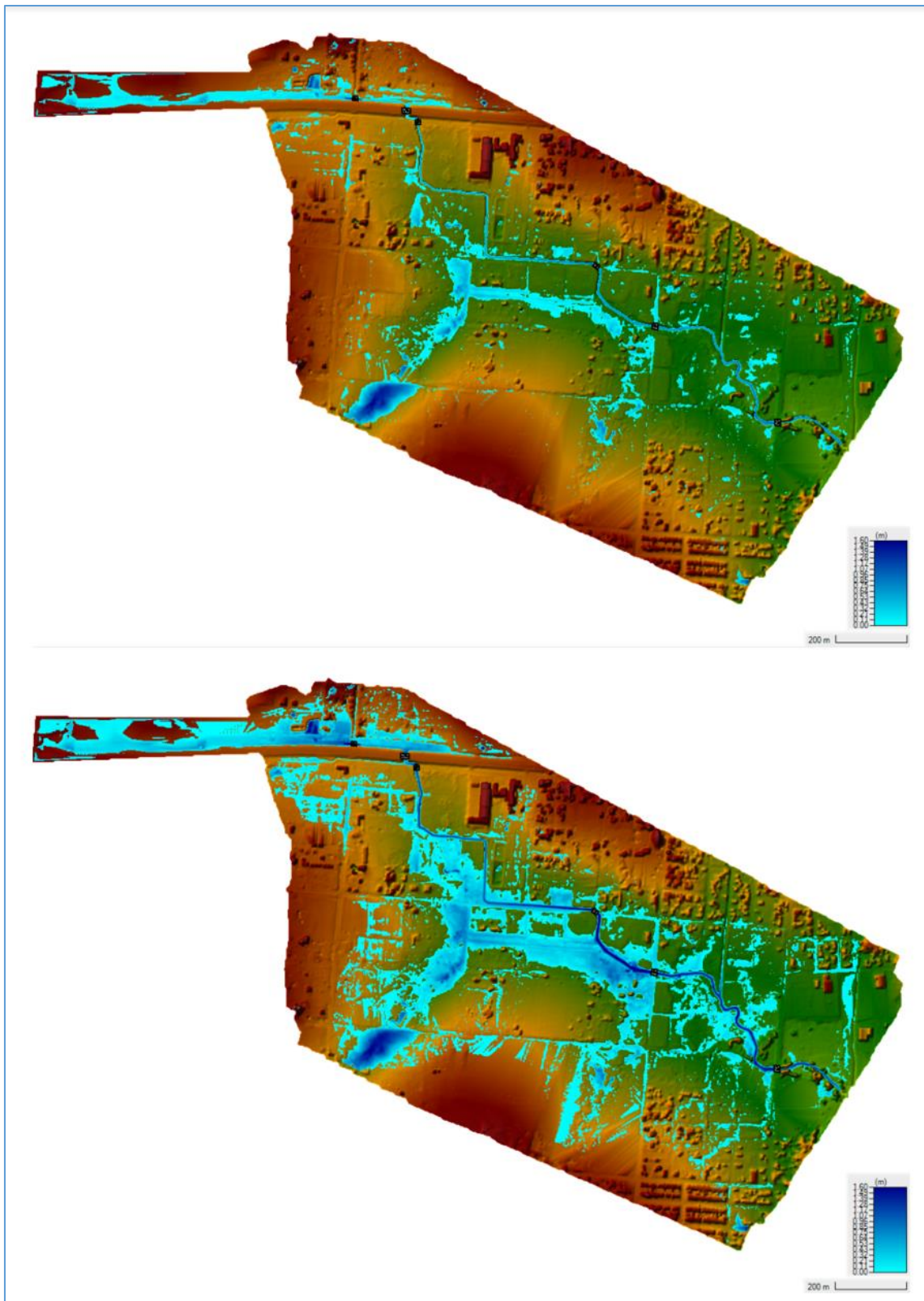


Figura 28 - Profundidades máximas (Situación actual) para tormenta de Tr 5 años, 4 horas de duración y 88mm de precipitación total (arriba) y para Tr 25 años, 4 hs de duración y 110 mm de precipitación total - Modelo Hec Ras.

De las observaciones de los resultados de la modelación de la situación actual se evidencian varias situaciones problemáticas que causan los anegamientos (*Figura 28*).

En primer lugar el volumen precipitado en las subcuencas S1, S2 y S3 al norte del terraplén de RP N° 39 se concentran y acumulan aguas arriba de la alcantarilla de cruce de este (Alcantarilla existente AE5 en este estudio).

En segundo lugar, la modificación de la traza natural del arroyo a raíz de la realización de loteos sobre ésta y la sección insuficiente de la nueva canalización provoca que los escurrimientos desborden y retornen a su traza natural en las zonas bajas.

En tercer lugar, derivada del desborde anteriormente mencionado, estos caudales, sumados al caudal de aporte de la subcuenca S5 desde el suroeste, encuentran el loteo mencionado sobreelevado anegando la zona aledaña a éste y escurriendo a través del mismo.

En cuarto lugar, las alcantarillas existentes, numeradas como AE2 y AE3, presentan una sección insuficiente para los caudales actuales.

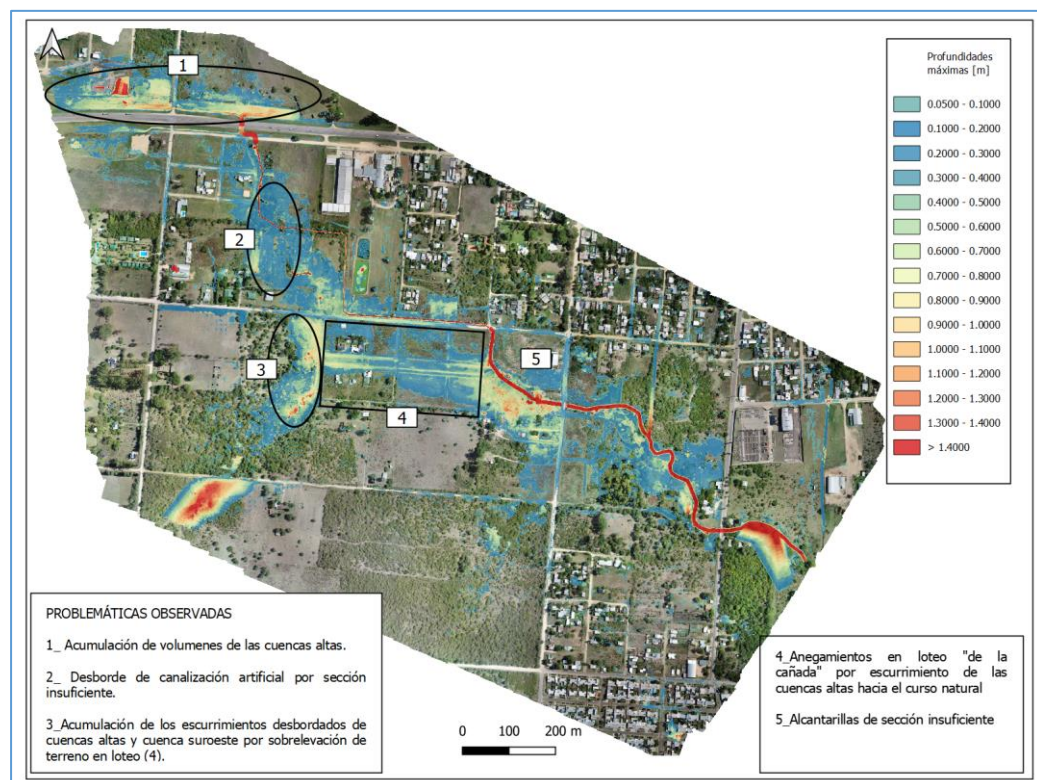


Figura 29 - Problemáticas observadas en modelación de situación actual para una tormenta de 4hs de duración, 110mm de precipitación y recurrencia de 25 años.

11.5.2 Modelado de situación futura con obras implementadas

En base a los resultados observados en la simulación de la situación actual, se propusieron y modelaron medidas correctivas a las problemáticas existentes a saber:

- Construcción de un sistema de 6 reservorios (R1, R2, R3, R4, R5 y R6) al norte de RP n°39 para almacenamiento y laminación de los volúmenes precipitados en subcuencas S1, S2 y S3.
- Construcción de un reservorio de almacenamiento (R7) en el tramo comprendido entre la alcantarilla existente “AE4” hacia aguas abajo, y la primer curva o cambio de dirección a 90 grados hacia el este (actual).
- Canalización sobre nuevo trazado siguiendo la antigua traza antes de ser modificada.

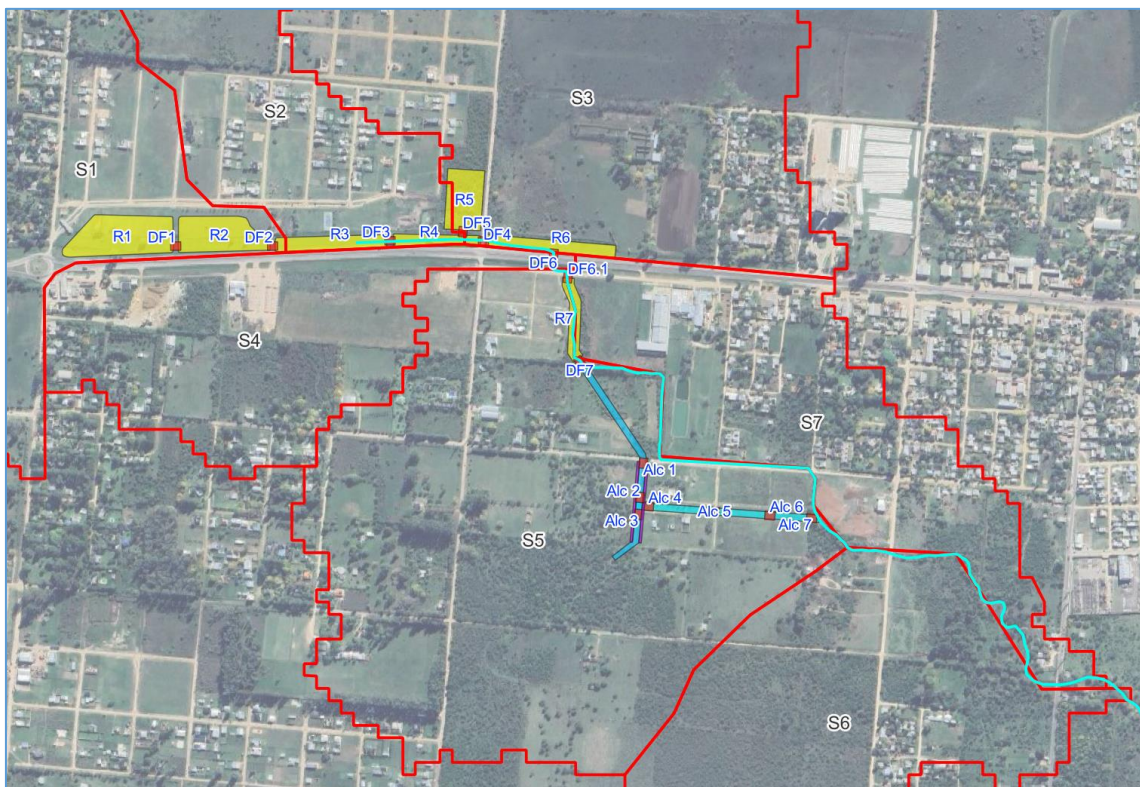


Figura 30 - Esquema de obras propuestas: En amarillo la ubicación de los reservorios; en celeste la canalización; en rojo las alcantarillas.

En primer lugar se modeló el sistema de reservorios y canalizaciones propuesto en SWMM para su dimensionamiento en función de los volúmenes de almacenamiento disponibles, buscando su optimización ante lluvias de recurrencia 5 años. Para ello, a fin de distribuir en los distintos reservorios los

caudales de las subcuencas al norte de la RP n°39, se subdividieron las subcuencas S2 (en partes iguales) y S3 (en proporción al área que se muestra en la *Figura 31*).

La metodología para modelar los reservorios fue la utilización de canales trapeziales de igual ancho y taludes que los propuestos, con una longitud equivalente, debido a la irregularidad de las formas de estos. Respecto de la profundidad, se les dio una profundidad 0,5 metros mayor respecto del 1,0 metro proyectado para colocar a esa altura (1m) elementos que simulan los vertederos para poder verificar el no desbordamiento, y en caso de existir, cuantificarlo. A la vez se simuló el funcionamiento de descargadores de fondo y alcantarillado.

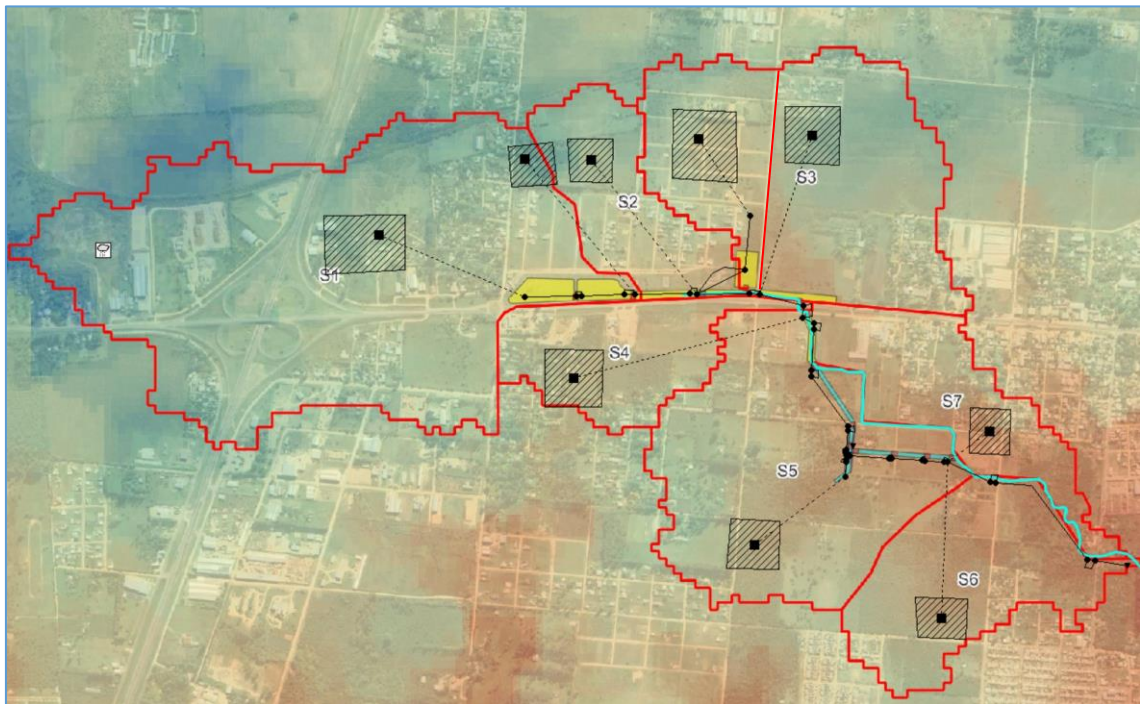


Figura 31 - Esquema modelado en SWMM.

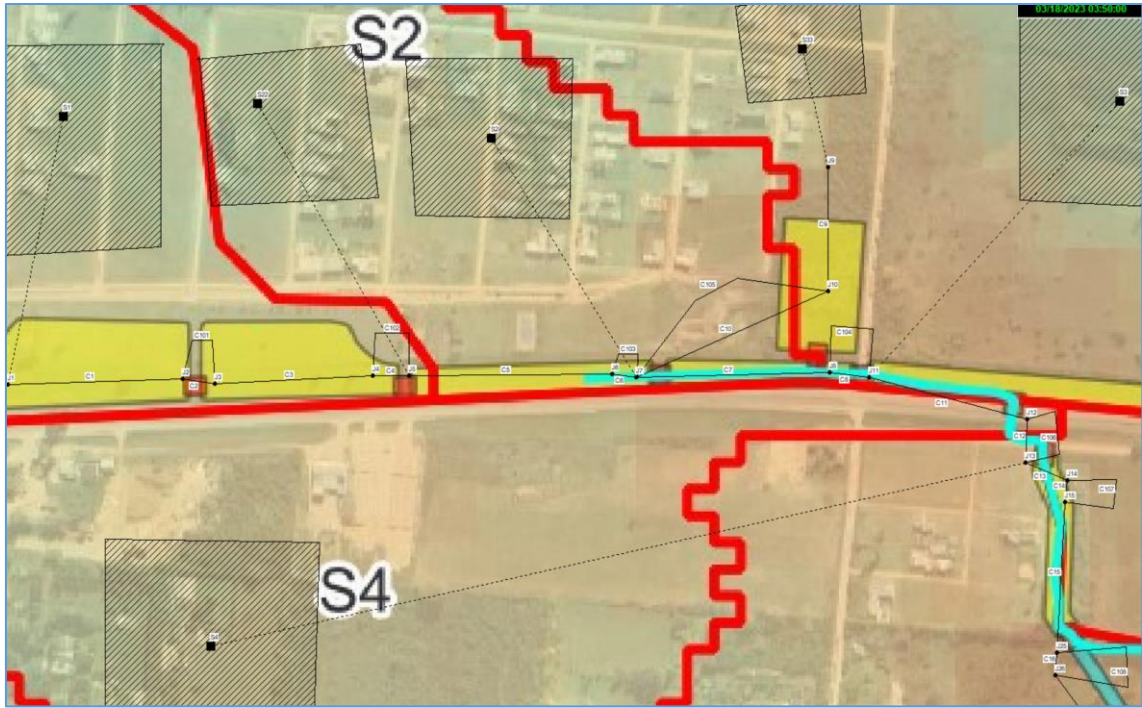


Figura 32 - Elementos modelados - SWMM

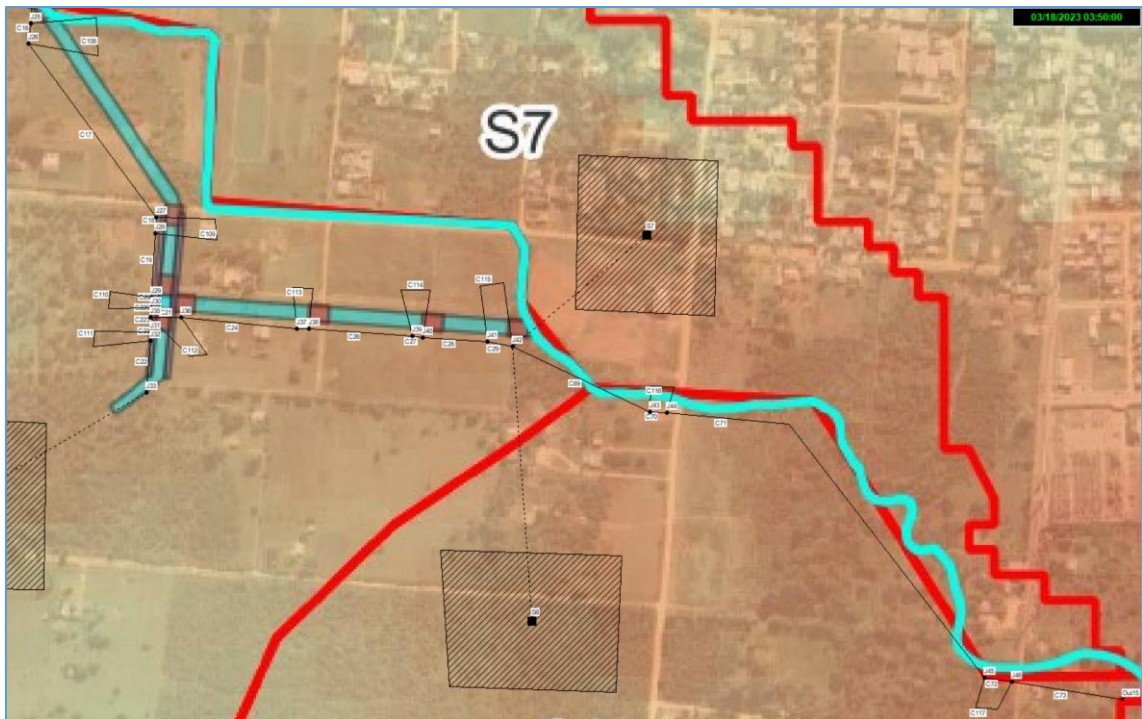


Figura 33 - Elementos modelados - SWMM

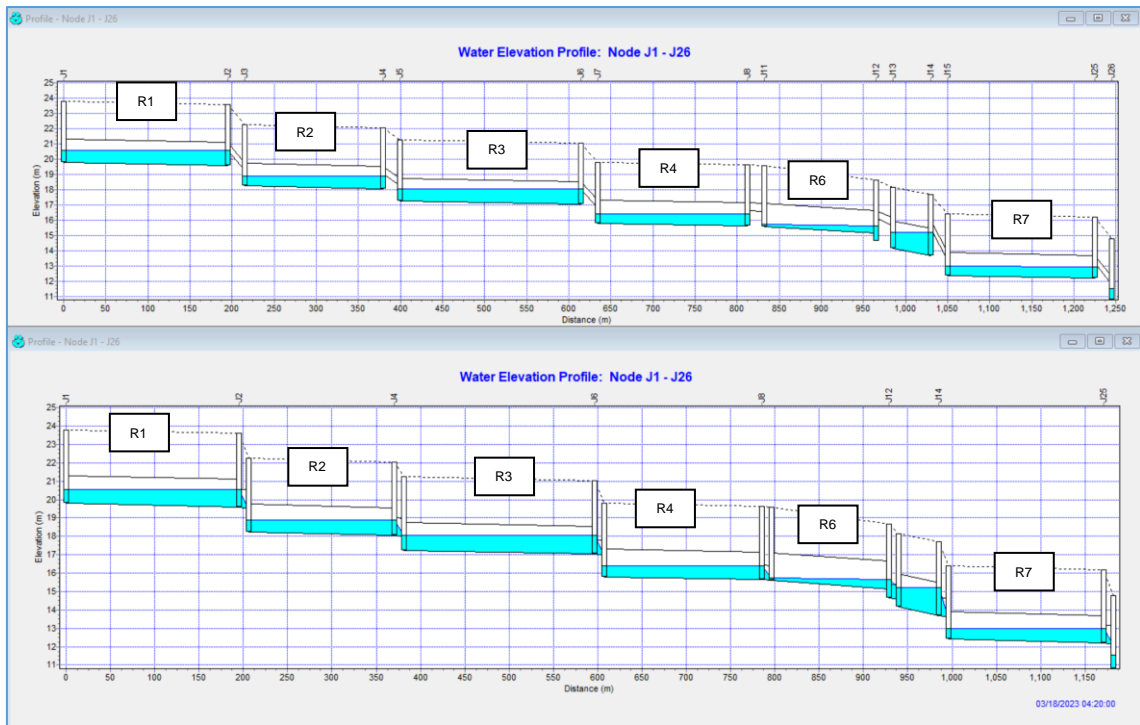


Figura 34 - Perfiles longitudinales de sistema de reservorios. Arriba: Verificación de no desborde al pico de hidrograma (Vertederos). Abajo: Descargadores de fondo.

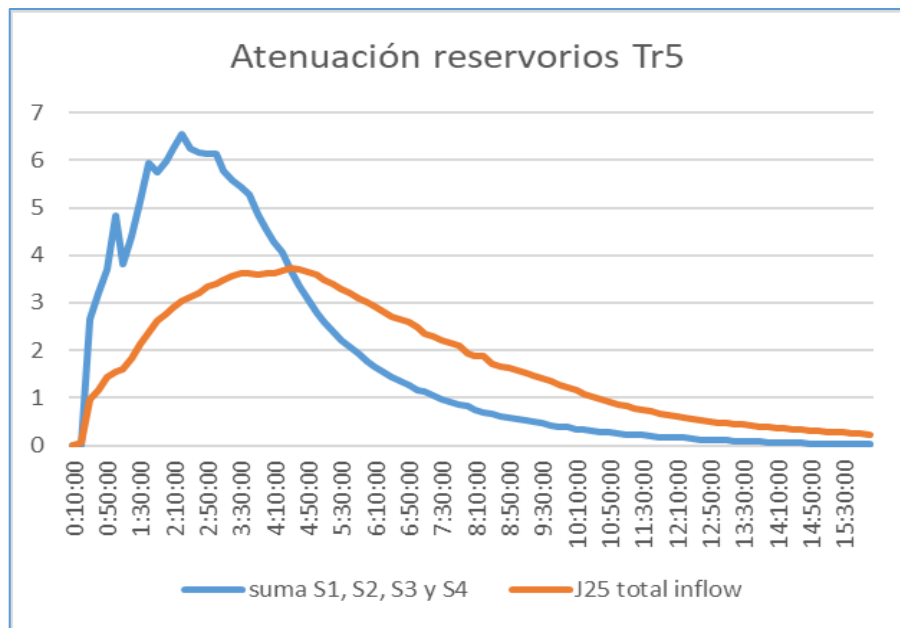


Figura 35 – Hidrograma de salida del sistema de reservorios vs sumatoria de caudales de salida de cuencas S1, S2, S3 y S4 sin atenuar para lluvia de 88mm, Tr 5 años y duración 4 hs.

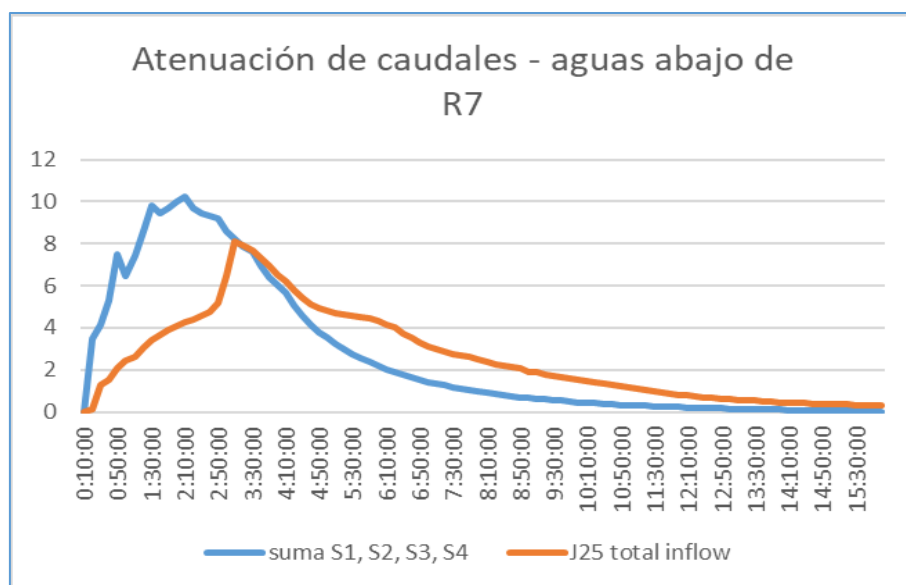


Figura 36 – Hidrograma de salida del sistema de reservorios vs sumatoria de caudales de salida de cuencas S1, S2, S3 y S4 sin atenuar para lluvia de 110mm, Tr 25 años y duración 4 hs.

Se adjuntan los archivos “Project Data” que contiene la información de los elementos modelados y “Status Report CdU” que presenta los resultados de la modelación para tiempos de recurrencia de 5, 10 y 25 años.

En la modelación bidimensional se implementaron las modificaciones mencionadas según el esquema de modificaciones de la [Figura 30](#) y se ingresaron los caudales de cada subcuenca en forma laminar distribuida en líneas de condición de borde.

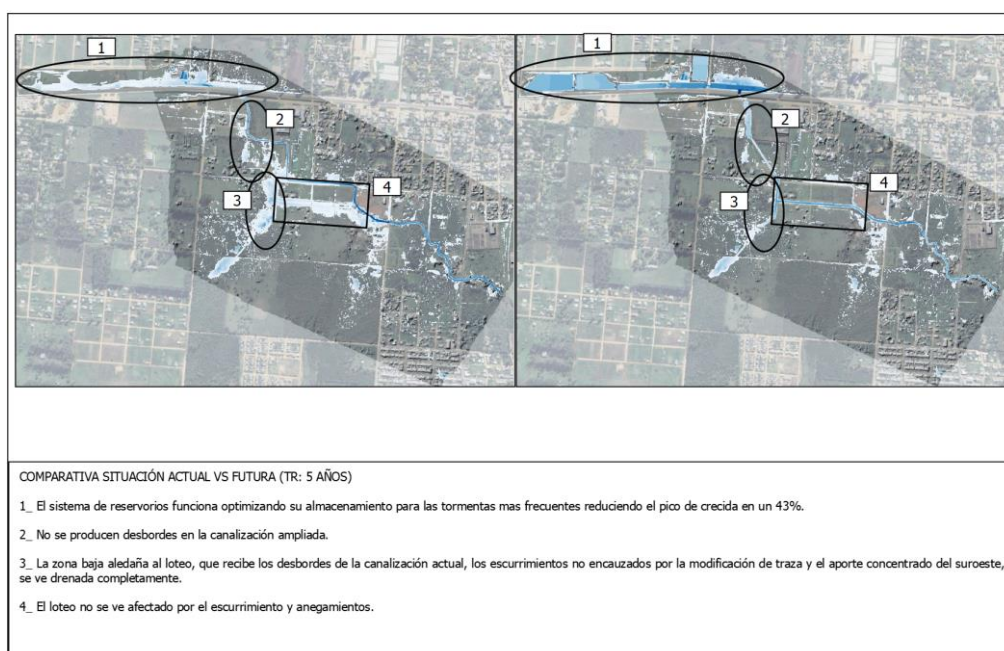


Figura 37 - Resultados de modelación bidimensional con obras implementadas.

11.5.3 Vertedero reservorio 6

En el reservorio 6, el último del conjunto de reservorios proyectados aguas arriba de la RP n° 39, se prevé, además del descargador de fondo proyectado para la atenuación de tormentas de recurrencias modeladas, un vertedero de cresta angosta para evitar que eventuales lluvias eleven el pelo de agua en exceso, comprometiendo el acceso vial e inmediaciones. Para ello se propone una estructura y se verifica la cota máxima de sobreelevación del pelo de agua.

Para el cálculo se utilizó la fórmula para vertederos de cresta angosta simplificada, aplicable a los casos en que la velocidad de aproximación es baja.

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

Se plantea un vertedero en forma de herradura recta a la entrada de la alcantarilla “AE5” según plano de detalle, de ancho 5,75m, largo 4,00m y altura 1,00m. Por lo que la longitud resulta en L=13,75m.

El caudal se tomará como el máximo en el nodo para un Tr de 50 años, el cual es de 10,52 m³/s, al cual se le resta lo erogado por el descargador de fondo (4.56 m³/s).

El coeficiente de descarga del vertedero será incógnita junto con h, los que se definirán con la siguiente tabla:

H _d /h	h=0.05	h=0.10	h=0.20	h=0.40	h=0.60	h=0.80	h=1.00	h=1.50
0.5	2.316	2.285	2.272	2.266	2.263	2.262	2.262	2.261
1.0	2.082	2.051	2.037	2.030	2.027	2.026	2.025	2.024
2.0	1.964	1.933	1.919	1.912	1.909	1.908	1.907	1.906
10.0	1.870	1.839	1.824	1.817	1.815	1.814	1.813	1.812
∞	1.846	1.815	1.801	1.793	1.791	1.790	1.789	1.788

Donde “**H_d**” es la altura del vertedero en metros y “**h**” la altura del pelo de agua por sobre el vertedero.

Datos:

H_d = 1 m

L = 13.75 m

Q = 5.96 m³/s

Resultando C = 1.87 y h=0.38

Resultados admisibles contemplando que la cota superior de embalse del reservorio 6 es 16.6 m.s.n.m y la cota superior de la alcantarilla tipo Z existente que cruza la ruta (17.8 m.s.n.m).

12 MEDIDAS ESTRUCTURALES PROPUESTAS

1_ Sistema de reservorios de laminación: Consta de 7 reservorios que almacenan los caudales generados en las subcuencas S1, S2, S3 Y S4 que confluyen a la canalización existente entre el terraplén de la RP n°39 y la colectora sur, sobre la traza del Arroyo.

. Al norte de los mismos, sobre el terreno natural y/o los terraplenes de cierre laterales, se propone un camino de mantenimiento de 1240 metros lineales el cual contará con iluminación.

Las dimensiones de éstos son de una profundidad de 1 metro, taludes 3h:1v, longitud, ancho y forma variable según documentación gráfica, cuyos volúmenes equivalentes modelados se detallan a continuación:

	L	ancho solera	Vol [m3]	Cant Desc Fdo	Desc Fdo DN [mm]	L desca rg [m]
R1	195	76	15405	1	1000	11
R2	164	73.5	12546	1	1000	11
R3	215	22	5375	1	800	11
R4	178	20	4094	2	800	11
R5	118	66	8142	1	600	11
R6	266	21	6384	2	800	11
R7	175	18	3675	2	1000	11
total			55621			

Tabla 10 - Volúmenes de almacenamiento de reservorios modelados.

2_ Restitución de traza del arroyo mediante 840 metros de canalización en suelo natural de sección trapezoidal de 6 metros de solera, 1,3 metros de alto, taludes 3h:1v, 14 metros de ancho superficial.

3_ Calles paralelas al sur de calle Alberdi entre las cuales corre la traza del canal en boulevard y alcantarillado de cruce vial según planos de detalle.

ANEXOS

1. PLANOS

1. Plano de ubicación
2. Plano de cuencas general
3. Cuencas de estudio – Dinámica hídrica actual
4. Cuencas – Cartas Topográficas
5. Planimetría de obras
6. Sección tipo – canalización
7. Plano de detalle alcantarillas y descargadores de fondo
8. Plano de detalle Vertedero R6
9. Perfiles longitudinales
10. Perfiles transversales – excavación – cómputo
11. Perfiles transversales – terraplenes – cómputo
12. Plano de Alambrados y Desbosque, destronque y limpieza de terreno – cómputo
13. Detalle calles-boulevard
14. Planimetría reservorios

2. INFORME MODELACIÓN

1. Informe modelación SWMM