



# PROYECTO FINAL

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

## Unidad temática 1

Elección del tema. Investigación preliminar. Justificación del problema a resolver.

Alumno: Fortunato Germán Ariel

N° de legajo: 29377

Jefe de Grupo: Ing. Amprimo Juan Cruz

Titular de cátedra: Ing. Eduardo Quartara

## **ÍNDICE**

1.	Elección del tema - Justificación	2
1.1	Lineamientos de la ordenanza referidos a la cátedra Proyecto Final que se pretenden cumplir:	3
1.2	Justificación del tema elegido para el desarrollo del Proyecto Final	4
1.3	Conclusiones	7
2.	Investigación preliminar	8
2.1	Caso de estudio	8

## 1. ELECCIÓN DEL TEMA - JUSTIFICACIÓN

La elección de la temática en que se centra este trabajo se realizó siguiendo los lineamientos de la ordenanza n°1030 del Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional, la cual aprueba en el año 2004 el diseño curricular de la carrera de Ingeniería Civil vigente.

El diseño curricular de la carrera está dividido en 3 bloques de asignaturas a saber:

1\_ Un primer grupo de **Asignaturas Comunes**, dentro del cual se distinguen dos subgrupos:

1\_a **Materias básicas homogeneizadas**: Son comunes a todas las ingenierías y apuntan a una formación general en los aspectos básicos humanos, técnicos y científicos.

1\_b **Asignaturas comunes de la especialidad**: Aquellas que son propias e indispensables en la formación del Ingeniero Civil. Dentro de éstas se encuentran varias que se pueden llegar a abarcar en el presente trabajo, como ser: Tecnología de los materiales, Estabilidad; Resistencia de los materiales; Hidráulica general y aplicada; Cálculo avanzado; Estructuras de hormigón; Tecnología del Hormigón; Geotopografía; Geotecnia; Hidrología y Obras Hidráulicas; Cimentaciones; Vías de comunicación.

2\_ Un segundo grupo de **Asignaturas Integradoras**: Estas tienen por fin, en la primer etapa de la carrera, introducir al alumno en el ámbito de la Ingeniería Civil mientras se cursan las materias básicas. En los últimos niveles, las asignaturas integradoras son: "Diseño Arquitectónico, Planeamiento y Urbanismo"; "Organización y Conducción de Obras" y "Proyecto Final".

3\_ Un grupo de **Asignaturas Electivas**: Son asignaturas científico-técnicas, de ciencias sociales y gestión ingenieril cuyas temáticas se organizan en seminarios en cada Regional.

En el punto 2.2, Define el "Perfil del Ingeniero Civil", describiendo que es éste quien está encargado de resolver los problemas de infraestructura para la producción de bienes y servicios del país en general: edificios, fábricas, viviendas, puentes, carreteras, vías ferroviarias y navegables, puertos y aeropuertos, aprovechamientos hidroeléctricos, sistemas de riego, defensas aluvionales, distribución de agua, desagües pluviales, cloacales, industriales. También entenderá en seguridad, mantenimiento y operación, modernización, planificación, control ecológico y eficiente reemplazo de la infraestructura, teniendo en cuenta los aspectos técnico-económicos.

El punto 3 refiere sobre las "ACTIVIDADES PROFESIONALES RESERVADAS AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL" aprobadas por resolución del Ministerio de Educación de la Nación, entre las cuales se encuentran las de estudio, factibilidad, proyecto, dirección, inspección, construcción, operación y mantenimiento de: Obras de regulación, captación y abastecimiento de agua; Obras de riego, desagüe y drenaje; Obras de corrección y regulación fluvial;

Estructuras resistentes y obras civiles y de arte de todo tipo; Obras de urbanismo en lo que refiere al trazado urbano y organización de servicios públicos vinculados con la higiene, vialidad, comunicaciones y energía. Dentro de estas actividades reservadas también se encuentran los estudios, tareas y asesoramiento relacionado con, entre otras: Mecánica de suelos; Trabajos topográficos y geodésicos; Planeamiento del uso y administración del recurso hídrico; Estudios hidrológicos, etc.

### **1.1 Lineamientos de la ordenanza referidos a la cátedra Proyecto Final que se pretenden cumplir:**

Sobre esta última asignatura integradora, la de Proyecto Final, la ordenanza reza:

**"5.2.2 Tronco Integrador:** *...Una vez terminada la etapa básica, las mismas materias de especialidad, desempeñan el papel de integradoras para culminar la carrera con el denominado Proyecto Final, que será un trabajo final de Ingeniería que tendrá objetivos directamente ligados con el campo profesional que el futuro egresado elija (...) Es necesario que el trabajo en las asignaturas integradoras tengan el apoyo de un equipo, conducido por los responsables de las asignaturas (...) Que tengan una estrecha relación con las asignaturas paralelas, que aportan el nivel de conocimiento y práctica científico, técnico y social; para que juntos integren la solución a los problemas que se van proponiendo."*

#### **"10. Programa sintético de la asignatura "Proyecto Final":**

##### Objetivos:

- Permitir la adecuación de los conocimientos adquiridos con una perspectiva integradora, completando la formación profesional.
- Desarrollar los criterios para la formulación y evaluación de proyectos.
- Demostrar habilidad para la investigación aplicada a problemas ingenieriles y para la organización y dirección de la tarea profesional.
- reconocer la trascendencia social de la profesión de ingeniero, la inserción de la universidad en el medio, incrementar la relación Gobierno – Investigación – Administración.

##### Contenido:

*El trabajo consiste en desarrollar un proyecto que resuelva una necesidad trascendente y sentida por la comunidad. Debe constituirse en una propuesta válida para la solución del tema elegido, que comprenda el diagnóstico de la situación, la formulación y evaluación del proyecto y el estudio del impacto ambiental. Según el grado de complejidad dispuesto, la propuesta podrá ser estudiada por etapas. El trabajo podrá ser personal o grupal en función de su complejidad."*

### **"Programa analítico de la asignatura "Proyecto Final":**

#### Objetivos específicos:

- *Unidad temática 1: Comprender globalmente la naturaleza del trabajo a desarrollar y su vinculación con el medio.*
- *Unidad temática 2: Visualizar los objetivos a alcanzar y evaluar los antecedentes del caso a resolver.*
- *Unidad temática 3: Comprender la magnitud e importancia de los trabajos a desarrollar para alcanzar las etapas de Anteproyecto y Proyecto.*
- *Unidad temática 4: Caracterizar el tipo y calidad de la presentación final, no solo en cuanto hace a la documentación escrita, sino también a la exposición pública del trabajo.*

#### Contenidos analíticos:

- *Unidad temática 1: Elección del tema. Investigación preliminar para seleccionar los temas posibles. Justificación de los problemas a resolver. Presentación para su aprobación. Elección Final del tema.*
- *Unidad temática 2: Programa de actividades. Formulación de objetivos. Recopilación y evaluación de antecedentes. Metodología. Etapas del desarrollo. Resultados a obtener. Cronograma de trabajo.*
- *Unidad temática 3: Desarrollo del trabajo. Estudio de prefactibilidad y factibilidad. Croquis preliminares. Anteproyecto. Proyecto. Sistemas de Licitación y Contratación. Memoria del Trabajo.*
- *Unidad temática 4: Presentación Final. Presentación mínima: Memoria descriptiva; Memoria de cálculos; Planos; Métodos constructivos; Cómputos métricos; Presupuesto; Modo de operación de la obra."*

## **1.2 Justificación del tema elegido para el desarrollo del Proyecto Final**

Los mayores impactos negativos sobre las sociedades son causados a nivel mundial por las inundaciones, implicando pérdidas de vidas humanas y cuantiosas pérdidas materiales. A su vez, estos eventos, que poseen entre sus componentes a los fenómenos naturales, inciden mas fuertemente sobre los países en desarrollo por su mayor vulnerabilidad general, lo que implica una seria reducción en su crecimiento económico-social.

En el año 2000 Argentina se encontraba en el puesto 14° dentro del contexto mundial de países más afectados por las inundaciones (Banco Mundial, 2000). Informaciones más recientes indican que casi dos tercios del total de

15.756 eventos asociados a procesos naturales registrados en el período comprendido entre 1970-2015, correspondieron a inundaciones y tempestades y, dentro de éstas, las primeras representaron el 70%. Esos eventos tuvieron como correlato una amplia participación en los registros de mortalidad y cantidad de personas afectadas.

El análisis llevado a cabo por el Sistema Nacional de Inventario de Desastres asociado al Sistema Nacional de Alerta y Monitoreo de Emergencias (SINAME), del Ministerio de Seguridad de la Nación (*Figura 1*), indica que cantidad de eventos de inundación ocurridos durante las décadas de años 80 y 90, si bien tuvieron preeminencia de afectación de algunas provincias sobre otras, la característica central ha sido su distribución extendida en todo el territorio, y muy variable acorde a los cambios en la evolución temporal del régimen de precipitaciones. Sin embargo, por su duración y grado de afectación a nivel nacional se destacan las inundaciones ribereñas, o fluviales, ligadas a los valles de los todos los grandes ríos de la cuenca del Plata. En dicha región se genera más del 76 % del PIB nacional y se ubica el 70 % de la población argentina.

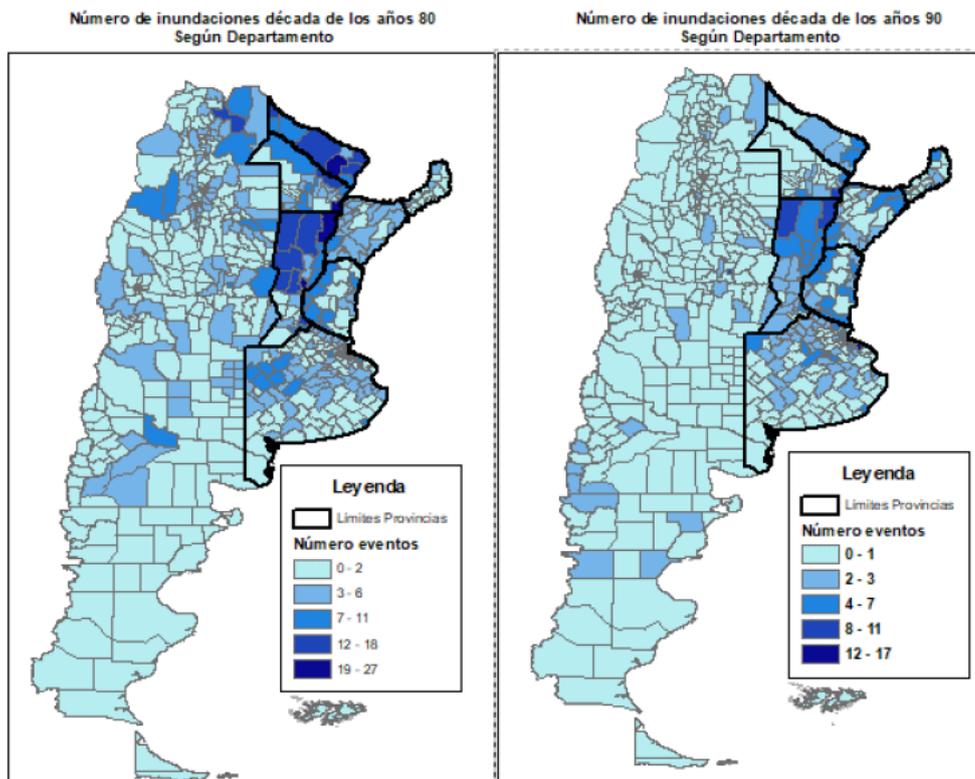


Figura 1 - Inundaciones registradas en las décadas de 1980 y 1990. Fuente: Sistema de inventario de desastres DESINVENTAR.

### Tipos de Inundaciones Urbanas:

En las áreas urbanas básicamente se producen dos tipos de inundaciones:

- “Locales” o pluviales (asociadas a la ocurrencia de lluvias locales sobre el área urbana).
- “Ribereñas” o fluviales (asociadas al crecimiento de ríos y arroyos).

En lo que va de este siglo, Argentina ha sufrido importantes inundaciones urbanas de ambos tipos. Entre las que han alcanzado ribetes catastróficos se destacan las de las ciudades de Santa Fe (2003 y 2007), La Plata (2013), Buenos Aires (2013) y Comodoro Rivadavia (2017).

#### Impactos más frecuentes:

Debido a la extensión del territorio nacional, la variabilidad climática existente, las características geomorfológicas y la infraestructura existente en cada ciudad, la tipología de los eventos y sus impactos ha mostrado variadas características.

Además del impacto ambiental, entre los impactos más frecuentes se destaca la afectación de la infraestructura urbana, de las viviendas, de las actividades económicas (industrial, turismo, servicios y comercios), del transporte y la infraestructura vial (con interrupción y/o limitación parcial o total en la circulación) y, en todos los casos, el aumento de la vulnerabilidad social. Datos del Ministerio de Seguridad de la Nación indican que la cantidad de damnificados por inundaciones solo en el año 2018 alcanzó a 80.000 habitantes aproximadamente.

#### Causas Fundamentales del Aumento del Riesgo de Desastres por Inundaciones Urbanas:

Entre los factores que más inciden en el aumento del riesgo de desastres por inundaciones urbanas se encuentran en el siguiente orden:

- 1°: el crecimiento urbano tradicional, principalmente aquel no planificado, asociado al crecimiento incontrolado de las superficies impermeables;
- 2°: la degradación ambiental de las cuencas de aporte a la ciudad;
- 3°: el cambio climático.

#### Crecimiento Urbano Tradicional:

El crecimiento ordenado de las ciudades impone desafíos de distintas índole, entre los que se encuentra el hecho de satisfacer adecuadamente la

creciente demanda de todo tipo de infraestructuras y de servicios básicos. Un tipo de infraestructura fundamental es la de drenajes pluviales y fluviales urbanos. Su necesidad emerge a partir del marcado impacto que generan las urbanizaciones sobre el ciclo hidrológico.

Estos impactos derivan, principalmente, de: (a) la impermeabilización del suelo, (b) la conexión sin control de las superficies impermeables, (c) la reducción de los procesos de infiltración y de retención superficial, (d) los cambios de pendientes del terreno y (e) la aceleración de los flujos, entre otros.

Todo ello se traduce en una acelerada reducción de los tiempos de traslado del escurrimiento superficial y de un incremento violento de los caudales y volúmenes escurridos, resultando en un aumento de la magnitud y frecuencia de las inundaciones urbanas.

Pese a que todo ello es ampliamente conocido y abordado en los países desarrollados, en los países en desarrollo a cada día se verifica el crecimiento de cordones urbanos generados sin planificación alguna o con planificaciones deficientes, incompletas, ya que no consideran todos los elementos que cabe considerar antes de promover una urbanización.

En relación con el desarrollo urbano Argentina exhibe dos características destacables:

- Posee uno de los más altos porcentaje de población urbana a nivel mundial, 92,11% al año 2020 según el Banco Mundial (2021), superior a la media de América Latina (81,18%), región que, a su vez, se destaca por ser la más urbanizada del Planeta frente a la media mundial (56,15%).
- Posee grandes extensiones deshabitadas entre las que se intercalan importantes ciudades que experimentan un rápido y continuo crecimiento, fundamentalmente en sus áreas periféricas, muchas veces ligadas a zonas naturalmente inundables, despreciadas en las primeras etapas del proceso de urbanización original de la ciudad. La actual situación socioeconómica exagera el aumento de las áreas urbanas sin planificación a un ritmo que supera en la mayoría de las veces a la capacidad de reacción de los gobiernos municipales y a sus planes de ordenamiento territorial.

### **1.3 Conclusiones**

Atendiendo a los lineamientos de diseño de la especialización profesional de los Ingenieros Civiles tendiente a formar a quienes puedan dar respuesta a las necesidades emergentes del desarrollo de la nación; a los lineamientos y organización de la cátedra que nos aboca en éste trabajo, a la magnitud de los impactos negativos que los eventos de inundaciones urbanas generan, no solo en el bienestar individual, sino que, impacta sistémica y estructuralmente en desarrollo del país y, atendiendo a la vocación de quién desarrollará este trabajo, quien además se encuentra trabajando en éste área, es que se propone y elige

como temática general para el desarrollo del trabajo integrador “Proyecto Final” de la cátedra homónima, la de obras de sistematización de drenajes pluviales para prevención de inundaciones.

## **2. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR**

Elegida la temática, se procedió a determinar el caso particular de estudio para el cual se generará una propuesta de obras tendientes a mejorar y/o remediar una situación actual desfavorable o perniciosa respecto de los drenajes pluviales y/o fluviales. Lo cierto es que esta problemática se encuentra en mayor o menor medida en ciudades y localidades ubicadas a lo largo y ancho del país. En vistas de esto, y dado que quien desarrolla se encuentra en contacto cotidiano con este “mapa” de solicitudes, se optó por el caso de una zona en particular dentro de la ciudad de Concepción del Uruguay, sobre la cuenca del Arroyo Las Mellizas, por disponer de los medios que se estiman más favorables para el desarrollo del trabajo, entendiéndose por esto, la disponibilidad de antecedentes de estudios hidrológicos, topográficos, contacto con actores de la gestión pública actual, posibilidad de traslado, entre otros.

### **2.1 Caso de estudio**

El Arroyo las Mellizas es uno de los afluentes del Arroyo La China, el cual a su vez desagua en el Riacho Itapé, brazo del Río Uruguay. Con una longitud de 4000 metros y un área de aporte de 1042 hectáreas es de interés debido a que actualmente es hacia donde se expande la ciudad mediante la generación de loteos y provisión de infraestructura básica residencial ya que, una vez densificada la ciudad respecto del epicentro administrativo a escasos metros del puerto que fuera el motor de su crecimiento de antaño, y estando limitada al norte por el río Curro y al sur por el Arroyo La China, encuentra hacia el oeste, en concordancia con la traza de la ruta provincial n°39 (acceso principal de la ciudad), el único rumbo hacia el cual expandirse.

En la siguiente imagen (*Figura 2*) se señala lo descripto donde se identifica la cuenca y subcuenas del Arroyo Las Mellizas en color rojo, su traza en color azul, las principales vías de comunicación y las limitantes a la expansión urbana que constituyen el Arroyo La China y el Río Curro.



Figura 2 - Ubicación del área de interés

En la *Figura 3* se exhibe un mapa topográfico basado en imágenes satelitales (Modelo digital de elevación o DEM) generadas en diferentes misiones de agencias aeroespaciales (SRTM-NASA), las cuales son procesadas y distribuidas por el Instituto Geográfico Nacional Argentino. En ésta se observa la geomorfología característica de interfluvios con relieves de lomas y valles fluviales producto de erosión hídrica laminar, en surcos y cárcavas.

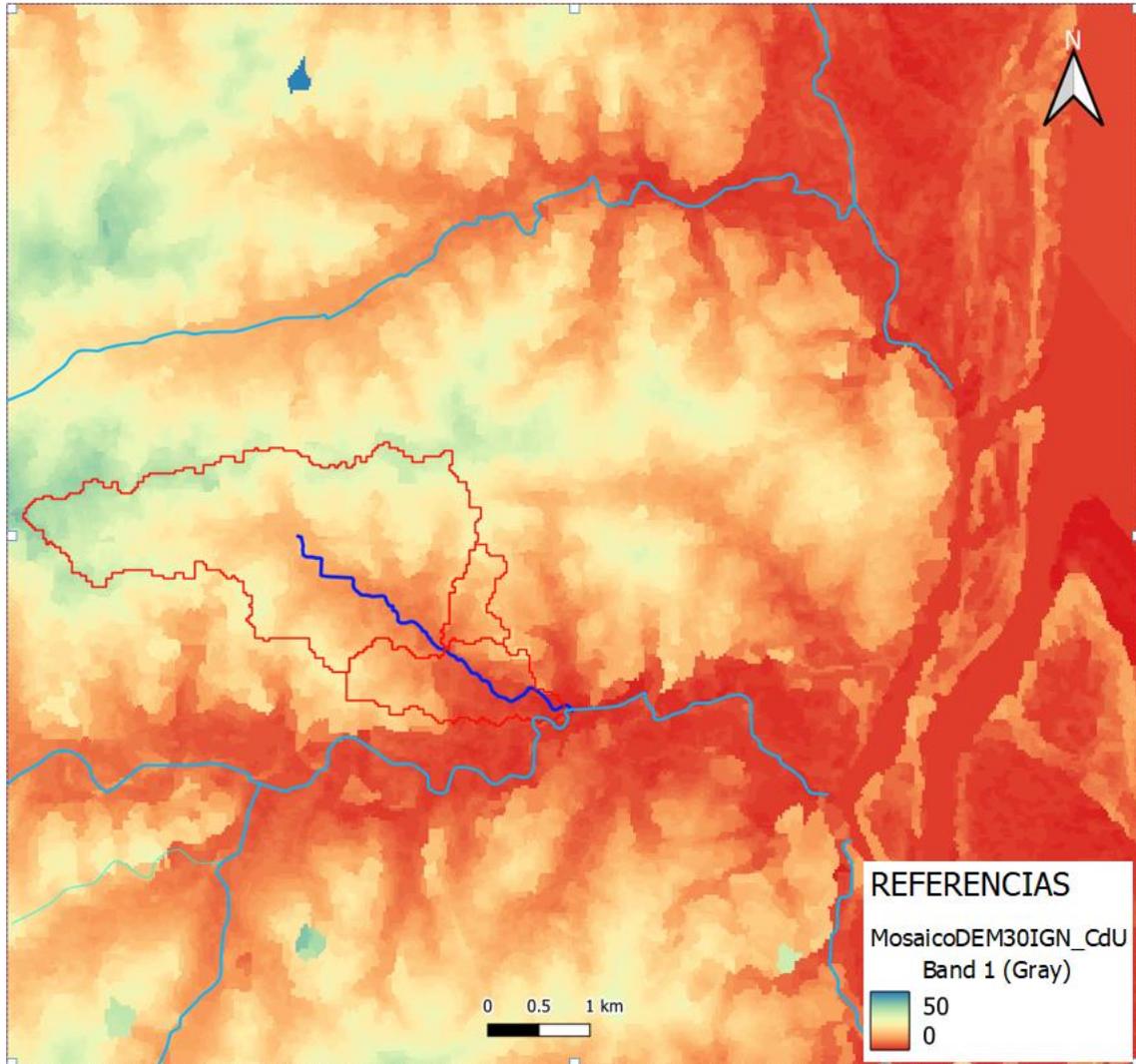


Figura 3 - Modelo digital de elevación MDE-Ar (Escala en m.s.n.m).

En la [Figura 4](#) se muestra en color rojo las cotas por debajo de los 8 m.s.n.m la cual es la cota máxima registrada del Río Uruguay entre los años 1980 y 2008 ([Figura 5](#)). A su vez, los niveles de alerta y evacuación para el mismo son de 5,3 y 6,3 metros respectivamente, según el Centro Operativo de Alerta Hidrológico del Instituto Nacional del Agua (INA). En la [Figura 6](#) se muestra la cuenca del Arroyo Las Mellizas y las áreas de cota inferior a la de la creciente máxima del Río Uruguay, uno de los escenarios máximos probable a contemplar y en la [Figura 7](#) se muestra la evolución de la zona entre los años 2001 y la actualidad.

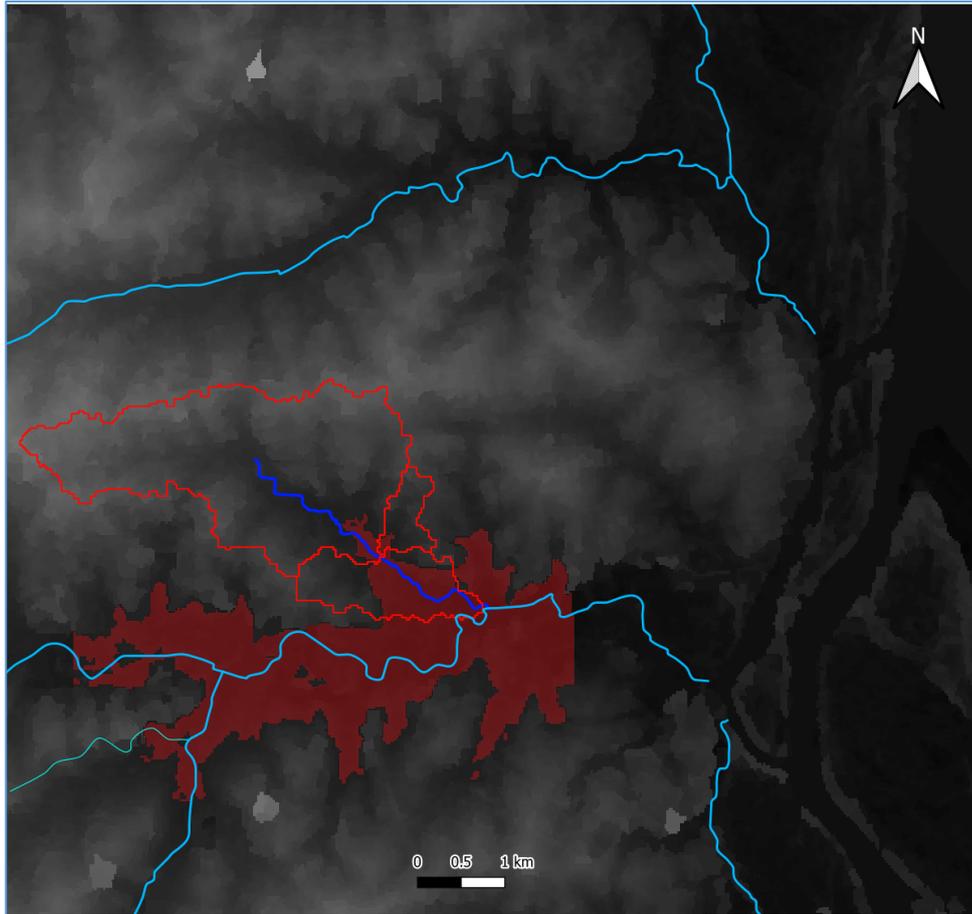


Figura 4 - Modelo digital de elevación - Cota 8m en rojo (Máxima del Río Uruguay).

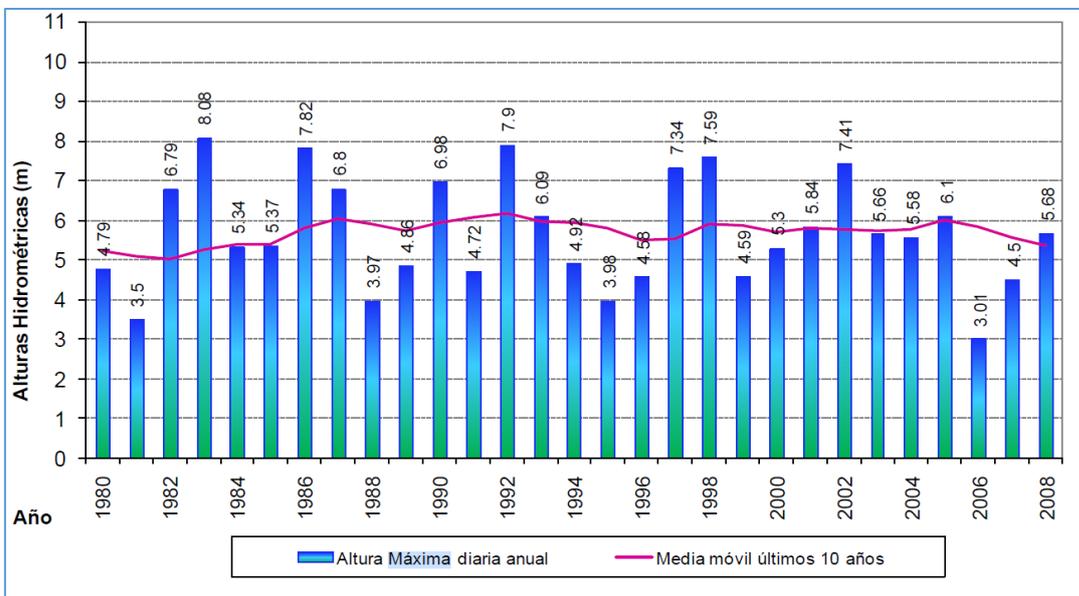
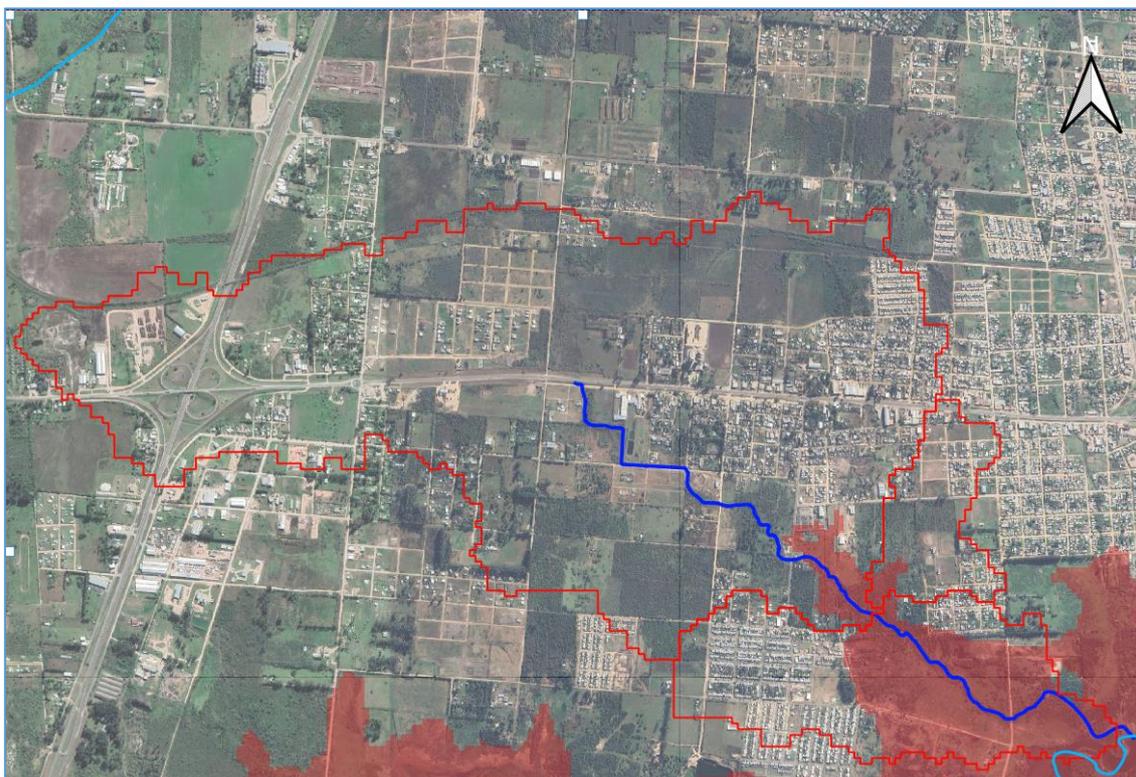


Figura 5 - Alturas máximas diarias anuales del Río Uruguay. Estación Concepción del Uruguay. Serie 1980 - 2008. Fuente: Dirección de Hidráulica (Entre Ríos).



*Figura 6 - Cuenca Las Mellizas y cota máxima Río Uruguay.*



*Figura 7 - Densificación urbana en Cuenca Las Mellizas. Arriba: Año 2003; Medio: Año 2011; Abajo: Año 2022.*

Actualmente, se han generado loteos en las cercanías y sobre la cañada del arroyo con poca previsión, y peor aún, modificado la traza y sección en un tramo de este, resultando en menor capacidad de conducción, lo que genera desbordes y anegamientos frecuentes.

La cuenca se encuentra dividida por el terraplén del acceso principal a la ciudad, la ruta provincial n°39 y por divisorias de aguas de la propia topografía. En la *Figura 8* se esquematiza la sistematización actual de los escurrimientos, donde los escurrimientos de las subcuencas 1, 2 y 3 se concentran al norte de la ruta y cruzan por una alcantarilla para ser encauzadas en el arroyo. Los escurrimientos generados en el lado sur de la ruta escurren superficialmente hacia el arroyo.



*Figura 8 - Esquema general de escurrimiento en cuenca del Arroyo Las Mellizas*

En base a antecedentes recopilados, entre los que se cuenta con curvas IDF se generó una modelación preliminar para una lluvia de 50 años de recurrencia para verificar la problemática que fuera anticipada por los locales. En la *Figura 9* se muestra la mancha de inundación máxima resultante, que evidencia la problemática.

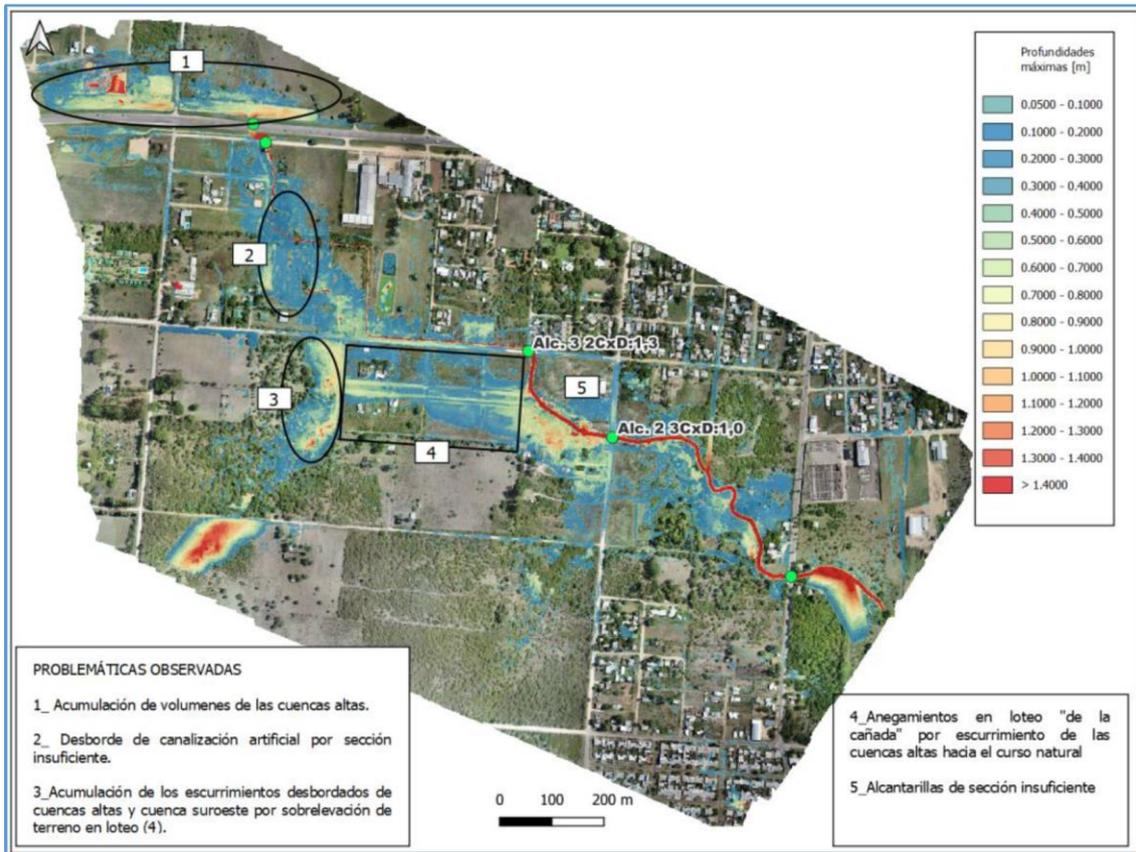


Figura 9 - Problemáticas observadas para una lluvia de 50 años de recurrencia, 4 horas de duración y 128 mm