

**Estudio sobre la inundación ocurrida
los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades
de La Plata, Berisso y Ensenada.**





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA

**Estudio sobre la inundación ocurrida
los días 2 y 3 de abril de 2013 en las
ciudades de La Plata,
Berisso y Ensenada**

La Plata, Mayo de 2013

PLATA



Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

El presente informe fue encomendado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación en el marco de un convenio específico para diagnosticar lo ocurrido en este evento desde el punto de vista hídrico. El objetivo del mismo fue analizar las características del evento así como el comportamiento de los sistemas de drenaje actuales y los estudios y proyectos que se han recabado, con el fin de diagnosticar los problemas y sugerir los caminos a seguir.

I.- EQUIPO DE TRABAJO

El estudio fue realizado por los siguiente Docentes pertenecientes a la Carrera de Ingeniería Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata:

Ing. Roberto Amarilla

Ing. Enrique Angheben

Ing. Daniel Bacchiega

Ing. Guillermo Bianchi

Ing. Daniel Brea

Ing. Felipe Borrelli

Ing. José Luis Carner

Ing. Roberto Cecotti

Ing. Pedro Cielli

Ing. Marcos Cipponeri

Ing. Rafael Dias

Ing. Sergio Liscia

Ing. Cecilia Lopardo

Ing. Cecilia Lucino

Ing. Miguel Mauriño

Ing. Pablo Romanazzi

Ing. Pablo Spalletti

Ing. Horacio Tavecchio

Ing. Fernando Zárate

Asimismo, participó el Dr. Guillermo Rizzi Docente de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad Nacional de La Plata.

Colaboradores:

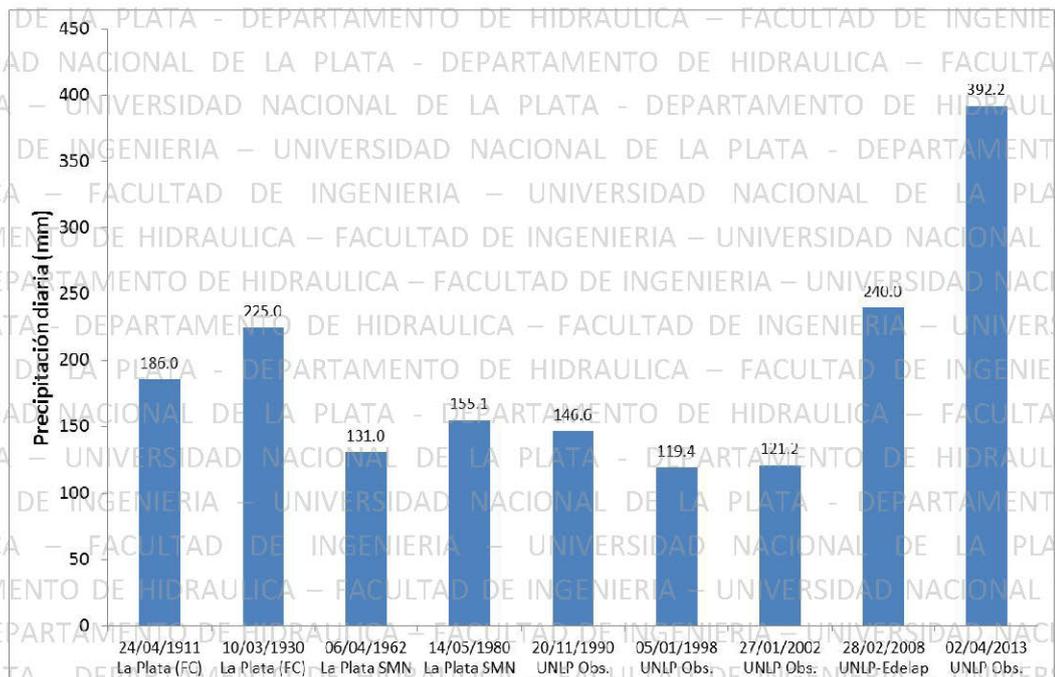
Juan Manuel Galíndez, Esteban Lacunza, Ezequiel Lacava, Victoria Lugo, Guillermo Larrivey, Ignacio Marmonti, Jorge Haspert, Mauricio Angulo, Daniel Barrionuevo, Mariano De Dios, Mercedes del Blanco, Cristian Faría, Juan Parravicini, Guillermina Espeleta, Martín Zagaglia, Emir Ayala, Maximiliana Müller, Eduardo Williams, Luz Nozal, Adriana Coman, Ricardo Mazzei, Susana Leri.

Agradecimientos:

Vecinos de La Plata, Berisso y Ensenada; ABS S.A. - E&P; y a todos aquellos que brindaron información valiosa para la realización de este estudio.

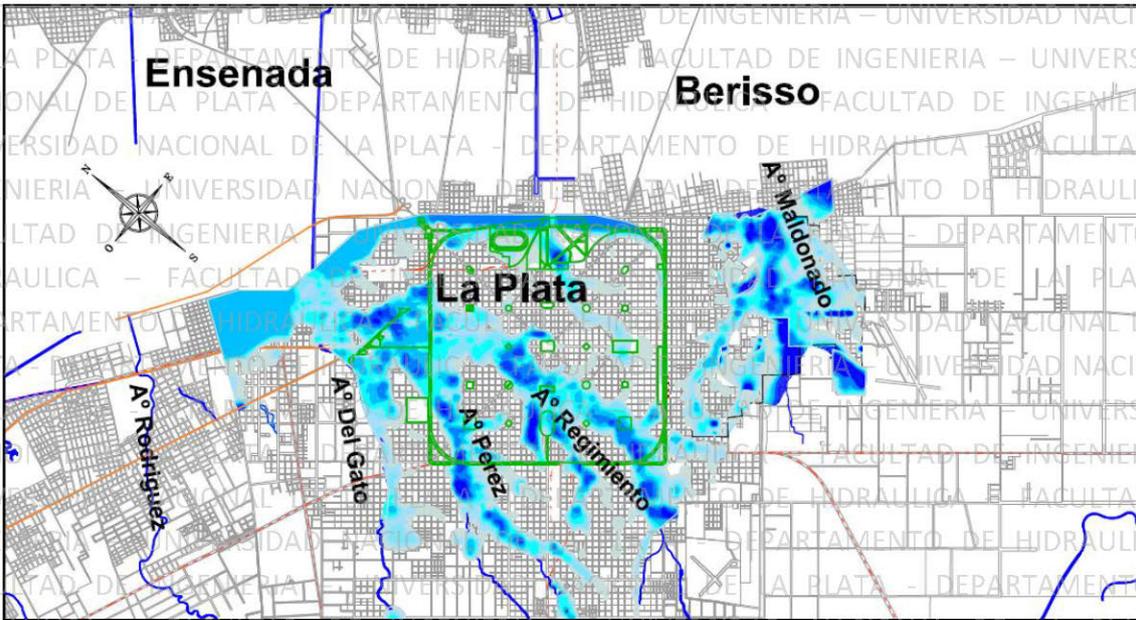
II.- RESUMEN EJECUTIVO

Desde el punto de vista meteorológico, el evento de precipitación del 2 de abril en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada fue extraordinario. De hecho, su magnitud se ubicó por encima del máximo histórico registrado. A consecuencia de ello, se excedieron las capacidades de los arroyos en cuyas cuencas se asienta fundamentalmente la ciudad de La Plata. Las aguas, al extenderse hacia sus propias planicies de inundación y reocupar las huellas de sus antiguos cauces, produjeron el anegamiento de amplias zonas de la ciudad.



Resultaron inundadas en el orden de las 2.100 hectáreas ubicadas en la zona urbana de la cuenca del arroyo del Gato y 1.000 hectáreas en la zona urbana de la cuenca del arroyo Maldonado y un total del orden de 3.500 hectáreas, considerando las subcuencas complementarias. A consecuencia de esta inundación fallecieron más de medio centenar de personas, hubo más de 190.000 afectados y cuantiosos daños materiales.

El presente estudio, elaborado en 45 días, incluyó la implementación de un modelo matemático con el fin de reproducir la situación de inundación del día 2 de abril. Esto también ha permitido cuantificar la incidencia de las obras (existentes y previstas por los organismos) sobre los niveles de anegamiento. Los resultados obtenidos indicaron que la influencia de estas es poco significativa ante un evento como el mencionado. Ello es consistente con el hecho de que la tormenta registrada ese día excedió ampliamente a la que habitualmente es utilizada para el diseño de las obras.



Esto reafirma la importancia de la gestión integral del sistema de desagües urbanos y la imprescindible complementación de las obras con medidas no estructurales en la prevención y atención de eventos extraordinarios.

En relación con la falta de planificación integrada para abordar este tipo de eventos, del estudio realizado se pudo establecer que:

- A la luz de los antecedentes (por ej., grandes tormentas recientes 27/1/2002, 28/2/2008), la región de La Plata tenía advertencias sobre su situación de riesgo de inundación latente;
- Para los tomadores de decisión es conocido que las obras de infraestructura hidráulica están previstas para eventos ordinarios y su capacidad de respuesta es limitada ante eventos extremos. Sin embargo buena parte de la población ignora el riesgo asociado a estos últimos y no ha existido una estrategia comunicacional eficiente para salvar esta falencia;
- No fue emitida una alerta meteorológica por tormentas severas previa a la precipitación del orden de 300 mm en 3 horas (registrada a partir de las 16 horas del 2 de abril) y 392 mm en 24 horas;
- Una vez registradas las primeras evidencias de la magnitud del evento, las acciones desplegadas a nivel local en pos de su mitigación fueron tardías, caóticas e insuficientes;
- En los niveles normativos se observa abundante legislación que establecería una distribución de responsabilidades ante eventos como el ocurrido. Sin embargo el déficit de la acción institucional se ha visto reflejado en la ausencia de articulación y coordinación de recursos en tiempo y forma.

Sobre la base de lo expuesto, puede establecerse que las causas y las consecuencias de las inundaciones registradas el 2 de Abril en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada, obedecieron a una suma de factores, destacándose como principales:



III.- TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	8
2	DESCRIPCIÓN DE LAS CUENCAS DE LOS ARROYOS DEL GATO Y MALDONADO.....	9
2.1	CUENCA DEL ARROYO DEL GATO	9
2.2	CUENCA DEL ARROYO MALDONADO.....	11
3	DESCRIPCIÓN DEL EVENTO METEOROLÓGICO DEL DÍA 2 DE ABRIL DE 2013	13
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL EVENTO	13
3.2	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	13
3.2.1	Estaciones con datos obtenidos mediante prácticas meteorológicas normalizadas.....	13
3.2.2	Estaciones complementarias.....	14
3.2.3	Información digital solicitada al SMN, CONAE y otros organismos	14
3.3	DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN	14
3.4	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EVENTO.....	15
3.4.1	El estado del tiempo y la evolución del pronóstico.....	17
3.4.2	Registros observados de los datos puntuales.....	18
3.4.3	Análisis y caracterización espacio-temporal.....	20
3.5	ANÁLISIS DE FRECUENCIA Y RECURRENCIA ASOCIADA.....	20
4	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ESTUDIOS Y PROYECTOS ANTECEDENTES	26
4.1	LISTADO CRONOLÓGICO DE ESTUDIOS RELEVANTES.....	26
4.2	DESCRIPCIÓN DE ESTUDIOS.....	27
5	DESCRIPCIÓN DE LA INUNDACIÓN.....	31
5.1	ASPECTOS GENERALES.....	31
5.2	OBTENCIÓN DE LA SUPERFICIE INUNDADA CON DATOS RELEVADOS	32
6	SIMULACIÓN MATEMÁTICA DEL SISTEMA DE DESAGÜES PLUVIALES	36
6.1	EL MODELO SWMM. ESQUEMATIZACIÓN DE LA RED.....	36
6.2	APLICACIÓN A LA CUENCA DEL ARROYO DEL GATO	37
6.2.1	Escenario 1: Tormenta 2 de abril con situación actual de desagües	38
6.2.2	Escenario 2: Tormenta 2 de abril con obras propuestas.....	39
6.2.3	Escenario 3: Tormenta 2 de abril con sumideros obstruidos.....	39
6.2.4	Escenario 4: Tormenta 2 de abril reduciendo el grado de impermeabilización.....	40
6.3	APLICACIÓN A LA CUENCA DEL ARROYO MALDONADO	40

Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

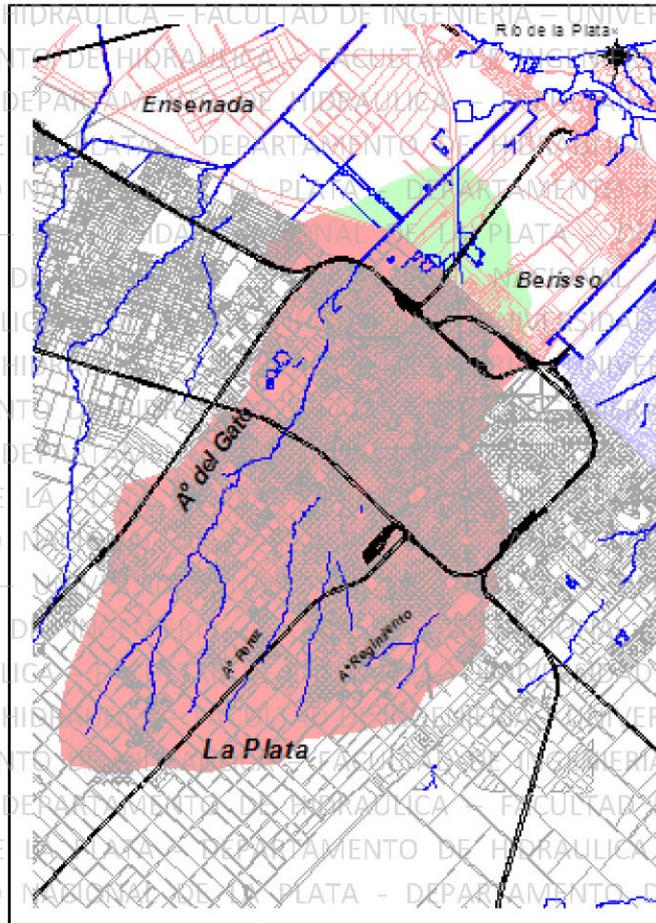


Figura 1: Cuenca del arroyo del Gato

En el Anexo I se describen más detalles de la cuenca del arroyo del Gato, incluido su sistema de conductos pluviales y cursos que conforman la red de desagüe.

La longitud total del curso principal es de aproximadamente 25 km (18 km en el partido de La Plata y 7 km en el partido de Ensenada), con una pendiente longitudinal promedio levemente superior al 1 por mil hasta la altura de su intersección con la calle 8 entre 514 y 515, donde recibe la descarga lateral de sus tributarios mayores: los arroyos Pérez y del Regimiento. A partir de esa progresiva y hasta su descarga en el Río Santiago, la pendiente se reduce prácticamente a la mitad.

2.2 CUENCA DEL ARROYO MALDONADO

La cuenca del arroyo Maldonado constituye se extiende en una superficie de aproximadamente 3.800 hectáreas, al sudeste del ejido urbano de la ciudad de La Plata. Comprende, principalmente, las localidades de San Lorenzo y Villa Elvira en el partido de la Plata y desagua sus excedentes en el partido de Berisso. En la Figura 2 se muestra la ubicación relativa de la cuenca del arroyo Maldonado respecto del casco urbano de la ciudad y del partido de Berisso.

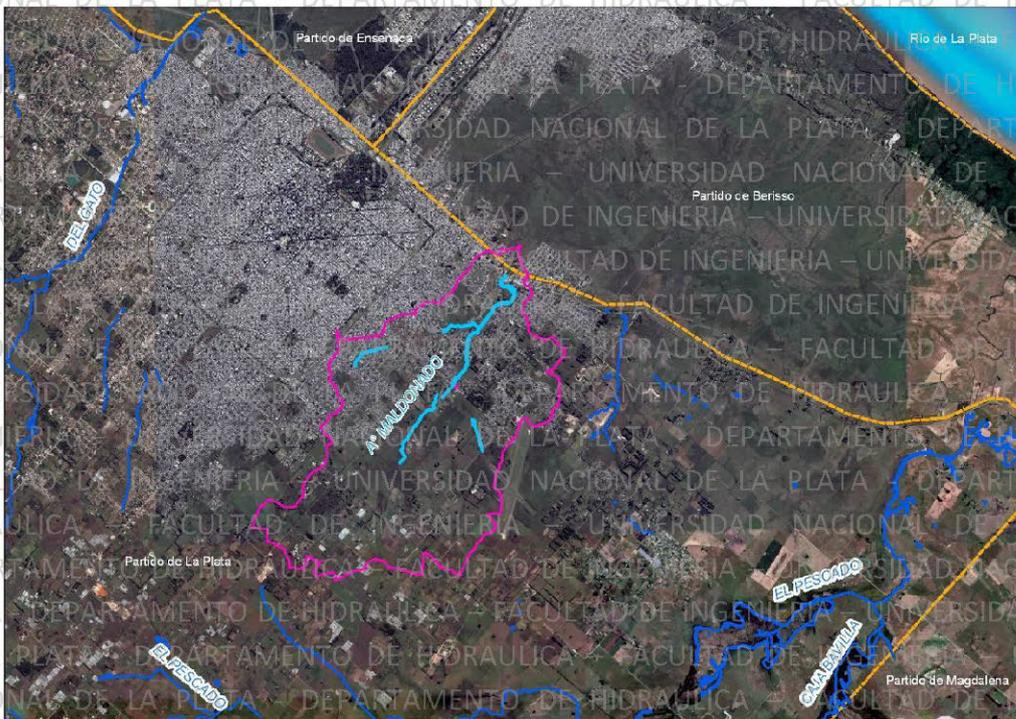


Figura 2. Cuenca del arroyo Maldonado (Fuente: Estudio cuenca Maldonado, EYP, 2009)

Los excedentes hídricos generados en la cuenca y subcuencas de aporte son conducidos hacia una zona de bañados naturales por una red no muy densificada de conductos y canales naturales y artificiales; un canal lateral, paralelo a la avenida 66, colecta las aguas y las conduce a su destino final en el cauce del Río de la Plata.

La cuenca cuenta con un curso principal, el arroyo Maldonado; y un afluente principal, el arroyo Monasterio, que intercepta al anterior a la altura de las calles 1 y 92. Una superficie de 2.500 hectáreas aporta directamente al curso principal del arroyo Maldonado, cuyas nacientes se ubican en el entorno de las calles 90 y 143, y que discurre hacia el noreste a lo largo de aproximadamente 7,7 kilómetros.

La cuenca conserva aún características semirrurales y rurales, con una importante actividad florihortícola, en su parte alta; aguas abajo, al noreste de la avenida 13 y al oeste de la calle 90, la zona ha experimentado un progresivo proceso de urbanización.



Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

De acuerdo con los datos del Censo 2010, se asentaban alrededor de 67.406 habitantes en esta unidad geográfica.

En el Plano 0, se muestra la hidrografía de las cuencas de los arroyos del Gato y Maldonado.

En el Anexo II se incluye la aplicación de una metodología para el análisis de vulnerabilidad de las cuencas en estudio.



3.2.2 Estaciones complementarias

Se han utilizado datos obtenidos por observadores de la región mediante aparatos registradores automáticos como información complementaria a la anterior, principalmente como referencia para mejorar la interpretación de la evolución espacio-temporal. Se distinguen de los datos provistos por las estaciones del SMN y de la UNLP en que estos no fueron registrados bajo condiciones de instalación y de operación normalizadas. Se trata, por tanto, de datos complementarios, utilizados como información de recubrimiento para la evaluación cualitativa de la evolución en el tiempo y en el espacio del fenómeno. Si bien se trata de información “blanda”, en zonas sin cobertura de información pluviográfica oficial, se considera aceptable como referencia.

3.2.3 Información digital solicitada al SMN, CONAE y otros organismos

- a. Radar de Ezeiza: Información cada 10 minutos de imágenes del producto COLMAX-Topes (alcance: 240 km), durante el día 2 de abril de 2013;
- b. Radar de Ezeiza: Información cada 10 minutos de imágenes del producto Viento en Capas Bajas (alcance: 120 km), durante el día 2 de abril de 2013;
- c. Imágenes del satélite Goess 13: Espectro visible y topos nubosos, cada 30 minutos sectorizada y georreferenciada en formato SMN, durante el día 2 de abril de 2013;
- d. Imágenes del satélite Goess 13: Vapor de agua, cada 3 horas, georreferenciado, en formato SMN, durante el día 2 de abril de 2013;
- e. Nefoanálisis del día 2 de abril de 2013 (cuatro);
- f. Interpretación de la estimación de la precipitación según producto del Convenio SMN-Conicet.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información recopilada para el análisis del evento consta de mediciones normalizadas, mediciones informales, imágenes de sensores y observaciones de los efectos sobre el medio o mediciones indirectas. No existen instaladas en la región estaciones de aforo de caudales que pudieran registrar las respuestas hidrológicas de los arroyos involucrados.

La finalidad de esta compilación se orientó hacia la descripción de las características del evento en su distribución temporal, distribución areal y total acumulado.



En cuanto a la distribución temporal de la tormenta se determinó a un nivel de definición de intervalos de tiempo más que aceptables para los estudios posteriores en que se utilizaran los datos de precipitación. Esto es debido principalmente al registro de la estación pluviográfica Observatorio y la coincidencia con el registro de otras estaciones registradoras.

Asimismo, tanto el horario de inicio y final de la tormenta como su particular distribución en dos ciclos de precipitación con un descanso intermedio de aproximadamente una hora fue corroborado por todos los observadores del evento, parte de los cuales son los autores del presente informe.

Respecto de la distribución areal se observa una deficiencia en la escala de mediciones directas de precipitación para el evento ocurrido el día 2 de abril. Para desarrollar esta apreciación, se debe hacer foco en los efectos o respuestas hidrológicas de los cursos de agua involucrados. Es evidente que los más afectados fueron los afluentes ubicados al sur del arroyo del Gato, denominados arroyo del Regimiento y Pérez, el arroyo Maldonado y el arroyo Pescado. Estas respuestas hidrológicas encuentran asociación con las mediciones registradas en las estaciones Observatorio y Julio Hirschhorn.

Una situación contraria se observó en la respuesta hidrológica observada en los arroyos ubicados al norte de la cuenca del arroyo del Gato, en comparación con los desbordes ocurridos por la tormenta de febrero de 2008 en esta misma región. La transición o distribución areal de la precipitación entre la cuenca sur y norte del arroyo del Gato no fue registrada por un número suficiente de estaciones como para su definición con un grado aceptable de certeza.

En síntesis, la red de pluviómetros oficial no resulta suficiente para caracterizar la distribución espacial de la precipitación a escala urbana y en particular para áreas de afectación de las dimensiones de la tormenta del 2 de abril de 2013. A favor se cuenta con los registros pluviográficos de las estaciones de la UNLP que permiten discretizar temporalmente el fenómeno de modo adecuado.

El concepto vinculado a la densidad mínima de estaciones y el tipo de información requerida para caracterizar los eventos en cuencas urbanas deberá ser tenido en cuenta en el momento de diseñar una red de medición y alerta temprana para la región.

3.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EVENTO

Durante los días 1 y 2 de abril de 2013 se registraron importantes lluvias en varias localidades de la Provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Los valores de precipitación acumulados en varias horas fueron superiores, en algunas estaciones, al récord histórico de 24 horas, superando además al valor normal mensual.

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) incluyó, en su informe del 4 de abril (SMN, 2013 a), el detalle de los campos de precipitación acumulada correspondientes a los días pluviométricos 1 y 2 de abril. La Figura 3 reproduce la infografía del informe citado que describe la magnitud y extensión del evento observado.

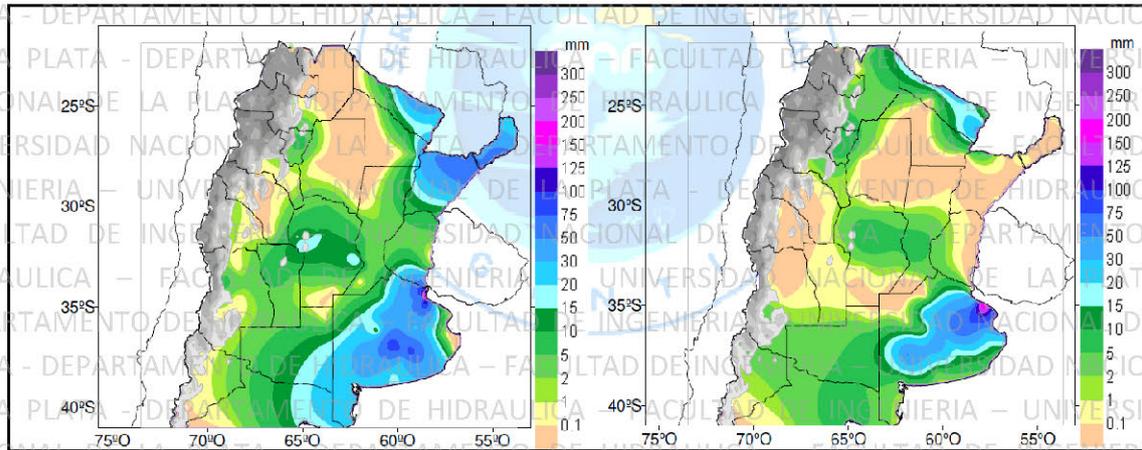


Figura 3. Precipitación acumulada desde: a) el 1 de abril a las 9 horas al 2 de abril a las 9 horas; b) el 2 de abril a las 9 horas al 3 de abril a las 9 horas (Fuente: SMN)

El sistema de baja presión en niveles medios y altos de la troposfera, que se desplazaba lentamente desde fines de marzo y cuya intensificación había provocado lluvias importantes en los días previos en la zona central del país, produjo significativas precipitaciones, primero durante la madrugada del 1 al 2 de abril, en la ciudad de Buenos Aires y la zona norte y, posteriormente, durante la tarde y noche del 2 de abril, en la ciudad de La Plata y alrededores, con acumulados pluviométricos que superaron ampliamente los valores esperables para esta época del año.

El SMN describió detalladamente la evolución del sistema de baja presión: “[...] El 30 de marzo se observaba un eje de valores mínimos de la presión al oeste de la costa de Chile, el que rápidamente evolucionó hacia un centro de baja presión cerrado en niveles medios de la troposfera. A partir del 1 de abril este centro cerrado se fue desplazando muy lentamente de oeste a este, sobre el centro del país. (...) [E]ste centro de baja presión está asociado a la presencia de aire frío que se puede detectar a través del campo de espesores de la capa 1.000/500 hPa (un mínimo de espesor representa aire frío). Este centro de baja presión generó condiciones favorables para movimientos de ascenso generalizado en el centro este de la Argentina, condición necesaria para la formación de nubosidad. Durante el 2 de abril el desarrollo de una incipiente onda frontal ubicada en el oeste de la provincia de Buenos Aires, en combinación con un anticiclón de 1.023 hPa ubicado al sudeste de Mar del Plata, generó vientos intensos y persistentes del cuadrante noreste sobre el este de la provincia. Esta condición favoreció el ingreso de aire húmedo en la región afectada por las precipitaciones intensas (...). [E]l sostenido aumento del contenido de vapor de agua (...) alcanzó valores máximos de entre 40 y 45 mm en la madrugada del 2 de abril. (...) [E]l perfil vertical de viento refleja la persistencia del cuadrante noreste en un espesor de aproximadamente 1.500 m de altura, que durante el 1 de abril se extiende a mayor altura.” (SMN, 2013 b).

En horas de la tarde del 2 de abril, alrededor de las 16:30 la ciudad de La Plata y varias zonas de Berisso y Ensenada recibían las primeras precipitaciones de lo que fue el mayor temporal de lluvia del que se tenga registro.

En coincidencia con las observaciones de campo y los registros pluviográficos, las imágenes de reflectividad del radar de Ezeiza desde la hora 17:00 muestran ecos que ocupan progresivamente sectores de Ensenada, Berisso y La Plata avanzando en dirección norte-sur. La persistencia de las lluvias observadas se corresponde con el lento



desplazamiento de las nubes de tormenta, especialmente desde las 17:30 y hasta las 20:00.

La imagen de radar tomada por el satélite Cosmo-Skymed (CONAE, 2013) de las 18:08 HOA permite inferir algunas características observadas al inicio del evento donde, además de la afectación ya comentada en Ensenada, Berisso y La Plata, se aprecia la mayor afectación inicial sobre el sector sur-sudeste de la ciudad y la localidad de Los Hornos.

Los registros de la Estación Observatorio Astronómico de la UNLP, indican que entre las 18:00 y 18:30 se dieron los máximos de intensidad de precipitación, y que se repitieron en magnitud alrededor de las 19:00.

Los registros de la estación pluviográfica de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP presentan comparativamente menores intensidades durante las primeras horas del evento. La estación en cuestión se encuentra en Los Hornos, próxima a las cabeceras de las subcuencas de los arroyos Pérez y del Regimiento.

Luego de las 20:30 se inició un período de baja intensidad de precipitación. Entre las 22:00 y las 22:30 ocurre el segundo pico de intensidad; en esta oportunidad, las máximas precipitaciones se dieron en el sector sur-sureste de la región. En la Figura 4 y la Figura 5 se presenta la distribución temporal de la precipitación en las estaciones indicadas.

Los registros pluviométricos reflejan cuantitativamente lo que pudo observarse en forma directa esas tarde y noche. Especialmente, por parte de muchos de los autores de este informe, cuando, en diversos puntos de la ciudad presenciaron, como observadores calificados, cómo se iban produciendo las variaciones de la precipitación y cómo impactaban en el medio físico.

El evento extraordinario, que produjo acumulados de magnitud en las cuencas de los arroyos del Gato, Maldonado y El Pescado, generó en su lento desplazamiento otras áreas de precipitación. Hasta las 9:00 del día 2 de abril, el SMN informaba 185 mm en San Fernando, 159 mm en Villa Ortúzar, 116 mm en Ezeiza, 101 mm en Palomar, 89 mm en Morón (en la Plata se registraban 15 mm en la Plata Aero; 21,8 mm en el Observatorio UNLP; y 20,4 mm en Julio Hirschhorn). A las 9:00 del 3 de abril en La Plata se anotaron acumulados de 181 mm en La Plata Aero, 370,4 mm en Observatorio y 252,6 mm en Julio Hirschhorn. También se destaca la lluvia de 75 mm en Las Flores Aero y 76 mm en Punta Indio B.N. En Montevideo, se registraron 162 mm en Melilla y 128 mm en Prado, ambos ocurridos en la noche del 2 y madrugada del 3 de abril.

3.4.1 El estado del tiempo y la evolución del pronóstico.

El evento extremo observado se relaciona con una situación generalmente conocida como de baja segregada o un vórtice ciclónico en niveles medios y altos con una importante advección de aire caliente y muy húmedo.

La ciencia meteorológica permite predecir las características de eventos intensos de bajas segregadas que involucren abundantes lluvias en sitios puntuales, pero la mayor dificultad desde el punto de vista del pronóstico reside en poder precisar con detalle su localización.



Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

Se han observado eventos como este en otras localidades pertenecientes a la misma región hidrometeorológica. El SMN destaca en un reciente informe que la formación de sistemas de bajas segregadas y su persistencia por más de 36 horas se presentan con mayor frecuencia durante el otoño, afectando la zona central de Chile y Argentina, con un promedio de 3 eventos en cada otoño (SMN, 2013 b). Puntualiza además que las bajas segregadas generalmente están asociadas a la ocurrencia de precipitaciones en la región que afecta, pero que, no obstante ello, su intensidad es variable y puede estar condicionada por factores de menor escala.

3.4.2 Registros observados de los datos puntuales

Como ya se había mencionado, los registros pluviométricos en la zona de La Plata indican hasta las 9:00 de la mañana valores que oscilaron entre los 20 y 23 mm. El evento registrado el día 2 comenzó en la tarde, con lluvias que alcanzaron acumulados de hasta 370,4 mm (estación Observatorio). Algunas estaciones particulares registraron valores superiores a los 300 mm. El valor oficial informado por la estación La Plata Aero fue de 181 mm. La Tabla 1 condensa la información referente a los valores acumulados registrados sobre las bases temporales del día 2 de abril y de la tormenta propiamente dicha.

Tabla 1. Valores acumulados correspondientes a diversas estaciones de registro

Estación	Ubicación		Precipitación acumulada (mm)		Fuente	Observaciones
	Latitud	Longitud	De 0:00 a 24:00	De tormenta		
LP Aero	34° 57' 58"	57° 53' 46"	196	181	SINSUP-87593 SMN	De 9HOA a 9HOA
Julio Hirschhorn	34° 59' 04"	57° 59' 47"	273	253	UNLP	
Observatorio	34° 54' 24"	57° 55' 57"	392	370	UNLP	
Part. 18 y 45	34° 55' 18"	57° 57' 59"	334	310	Particular	
Part. 9 y 528	34° 57' 58"	57° 53' 46"	313	290*	Particular	(*) Estimado
Part. 7 y 501	34° 52' 31"	58° 00' 15"	160	140*	Particular	(*) Estimado
Bavio (EA)	35° 02' 26"	57° 45' 10"	49	-	Escuela Agrotécnica	
Ranelagh (Aeroclub)	34° 44' 40"	58° 12' 22"	73	57	Aeroclub Río de la Plata	

Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

A modo de síntesis de los registros observados, y con el objeto de preparar la información pluviográfica requerida por los modelos matemáticos, se generaron el hietograma y la curva masa a aplicar en el modelo, en este caso cada 5 minutos. En el caso de la estación Observatorio el intervalo de tiempo corresponde al dato original, en tanto que en la estación Julio Hirschhorn se construyó el hietograma cada 5 minutos bajo la hipótesis de una repartición proporcional.

En la Figura 4 y la Figura 5 se presentan, respectivamente, la curva de precipitaciones acumulada y las intensidades del día 2 de abril en las estaciones de mayor representatividad de las cuencas estudiadas.

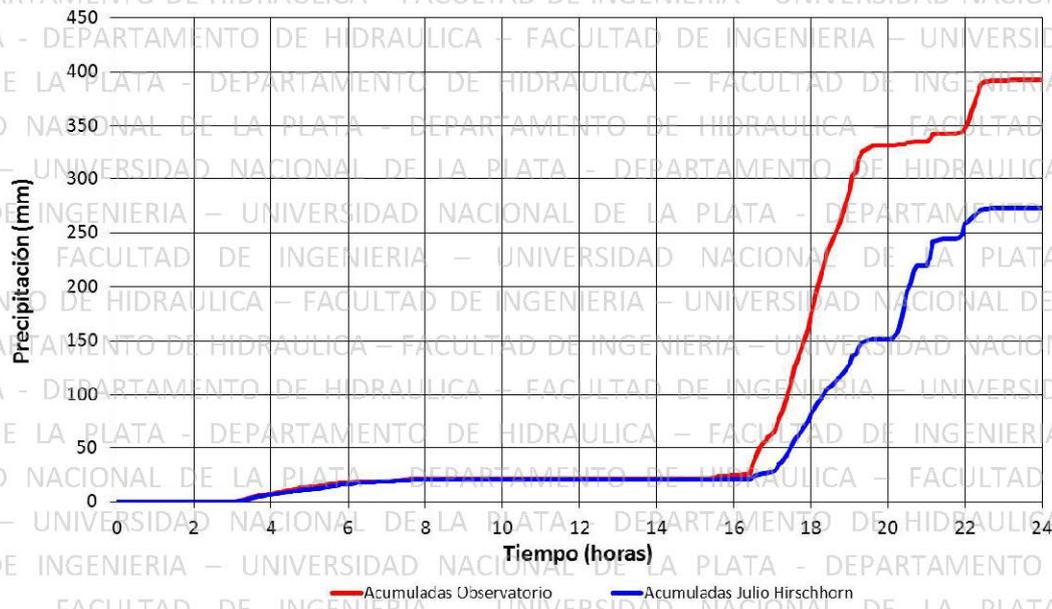


Figura 4. Diagrama acumulativo de precipitación

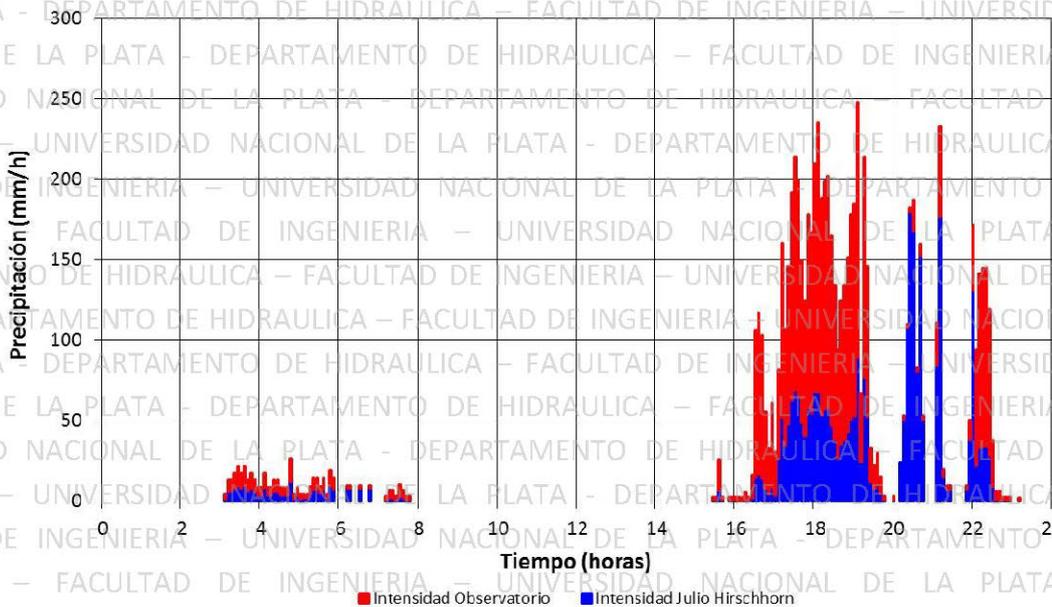


Figura 5. Diagrama de distribución de precipitación



3.4.3 *Análisis y caracterización espacio-temporal.*

Las lluvias intensas del día 2 de abril abarcaron casi la totalidad del área de las subcuencas que desaguan La Plata y alrededores. En particular, las lluvias de las subcuencas de los arroyos Pérez y del Regimiento, tributarios del Gato, quedan completamente caracterizadas por medio de los registros pluviográficos de las estaciones de la UNLP. En general, el fenómeno se extendió hacia el sudeste, en las subcuencas del arroyo Maldonado y del Pescado.

Se ha realizado el análisis comparativo de los registros pluviográficos puntuales con la evolución temporal de las imágenes de reflectividad del radar de Ezeiza. Del contraste de ambas informaciones, surgen consideraciones de interés desde el punto de vista espacio temporal: se reconocen tanto para la primera como la segunda tormenta registrada (Figura 4 y Figura 5) la existencia de ecos de lluvia intensa en La Plata. Más allá de los errores que se cometerían por ser la del radar información indirecta y no de superficie, se estima que, entre las 17:00 y las 18:00, las zonas de mayor reflectividad la constituían el centro de La Plata y la zona del brazo norte del arroyo Maldonado. Durante la evolución de la segunda gran celda de tormenta (de 20:00 a 22:00 aproximadamente) aparecen como zonas de mayores señales la ciudad de La Plata y el sector sudeste.

Se infiere, por lo tanto, la existencia de zonas sin registros de superficie, que estuvieron afectadas por lluvias de similar intensidad a las registradas. La mayor deficiencia de información se observa particularmente sobre la región del Maldonado.

En este punto es necesario destacar que, no obstante la mejora tecnológica que representan los sensores remotos, un aumento de la densidad de estaciones de medición podrá describir adecuadamente la distribución espacial de este tipo de eventos meteorológicos, especialmente en ambientes urbanos complejos.

Si bien se considera que hubo solamente dos estaciones con datos pluviográficos consistentes, en algunos sectores (ej. las subcuencas de los arroyos Pérez y del Regimiento) los datos obtenidos permitieron caracterizar adecuadamente la distribución espacial de la tormenta.

Por otra parte, desde un punto de vista cualitativo, en otros sectores se ha encontrado información complementaria de la distribución espacial de la precipitación a partir de la observación de las consecuencias de la tormenta.

3.5 ANÁLISIS DE FRECUENCIA Y RECURRENCIA ASOCIADA

En cuanto a la caracterización de los regímenes de lluvia intensa, bajo la consideración de que se trata de una región con homogeneidad hidrometeorológica, se han considerado las leyes de mayor uso en los estudios de desagües pluviales realizados tanto en La Plata como en el área metropolitana.

Se consideran particularmente consistentes las siguientes leyes:

Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

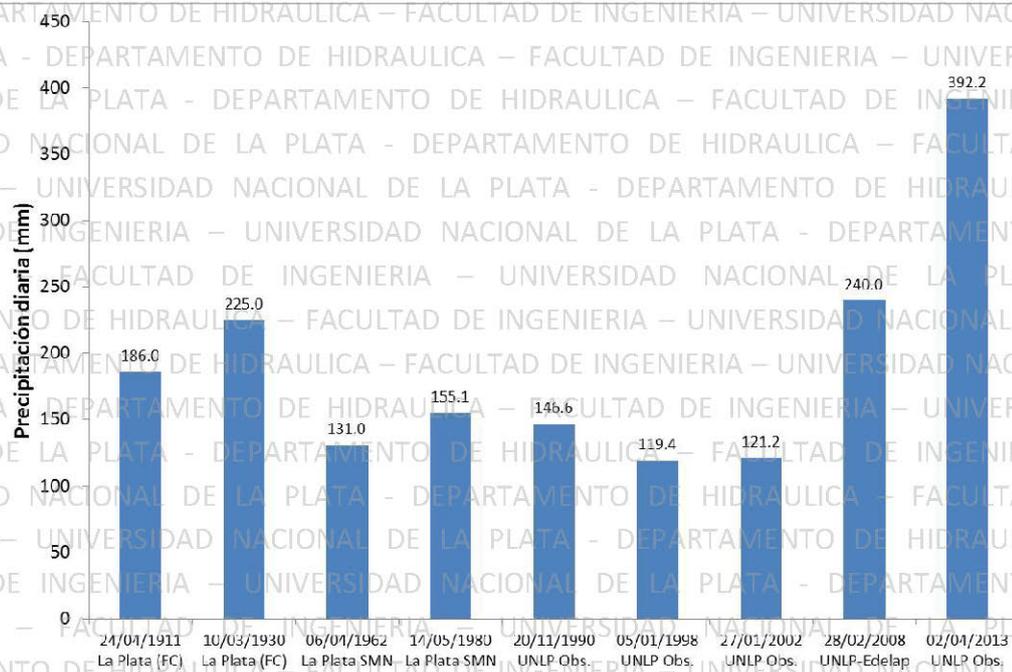


Figura 6. Precipitaciones máximas diarias históricas registradas en la ciudad de La Plata

Los análisis efectuados permiten señalar que el evento tuvo una distribución espacial tal que concentró una precipitación estadísticamente excepcional sobre la región. En particular, y tal como se observa en la Figura 7, en la que se ha indicado el área de influencia de las estaciones pluviográficas y pluviométrica consideradas, de acuerdo con el criterio de los polígonos de Thiessen, es posible observar que la precipitación registrada en la Estación Observatorio (UNLP en la Figura 7), resulta representativa de prácticamente todo el casco urbano de la ciudad. El registro de esta estación, como se ha dicho, ha sido excepcional.

Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA – FACULTAD DE INGENIERIA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA

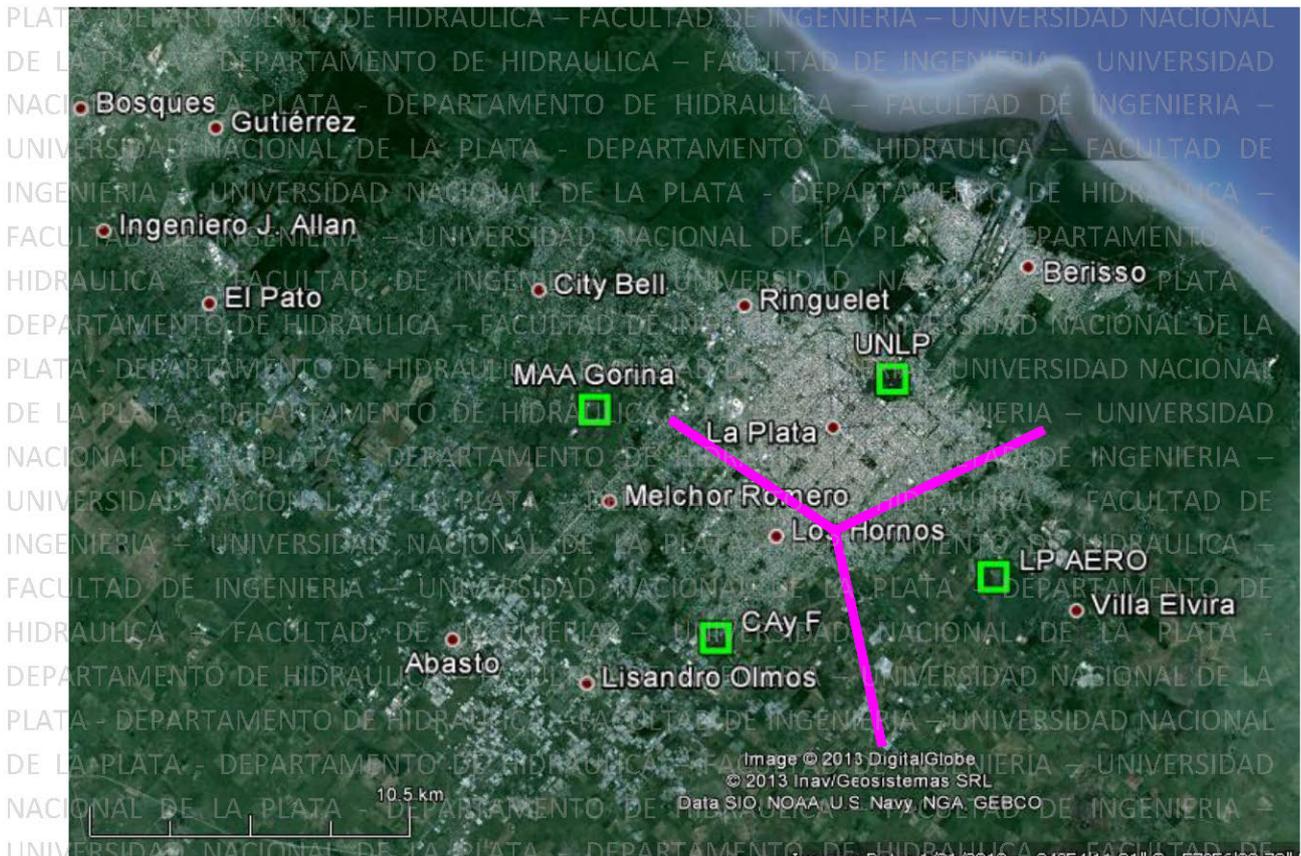


Figura 7. Ubicación de estaciones de medición

Si bien se considera que hubo solamente dos estaciones con datos pluviográficos consistentes, en algunos sectores, como por ejemplo las subcuencas de los arroyos Pérez y del Regimiento, los datos obtenidos permitieron caracterizar adecuadamente la distribución espacial de la tormenta.

Por otra parte, desde un punto de vista cualitativo, en otros sectores, se ha encontrado información complementaria de la distribución espacial de la precipitación a partir de la observación de las consecuencias de la tormenta.

PLATA



4 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ESTUDIOS Y PROYECTOS ANTECEDENTES

4.1 LISTADO CRONOLÓGICO DE ESTUDIOS RELEVANTES

En el tiempo disponible para la elaboración del presente informe, la recopilación de antecedentes se orientó a la identificación de aquellos estudios y proyectos realizados por organismos públicos y entidades privadas que tuvieran relación directa con el área de influencia de la inundación del 2 abril del 2013. Más aun, se limitó dicha recopilación a lo acontecido en los últimos 30 años aunque los antecedentes en materia de desagües en el Gran La Plata pueden remontarse a los inicios del siglo pasado. Un listado más amplio se encuentra en el Anexo IV.

Para tal fin se solicitó, a la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas (DiPSOH), la Municipalidad de La Plata (MLP) y a la Autoridad de Agua de la Provincia de Buenos Aires, toda la información relacionada con estudios, proyectos y documentación pertinente a los partidos de La Plata, Berisso y Ensenada sobre el tema de los desagües de lluvias.

La información que entregaron los organismos mencionados, se complementó con los propios antecedentes de que dispone la Universidad Nacional de La Plata, amén de antecedentes adicionales recopilados informalmente.

En el listado que sigue se hace referencia también a los actos de divulgación pública que tuvieron los diferentes avances en el conocimiento del desempeño del desagüe pluvial platense, así como también a la relación de esa secuencia de hechos con los eventos de tormentas extremas que se hayan registrado en el período mencionado. Los antecedentes recopilados son los siguientes:

- 1989/1991 – “Estudio del funcionamiento de la red de desagües pluviales de la ciudad de La Plata” (1ª parte - Inventario de los desagües pluviales y primeras elaboraciones acerca de su funcionamiento, Anexo 1 del convenio marco del año 1987). Facultad de Ingeniería, Departamento de Hidráulica.
- 1991/1993 – “Estudio del funcionamiento de la red de desagües pluviales de la ciudad de La Plata” (2ª parte - Verificación del funcionamiento de los desagües del casco urbano, Anexo 2 del convenio marco del año 1987). Facultad de Ingeniería, Departamento de Hidráulica.
- 6/11/1996 – Se produce una tormenta que bloquea los accesos a la capital Federal. Se registran 100 mm en dos horas con una intensidad promedio de 50 mm/h (datos del SMN, Estación Villa Ortúzar)
- 1997/1998 – Convenio entre la Facultad de Ingeniería de la UNLP y la Dirección Provincial de Hidráulica (DPH) para la “Identificación y Caracterización de cuencas Hídricas ubicadas en el Gran Buenos Aires”.
- 15/12/1998 – Nueva inundación en La Plata. La tormenta registra un acumulado de más de 70 mm con un núcleo de 59 mm en una hora (datos de la Estación Observatorio de la UNLP).



Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

- 27/1/2002 - Inundación en la zona norte del casco urbano de La Plata, Ringuelet y Tolosa. El núcleo central de la tormenta descarga 90 mm en aproximadamente una hora (datos de la Estación Observatorio de la UNLP).
- Julio del 2003 - Firma del Acuerdo entre la Facultad de Ingeniería de la UNLP y la Municipalidad de La Plata para poner en marcha el “Programa de Estudios y Asistencia Técnica para el desarrollo de soluciones tecnológicas en obras de infraestructura hidráulica en el partido de La Plata”, contratando el Módulo 1 referido a los “Estudios Hidrológicos, Hidráulicos y Ambientales en la cuenca del arroyo del Gato”.
- 2006 - Publicación del estudio “Análisis ambiental del partido de La Plata - Aportes al ordenamiento territorial”, elaborado por el Instituto de Geomorfología y Suelos de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo para el Consejo Federal de Inversiones (CFI) y la Municipalidad de La Plata.
- 1/3/2007 - Inundación de la zona norte y oeste de la ciudad de La Plata. Se utilizan los datos del relevamiento de la inundación y los registros de lluvias de la red instalada de pluviómetros (se miden 50 mm en dos horas) para la calibración del modelo matemático implementado y confirmación de las propuestas de obras.
- 28/2/2008 - Inundación en la zona norte (City Bell y Villa Elisa) del partido de La Plata. Se registran 240 mm en 24 horas, con un núcleo precipitación intensa y constante de 80 minutos que acumulan 120 mm (datos del pluviógrafo ubicado en 520 y 28 por el Laboratorio de Hidrología);
- Diciembre de 2009 - Se publica el informe final del “Estudio de la cuenca del arroyo Maldonado”, trabajo contratado por la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas (DiPSOH) a la consultora Estudios y Proyectos S.R.L.;
- Julio de 2010 - Se publica el informe final del “Estudio de la cuenca del arroyo del Gato”, trabajo contratado por la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas (DiPSOH) a la consultora ABS S.A.

4.2 DESCRIPCIÓN DE ESTUDIOS

Todos los trabajos citados en el punto anterior han aportado avances significativos para mejorar el conocimiento de los desagües pluviales en la región bajo estudio y las condiciones ambientales en las que se implantan. En este apartado, se presenta la descripción y el análisis de aquellos trabajos que además han incluido un diagnóstico de su funcionamiento y han propuesto lineamientos correctivos, estrategias o medidas concretas para el manejo de inundaciones.

Ellos son:

- a) **Estudio del Funcionamiento de la Red de Desagües Pluviales de la Ciudad de La Plata (1992)**



Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

Solicitud: Municipalidad de La Plata.

Vinculación: Convenio Municipalidad de La Plata-UNLP.

Ejecutor: Área de Ingeniería de los Recursos Hídricos del Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP.

Dirección: Ing. Pedro E. Picandet.

Objetivo: Estudiar las cuencas del “casco ampliado” de la ciudad de La Plata, verificar conducciones existentes y proponer soluciones para aquellos casos en que se detectara insuficiencia de drenaje o carencia del mismo.

Fecha de entrega: Mayo 1992.

Conclusiones principales: Los sistemas analizados para la tormenta de recurrencia 2 años son insuficientes para captar y conducir aguas propias. De acuerdo a la metodología aplicada la eficiencia de evacuación de los sistemas estudiados (calles 5, 7, 11 y 18) es del 49 % resultando “(...) muy baja, considerando que parte de lo no captado escurre hacia las zonas bajas sin salida”. En el propio arroyo del Gato su capacidad no puede evacuar tormentas de 2 años de recurrencia.

Recomendaciones: Propuesta correctiva para elevar la eficiencia al 80 %, e incluir nuevos conductos. Ampliación de cauce principal.

b) Análisis Ambiental del Partido de La Plata - Aportes al Ordenamiento Territorial (2006)

Solicitud: Municipalidad de La Plata-Consejo Federal de Inversiones.

Vinculación: Convenio Municipalidad de La Plata-UNLP.

Ejecutor: Instituto de Geomorfología y Suelos (IGyS)- UNLP.

Dirección: Lic. Martín A. Hurtado.

Objetivo: Elaborar mapas geográficos, análisis ambientales, caracterizar aptitud y degradación usos de la tierra y aportar al planeamiento ambiental.

Fecha de entrega: 2006.

Conclusiones principales: En el capítulo de riesgos se hace referencia a los de tipo natural y antrópico que se detectaron en la zona de estudio. Allí se presenta un mapa de riesgo hídrico y se hace alusión a que “(...) se puede considerar que las inundaciones son el principal riesgo geológico que afecta al partido de La Plata.” En ese mismo punto se describe e ilustran “(...) situaciones generadas por el hombre (...) [entre las que] se pueden destacar la integración de cuencas, la pavimentación y compactación de calles, los puentes de diseño inadecuado y la ocupación de planicies de inundación”. Con respecto a esta última condición, destaca la situación de riesgo en la cuenca baja del arroyo Maldonado y también le dedica una mención especial a la interferencia que provoca el distribuidor Pedro Benoit de acceso a La Plata en la libre circulación del canal principal del arroyo del Gato.

Recomendaciones: Dirigidas al ordenamiento urbano toma las recomendaciones emitidas por la Comisión de inundaciones creada por el Municipio y que sintéticamente promueve el mantenimiento, limpieza y conservación de áreas de ex-



DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA – FACULTAD DE INGENIERIA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA – FACULTAD DE INGENIERIA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA – FACULTAD DE INGENIERIA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA – FACULTAD DE INGENIERIA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA – FACULTAD DE INGENIERIA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA – FACULTAD DE INGENIERIA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

c) Estudios Hidrológicos/Hidráulicos/Ambientales en la Cuenca del Arroyo del Gato (2007)

Solicitud: Municipalidad de La Plata.

Vinculación: Convenio Municipalidad de La Plata-UNLP.

Ejecutor: Laboratorio de Hidrología, Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería UNLP.

Dirección: Ing. Aníbal Jorge Barbero.

Coordinador: Ing. Pablo Romanazzi.

Objetivo: Realizar estudios hidrológicos, hidráulicos y ambientales en la cuenca del Gato.

Fecha de entrega: Junio 2007.

Conclusiones principales: “Insuficiencia generalizada del sistema de desagüe” aun para tormentas de baja recurrencia. Se realizó una modelación matemática para evaluar medidas estructurales; esta se llevó a cabo con el modelo EPA-SWMM, demostrando capacidad para reproducir aceptablemente las improntas de las inundaciones.

Recomendaciones: Realización de un sistema de alerta. Ensanchamiento de la canalización principal del arroyo del Gato y a la construcción de nuevos troncales bajo las grandes avenidas a manera de interceptores de los excedentes superficiales que se generan como consecuencia de la ocurrencia de tormentas severas.

Comentarios: Del convenio solo se contrató y ejecutó el módulo 1. Los tres restantes estaban previstos para las cuencas Maldonado, Rodríguez y Carnaval.

d) Estudio de la Cuenca del Arroyo Maldonado (2009)

Solicitud: DiPSOH.

Vinculación: Contrato (decreto 486/08).

Ejecutor: Estudios y Proyectos S.R.L.

Director del proyecto: Ing. Martín Marazzi.

Objetivo: Realizar los estudios necesarios para llevar a nivel de Proyecto Licitatorio las Obras de Desagües Pluviales y Control de Inundaciones en la Cuenca del Arroyo Maldonado, localizada en los partidos de Berisso y La Plata.

Disponer del diseño y de los pliegos de Especificaciones Particulares, a nivel de licitación, de un conjunto de obras de ingeniería que sean técnica, económica y ambientalmente factibles e integradas en la cuenca, para el control y la defensa contra las inundaciones generadas por las precipitaciones pluviales, lo cual incluía el proyecto de las obras de adecuación del cauce del arroyo Maldonado; la



5 DESCRIPCIÓN DE LA INUNDACIÓN

5.1 ASPECTOS GENERALES

La magnitud de la lluvia caída en la ciudad de La Plata el pasado 2 de abril excedió significativamente los parámetros de diseño que habitualmente se emplean para el proyecto de redes de desagües pluviales. La mayor parte de los conductos que integran la red de la ciudad de La Plata ha sido diseñada hace más de 50 años, considerando como pauta básica la captación y conducción a través de la red de conductos de los excedentes superficiales correspondientes a un evento de 2 años de recurrencia.

En la actualidad, los criterios de diseño consideran la posibilidad de manejo de excedentes a través de las calles (sistema mayor), en tanto no generen situaciones que pongan en riesgo a la población, bienes o servicios esenciales.

Las condiciones físicas y urbanísticas de una importante porción de las cuencas han cambiado sustancialmente, pasando de una condición de área rural a un alto desarrollo urbano, ya sea por aumento de la densidad poblacional o por pavimentación de las calles. Esta situación produce un importante aumento de los volúmenes excedentes de precipitación y una disminución de los tiempos de concentración, lo cual se traduce en un aumento de los caudales pico y una respuesta más rápida de la cuenca (disminución de los tiempos de previsión de la presencia de inundaciones).

Al día de hoy, el sistema de desagües pluviales se ve superado en su capacidad aun para eventos de menor intensidad que los utilizados en oportunidad del proyecto.

Por esta razón, las redes de desagües pluviales existentes en el casco urbano y en los arroyos Maldonado, del Regimiento, Pérez, del Gato, Zoológico y subcuencas menores no estaban en condiciones de conducir los excedentes hídricos generados por la tormenta sin producir trastornos en las zonas aledañas.

La respuesta de los cursos naturales frente a tormentas de diferente magnitud es un fenómeno bien definido y analizado en el campo de la Hidráulica y ha sido incluida en el Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires a través de la definición de la vía de evacuación de crecidas, la determinación de áreas de riesgo y las recomendaciones para su uso productivo (Capítulo III, Artículos 151 a 157).

En el caso de cuencas en las que se ha desarrollado un grado avanzado de urbanización, las redes naturales de desagüe son reemplazadas por los sistemas de desagües pluviales. Al ser un sistema subterráneo, la población pierde la noción de existencia del curso, creándose una falsa sensación de seguridad. Los desbordes que se producen al excederse la capacidad de los conductos toman por sorpresa a la población, disminuyendo su capacidad de respuesta frente al evento. Los excedentes se desplazan en superficie siguiendo las depresiones topográficas, que son las trazas de los antiguos cauces (entubados), hoy urbanizadas.

Esta situación queda en evidencia en la cuenca del arroyo Maldonado (véase Anexo V), que conserva aún algunas de las características de escurrimiento eminentemente naturales: tanto el propio arroyo Maldonado como su principal tributario, el



arroyo Monasterio, escurren a cielo abierto, salvo por un tramo de aproximadamente 500 m del arroyo Monasterio que cruza, entubado, un barrio de viviendas. De esta forma, en ocasión de eventos de crecidas, la población que se asienta en la zona cercana al cauce (en buena parte en viviendas precarias) no pierde la noción del riesgo que ello implica, nacida de la experiencia adquirida a causa de las inundaciones anteriores. La misma situación se refleja en la cuenca superior del arroyo del Regimiento, vale decir: que afecta principalmente al barrio de Los Hornos.

Dentro del casco urbano de la ciudad de La Plata, por el contrario, las aguas de los arroyos Pérez y del Regimiento son conducidas por un sistema subterráneo de desagüe. Dado que las características topográficas de la trama urbana replican a las del terreno original, en caso de precipitaciones en exceso de la capacidad de conducción del sistema, las aguas sobrantes escurren por la superficie de acuerdo a un trazado similar al del cauce natural desaparecido. Las calles del entramado urbano constituyen entonces las vías preferenciales de conducción del agua. Cuando se magnifica la lluvia, las aguas ocupan las veredas y finalmente la manzana urbanizada. Las características del escurrimiento superficial (por ej., tirantes, velocidades) dependerán de las pendientes de las calles y sus características geométricas y de las condiciones hidráulicas que se presenten aguas abajo. Estas condiciones suelen presentarse en los puntos bajos (el desagüe solo es posible a través de los sumideros) y en las obras de arte sobre los cursos a cielo abierto (puentes, alcantarillas), en la cuales se produce el remanso de las aguas para lograr la carga hidráulica necesaria para atravesarlas. La elevación de las aguas produce, además, su mayor permanencia en las zonas inundadas por efecto del almacenamiento. Esta situación se observó en el área baja del arroyo Maldonado, en la del arroyo del Gato (Tolosa y Ringuelet) y el extremo noroeste del casco urbano de la ciudad de La Plata (arroyo Pérez).

5.2 OBTENCIÓN DE LA SUPERFICIE INUNDADA CON DATOS RELEVADOS

La dinámica de la inundación anteriormente descrita fue corroborada por relevamientos llevados a cabo por los integrantes del equipo de trabajo. Se relevaron los máximos niveles del agua alcanzados en la cuenca alta de los arroyos del Gato, del Regimiento, Pérez, la totalidad de la cuenca del Maldonado y en sectores puntuales del casco urbano de La Plata. También se dispuso de información provista por vecinos, mayormente del casco urbano de La Plata, tanto de niveles alcanzados por las aguas como de los horarios de ingreso y salida del agua de sus domicilios. En el Plano 1 se muestra la ubicación de los datos provenientes de distintas fuentes, con los valores de nivel de inundación máximo alcanzado referido a la cota de calle. Con ellos, se estimó la extensión de la inundación, tal como se ve en los Planos 2 y 3 para las cuencas de los arroyos Del Gato y Maldonado respectivamente. Se efectuó, asimismo, una recopilación expeditiva de las obras de arte existentes en los dos cauces naturales de la cuenca. Todo ello permitió profundizar en la comprensión de los hechos ocurridos, a la vez que completar información y/o validar la existente.

A fin de evaluar las acciones tendientes a mitigar de manera temprana las consecuencias de la tormenta, se apeló a los relatos directos de los protagonistas de los hechos

Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

y los recibidos por las consultas realizadas en este estudio, así como de encuestas realizadas del Consejo Profesional de Trabajadores Sociales².

La información aportada por los vecinos se agrupó por sectores, tal como se indica en la Figura 8. La hora promedio en que se alcanzó la máxima altura de la inundación se estimó sobre la base de 670 disponibles (Figura 9). Se procedió en forma análoga para conocer la permanencia promedio de la inundación en el interior de las viviendas (Figura 10).

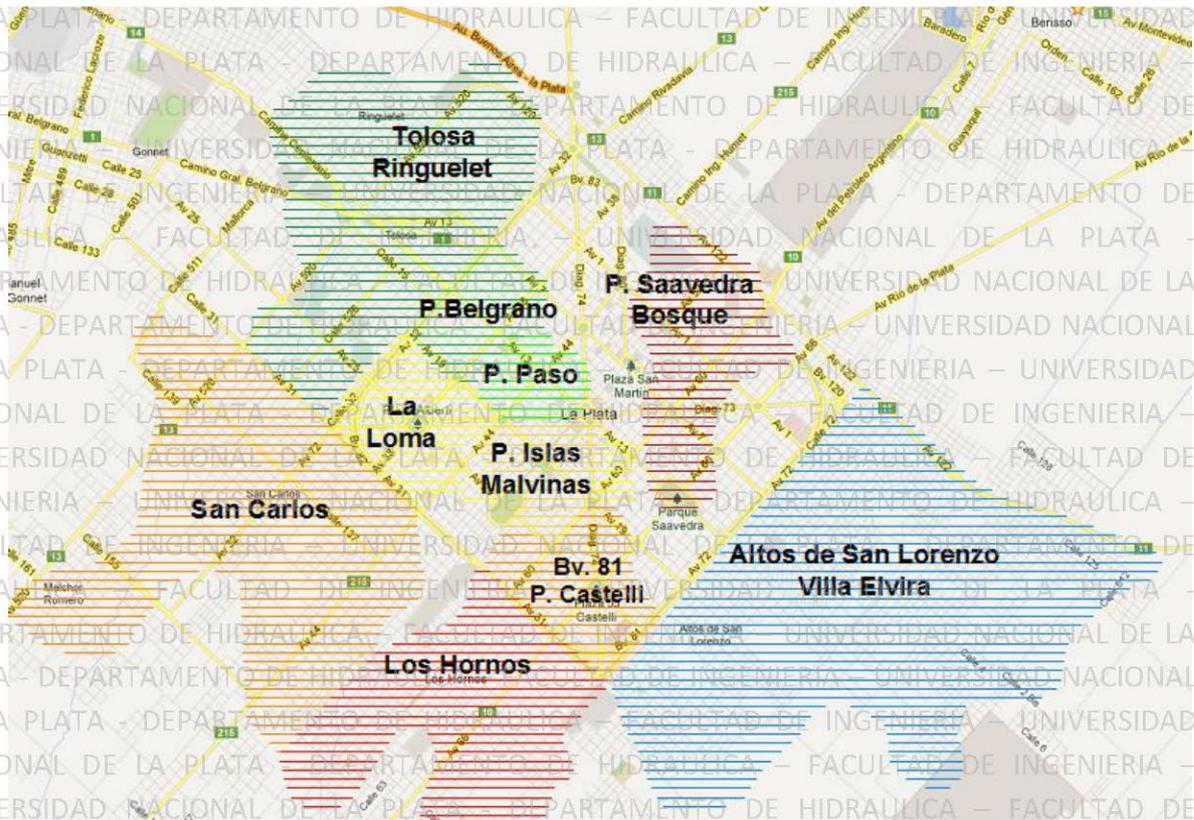


Figura 8. Distribución geográfica de las zonas de la ciudad consideradas a los efectos de este estudio

² Relevamiento Socio Sanitario en los barrios afectados por la inundación: <http://catspba.org.ar/?p=2306>

Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

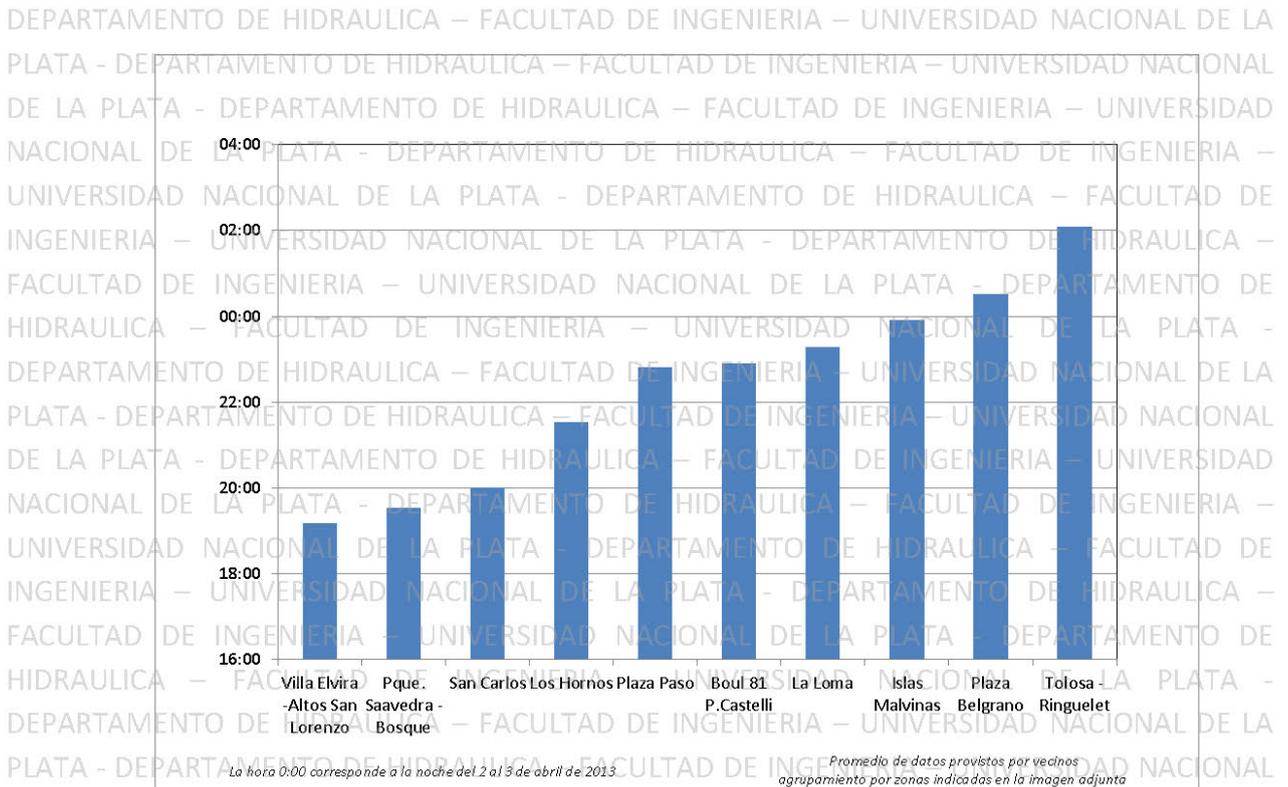


Figura 9. Horario del máximo nivel de inundación en el interior de las viviendas (valores promedio de la información disponible referida a este dato)

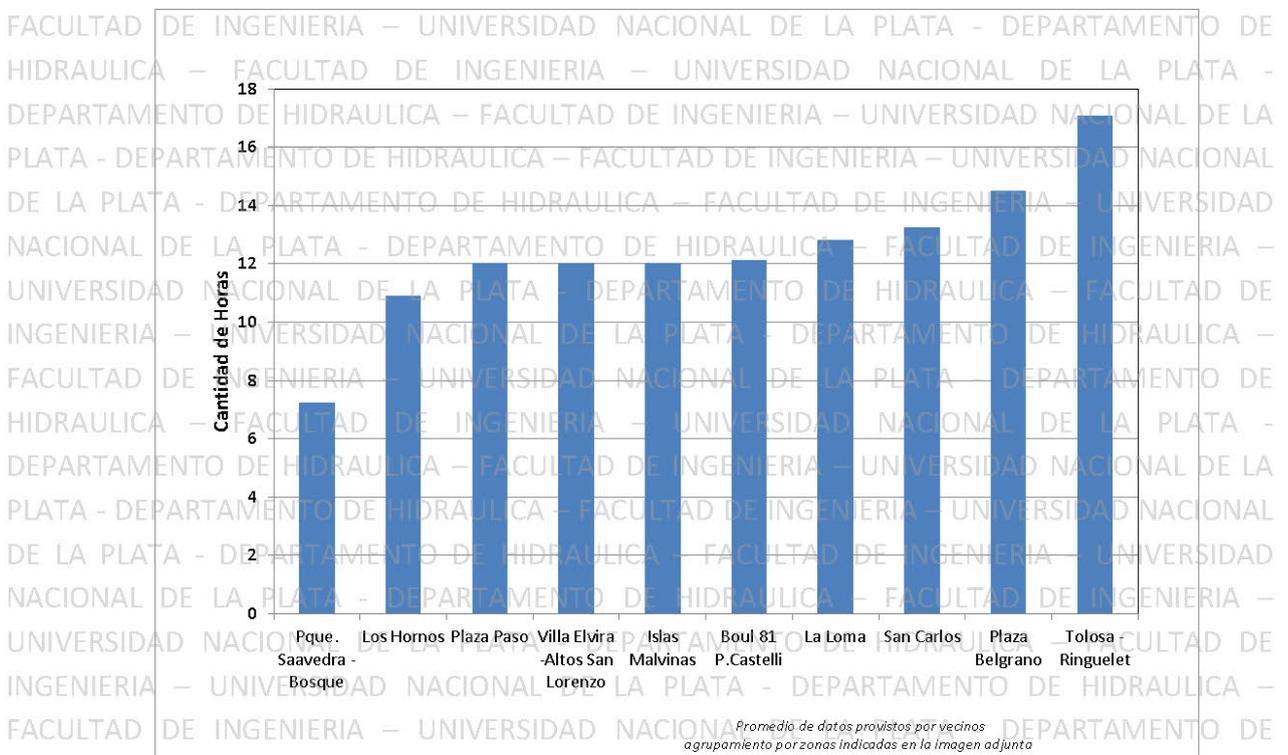


Figura 10. Tiempo de permanencia de la inundación dentro de las viviendas (valores promedio de la información disponible referida a este dato)



Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

En el caso de Ensenada, los datos procesados permitieron estimar la hora pico en torno de las 21:30, en tanto que la inundación permaneció, en promedio, 10 horas. Los datos estimados para Berisso fueron, respectivamente, las 22:00 y 9 horas, aproximadamente³.

Los testimonios recogidos coinciden en señalar que hubo dos periodos de mayor intensidad de precipitación que se ven replicados por dos máximos ascensos del nivel de la inundación, separados por un lapso de relativo descenso parcial. Por otra parte, se observó que la escorrentía sobre las cuencas de los arroyos Pérez y del Regimiento, así como la del arroyo del Zoológico, evolucionó en dirección general sur-norte. Ello se ve confirmado por el horario promedio asociado al pico de nivel del agua observado en los distintos barrios (Figura 9). El Anexo V profundiza en la descripción de los datos relevados, detallando algunos hechos singulares, tales como la falla y el sobrepaso del terraplén de la vía en Boulevard 81, que introdujeron anomalías locales en la tendencia global del escurrimiento.

El análisis de los datos realizados basta por sí mismo para corroborar a grandes trazos la dinámica de la inundación.

³La mayoría de los datos provenientes de los barrios aledaños a la calle 122



6 SIMULACIÓN MATEMÁTICA DEL SISTEMA DE DESAGÜES PLUVIALES

6.1 EL MODELO SWMM. ESQUEMATIZACIÓN DE LA RED

La modelación matemática del área urbana del sistema en estudio ha sido realizada mediante el empleo del modelo matemático hidrológico e hidrodinámico "Storm-water Management Model" (SWMM) de la "United States Environmental Protection Agency" (EPA).

El SWMM es un modelo que permite realizar la simulación de los procesos de transformación de precipitaciones en caudales y su traslado a lo largo de la red de desagües, aplicando un modelo hidrodinámico unidimensional. Tiene capacidad para simular distintos tipos de escurrimiento, así como efectos de remanso, escurrimientos a presión, flujo inverso y almacenamiento superficial. Detalles adicionales pueden encontrarse en el Anexo VI.

Si bien puede utilizarse para realizar una simulación continua en período extendido, en este caso se lo empleó para el análisis de un evento desarrollado como consecuencia de las precipitaciones del día 2 de abril pasado.

Los datos de entrada requeridos para realizar la simulación de los procesos hidrológicos consisten en las características de las cuencas modeladas y los datos de la tormenta. Para la utilización del módulo hidrodinámico se han incorporado las características de la red de desagües pluviales y de las calles de la trama urbana.

Se utilizaron los hietogramas (expresados como intensidad de la precipitación), de acuerdo con la distribución temporal mencionada en el capítulo 3, correspondientes a los pluviógrafos de las Estaciones Observatorio y Julio Hirschhorn.

En los sectores urbanos se modeló cada calle como una conducción (canal con forma irregular representativa del perfil transversal de la calle); en cada esquina se definió un nodo-calle al cual se conectaron los conductos-calle. La cota de fondo de estos nodos corresponde a la cota IGM de los cruces de ejes de calle, según los relevamientos planialtimétricos disponibles. La diferencia de cotas entre estos nodos y la longitud del conducto-calle permiten definir su pendiente. Se adoptaron tres tipologías diferentes para las calles, en las cuales varían las formas y los parámetros de rugosidad (calle de tierra, calle pavimentada y avenida pavimentada).

Asimismo, se representaron los conductos que integran la red de conductos de desagües pluviales y los tramos de canalizaciones a cielo abierto de los arroyos. Las cotas y dimensiones de las secciones transversales correspondientes se tomaron de la información antecedente disponible.

Este modelo presenta un conjunto flexible de herramientas de modelación que permiten simular adecuadamente el funcionamiento de un sistema dual de desagües pluviales, es decir, un sistema en el que se contempla tanto el escurrimiento por la red de calles (Sistema Mayor) como por la red de conductos (Sistema Menor).

Cuando se producen eventos de magnitud tal que generan excesos que escurren por las calles con tirantes superiores a las alturas de los cordones de las veredas y los



Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

umbrales, hay ingreso de agua a las propiedades y consecuentes daños. Tales ingresos se traducen en almacenamientos que, en cierta medida, amortiguan el escurrimiento. Este efecto ha sido representado mediante la consideración de volúmenes de almacenamiento disponible en cada manzana.

Este tipo de esquematización (funcionamiento como sistema dual) permite una mejor representación de los complejos procesos físicos que se desarrollan en cuencas urbanas como respuesta ante una precipitación. La aproximación que se logre estará fuertemente ligada a la forma en que se represente al sistema a través de los elementos que lo componen (calles, conductos, sumideros, etcétera). Es por ello que una parte importante de la tarea de modelación consiste en interpretar las herramientas de las que se dispone, o que brinda el modelo a emplear, y la forma de combinarlas, para lograr un resultado lo más aproximado posible a la realidad física que se intenta representar. La calidad de los resultados que se alcancen dependerá, además, de la calidad de la información básica utilizada.

6.2 APLICACIÓN A LA CUENCA DEL ARROYO DEL GATO

Las cuencas rurales se dividieron en subcuencas que pudiesen ser tratadas como homogéneas, considerando su respuesta hidrológica en forma concentrada. El sistema urbano fue modelado mediante la utilización de los siguientes elementos:

- 3.593 subcuencas;
- 4.023 nodos de calle o nodos arroyos, a los que se les asignó la cota del eje de calle o del fondo del cauce según correspondiera;
- 1.275 nodos de la red de desagües pluviales, correspondientes a conductos existentes y proyectados. Las cotas corresponden a los datos de la red existente;
- 3.576 nodos de almacenamiento en manzana;
- 10.151 conductos calle o conductos de la red de desagües (red existente);
- 1.275 conductos de empalme de sumideros;
- 1.275 vertederos de sumideros (empalme entre el nodo calle y la cámara del sumidero);
- 3.576 orificios de empalme entre el nodo calle y el almacenamiento en manzana;
- 150 secciones transversales irregulares.

Las corridas del modelo comienzan a las 0:00 del día 2 de abril de 2013, fijando como condición inicial que tanto en las cuencas como en el sistema de desagües, red mayor (calles y arroyos) y red menor (red de conductos), los niveles y caudales fueran nulos.

En la situación de verificación de la tormenta ese día, en la cual el sistema menor fue ampliamente sobrepasado en su capacidad, los conductos funcionaron a sección llena. En muchos casos se observó un reflujó desde la red menor (conductos) hacia la red mayor (calles).

A modo de ejemplo se presenta el perfil longitudinal del conducto de la calle 25 desde 28 y 72 hasta su desembocadura en el arroyo del Gato, en 25 y 522, para el instante de paso del pico de caudal (Figura 11). Se observan las líneas que definen el fondo y el techo del conducto, el terreno natural (en línea punteada) y la línea piezométrica (en azul). Puede observarse en varios tramos (desde 28 y 72 hasta 25 y 48, desde 25 y 37 hasta 25 y 33 y desde 25 y 529 hasta la desembocadura) que la línea piezométrica se encuentra por encima de la línea del terreno natural, lo que significa que en dicha zona los sumideros y conductos no poseían capacidad para permitir el ingreso del agua desde la superficie, o peor aún, oficiaron de fuentes de agua desde los conductos hacia las calles.

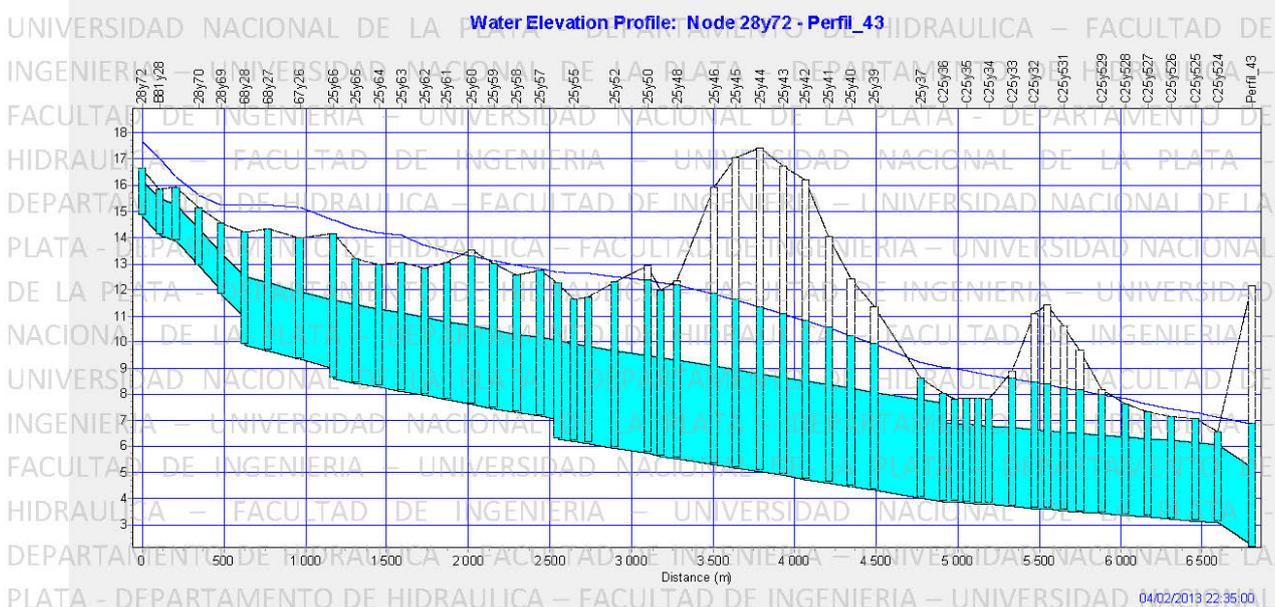


Figura 11. Perfil longitudinal del conducto de la calle 25 desde la intersección de las calles 28 y 72 hasta su desembocadura en el arroyo del Gato

Existen muchas formas de evaluación del funcionamiento y la eficiencia de un sistema de desagües pluviales: desde los que van desde la mera observación y descripción de la mitigación lograda con este hasta la adopción de indicadores de dicha mitigación. Es común, por ejemplo, la cuantificación a través de los tirantes, velocidades, índices de peligrosidad, etcétera.

6.2.1 Escenario 1: Tormenta 2 de abril con situación actual de desagües

Este escenario representa el funcionamiento del sistema de desagües en la condición actual con la lluvia del 2 de abril, según los hietogramas descriptos. Como resultados se obtuvieron las superficies inundadas (Plano 4), la velocidad del agua en diferentes puntos, las alturas de inundación y su permanencia. La comparación entre la extensión de la inundación modelada respecto de la relevada se muestra en el Plano 5.



6.2.2 *Escenario 2: Tormenta 2 de abril con obras propuestas*

Este escenario representa el comportamiento del sistema con la incorporación de las obras de conducción propuestas en el estudio de referencia de la DiPSOH del año 2010.

El resultado obtenido puede verse a través de la superficie inundada (Plano 6). De su comparación con el Escenario 1, resulta que se produce una disminución de la superficie inundada menor del 10 %. En este análisis no se ha incluido a los sectores aledaños al canal del Arroyo del Gato en su tramo inferior, ya que la disponibilidad de información antecedente con suficiente detalle cubría solamente hasta las vías del Ferrocarril Roca. La modelación completa permitirá evaluar los resultados en toda la cuenca.

En síntesis, la disminución que, en promedio, es del orden de los 0,30 m significa que las profundidades promedio pasan de 1,70 m a 1,40 m. Como puede apreciarse, si bien se logra una importante reducción porcentual, los valores absolutos de profundidad continúan siendo peligrosos.

Las obras planteadas en el estudio antecedente fueron concebidas para permitir controlar los estados de inundación correspondientes a un evento con una recurrencia de 5 años. Si bien los valores de reducción de la afectación resultan exiguos, este hecho debe interpretarse como un indicador de la severidad de la tormenta, y no como ineficacia del sistema de desagüe planteado.

Un análisis detallado del funcionamiento frente a tormentas de recurrencias en el rango de las utilizadas para el diseño de las obras mostraría claramente la influencia benéfica de las obras proyectadas. Debe tenerse presente que prácticamente todas las obras existentes de la red de desagües pluviales de la región ha sido diseñada para tormentas de 2 años de recurrencia. A modo de ejemplo, si se considera una tormenta de 1 hora de duración, la precipitación acumulada para recurrencias de 2 años y 5 años es del orden de 35 mm y 55 mm, respectivamente. El valor máximo registrado en el Observatorio Astronómico en la hora de máxima intensidad fue de 128 mm.

Para las tormentas extremas, tales como las del 2 de abril, no resulta viable económicamente el planteo de obras que permitan controlar las inundaciones, por lo que resulta imprescindible contar con un sistema coherente de medidas no estructurales, complementarias a las obras, destinadas a mitigar las consecuencias.

6.2.3 *Escenario 3: Tormenta 2 de abril con sumideros obstruidos*

Este escenario tiene por finalidad la evaluación global de una situación en la cual el estado de los sumideros (del orden de 1000) presente una obstrucción del orden del 90 %, es decir, una severa limitación de su capacidad de captación que hace que el sistema menor no reciba excedentes superficiales. Esto equivale a una situación en la cual la red de conductos no funcionara, o bien no existiera.



El resultado obtenido se expresa a través de la superficie inundada (Plano 7). De su comparación con el Escenario 1, resulta que se produce un incremento de la superficie inundada del orden del 10 % y un incremento de las alturas máximas que en promedio resulta ser del orden de los 0,10 m.

Esta conclusión muestra claramente la magnitud extraordinaria de la tormenta, al punto tal de que la existencia o no de la red de conductos pasa a constituir un aspecto de segundo orden.

6.2.4 Escenario 4: Tormenta 2 de abril reduciendo el grado de impermeabilización

De igual forma que en el escenario anterior, se simula el comportamiento de la cuenca en un caso hipotético en el cual no se hubiera incrementado mayormente el desarrollo urbanístico. Se simuló una situación global tomando para la parte urbana de la cuenca un estado de impermeabilización del orden del 30 %, es decir, equivalente a que se tuvieran manzanas sin edificación alguna. Para el Escenario 1, los porcentajes de impermeabilidad adoptados fueron del orden del 60 % para sectores periféricos, llegando hasta el 90 % en zonas céntricas.

Esta evaluación se presenta como superficie inundada (Plano 8), mostrando que se produce una reducción del área del orden del 10 % y una reducción de las alturas máximas que en promedio llegan al orden de los 0,10 m.

Esta conclusión vuelve a poner de relieve la magnitud de la tormenta, mostrando que frente a este evento se hace irrelevante el efecto de la urbanización.

6.3 APLICACIÓN A LA CUENCA DEL ARROYO MALDONADO

Las cuencas rurales se dividieron en subcuencas que pudiesen ser tratadas como homogéneas, considerando su respuesta hidrológica en forma concentrada. El sistema urbano fue modelado mediante la utilización de los siguientes elementos:

- Número de subcuencas : 863;
- Área considerada en el sector urbano (Ha): 1.177;
- Área considerada en el sector rural (Ha): 1.796;
- Promedio áreas urbanas (Ha): 1,38;
- Nodos de calle, canales y conductos: 931;
- Almacenamientos localizados en manzana: 855;
- Uniones de calles, conductos y canales: 1.487;

Las corridas del modelo comienzan a las 0:00 del día 2 de abril de 2013, fijando como condición inicial que tanto en las cuencas como en el sistema de desagües, red mayor (calles y arroyos) y red menor (red de conductos), los niveles y caudales fueran nulos.



Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

6.3.1 Escenario 1: Tormenta 2 de abril con situación actual de desagües

Este escenario representa el funcionamiento del sistema de desagües en la condición actual con la lluvia del 2 de abril, según los hietogramas descriptos. Como resultados se obtuvieron las superficies inundadas, la velocidad del agua en diferentes puntos, las alturas de la inundación y su permanencia (Planos 9 y 10).

6.3.2 Escenario 2: Tormenta 2 de abril con obras propuestas

Este escenario representa el comportamiento del sistema con la incorporación de las obras de conducción propuestas en el estudio de referencia de la DiPSOH del año 2009 (Plano 11 y 12). En este análisis no se ha incluido a los sectores aledaños al Arroyo Maldonado en su tramo inferior, ya que la disponibilidad de información antecedente con suficiente detalle cubría solamente hasta la Ruta 11. La modelación completa permitirá evaluar los resultados en toda la cuenca.



7 CONSIDERACIONES ACERCA DE LAS MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

Las medidas no estructurales apuntan a la reducción de los perjuicios ocasionados por un evento natural o socio-natural mediante la búsqueda de una mejor convivencia de la población con las crecidas; si tales medidas existen se transforman rápidamente en herramientas de organización y trabajo. Por ello es importante conocer si durante los eventos del 2 y 3 de abril pasado, se puso en práctica algún plan de emergencia, con su respectivo plan de contingencia.

En palabras de Carlos M. Tucci, de vasta experiencia en este tema y muy presente en los manuales de diseño de planes maestros de desagües urbanos que se mencionarán más adelante, señala que es “ingenuidad del hombre imaginar que podrá controlar totalmente las inundaciones; las medidas siempre objetivan minimizar sus consecuencias, aun las estructurales”.

Ahora bien, todo plan de prevención y/o protección ciudadana debe poseer al menos tres fases distintas, a saber: la prevención, la alerta y la mitigación⁴.

La actividad de prevención implica el entrenamiento de los equipos de defensa civil y de la población en general, incluyendo la gestión de mapas de alerta que identifiquen las áreas inundadas durante su ocurrencia junto a las áreas destinadas a contener y recibir a la población afectada. La alerta es la fase de acompañamiento de la ocurrencia de los eventos de lluvia y, según el mismo autor, la fase de mitigación trata de las acciones que deben ser realizadas para disminuir el perjuicio de la población cuando la inundación ocurre.

La identificación de las áreas de inundación engloba las etapas de: a) determinación del riesgo de las crecidas; b) elaboración de mapas de áreas de inundación; c) zonificación. Todo ello debe llevarse a cabo teniendo en consideración que la población marginada y de menor poder adquisitivo es la que ocupa las áreas ribereñas de mayor riesgo. Esto último es digno de destacar si se toma en consideración que cualquiera de estas medidas conlleva un alto costo de tipo económico y la protección no debería quedar dependiente totalmente de la capacidad económica del propietario para realizarlas.

7.1 ANTECEDENTES NORMATIVOS EN LOS DISTINTOS ÁMBITOS

Los antecedentes normativos se valoran desde el punto de vista de la importancia de comprender uno de los temas basales de todo orden institucional: la organización administrativa.

⁴ Coordinadas con unidades de Defensa Civil, Policías, Ejército, Cruz Roja y también organizaciones sociales no gubernamentales, ver punto siguiente.



Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

En orden a la extensión del trabajo se tomó como parámetros únicamente los aspectos normativos vinculados de manera directa a las medidas no estructurales frente a casos de sectores inundables.

En tal sentido es importante destacar que el Estado Nacional encarga y produce el "Manual para el Diseño de Planes Maestros para la Mejora de la Infraestructura y la Gestión del Drenaje Urbano"⁵, en el mes de abril del año 2003 y a través de la Secretaría de Obras Públicas, Unidad Coordinadora de Programas con Financiación Externa, en orden a una donación del Gobierno de Japón (TF 25819).

Este tipo de instrumentos resulta de ineludible consideración ya que, por un lado, uno de los problemas básicos que se encuentran en toda organización del tipo administrativo es la multiplicidad y/o superposición de organismos y, por el otro, la identificación y remoción de obstáculos normativos, carencia de regulación, incompatibilidades legales, constituyen en sí mismas una medida no estructural a implementar. Lo cierto es que tal como se destaca en las normativas tanto nacional como provincial adoptadas "la evaluación de medidas no estructurales a implementar en un proyecto de mejora de infraestructura y gestión del drenaje urbano requiere de la definición del 'estado' de la cuenca al momento de la intervención y, paralelamente de la verificación del 'estado' del ordenamiento jurídico vigente"⁶.

Por otra parte, todos los organismos consultados le han dado gran importancia a la Defensa Civil tanto en el ámbito nacional, como provincial y municipal⁷. Defensa Civil es "un sistema de protección de la población, cuyo concepto más moderno consiste en la coordinación de los medios públicos y privados para la atención de emergencias".

Atendiendo a la necesidad de desarrollar en la provincia de Buenos Aires una acción de Defensa, se crean por decreto 5473 (27 de mayo de 1960), en el ámbito provincial, una Junta Provincial de Defensa Antiaérea Pasiva y una Junta de Asistencia y Lucha Contra las Inundaciones⁸. Esta es una función que realiza el Gobierno de la provincia de Buenos Aires a través de la Dirección General de Defensa Civil. Por medio de la Defensa Civil, las personas aprenden a identificar los riesgos y proteger sus vidas y sus bienes frente a emergencias o eventos adversos de origen natural (provocadas por la naturaleza) o por las de origen antrópico (por las actividades del hombre).

⁵ Luego por decreto 2647/06, la provincia de Buenos Aires decidió aprobarlo en el ámbito de su jurisdicción.

⁶ Manual para el Diseño de Planes Maestros para la Mejora de la Infraestructura y la Gestión del Drenaje Urbano.

⁷ Fuente:

http://www.mininterior.gov.ar/provincias/proteccion_civil.php?idName=provincias&idNameSubMenu=provinciasProtCivil

⁸ Las que por atender sólo en parte las necesidades de la Defensa y ante la autorización conferida por el Decreto Nacional 7.498/63 se da origen al Decreto Ley Provincial 11.001/63 el cual es modificado por Ley Provincial 7.738/71 y por su Decreto reglamentario 3567/73 que crea la Junta Provincial de Defensa Civil la que tuvo a su cargo la Planificación, Organización y Coordinación Superior de la Defensa Civil en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires. Decreto-Ley 11.001/63: Artículo 5 "Compete a la Junta Provincial de Defensa Civil, adoptar las previsiones y medidas de carácter general tendientes a prevenir, evitar, reducir y reparar los efectos de la posible acción enemiga o estragos resultantes de agentes naturales o no (tectónicos, meteorológicos, inundaciones, incendios, plagas, pestes, etc.) y que por sus características y naturaleza escapen al control de la organización normal de los servicios públicos y privados".



¹² El artículo 13 de la ley de Seguridad Interior dice que en el ámbito del Consejo de Seguridad Interior, cuando se lo considere necesario, se constituirá un Comité de Crisis cuya misión será ejercer la conducción política y supervisión operacional de los cuerpos policiales y fuerzas de seguridad federales y provinciales que se encuentren empeñados en el restablecimiento de la seguridad interior en cualquier lugar del territorio nacional y estará compuesto por el ministro del Interior y el gobernador en calidad de copresidentes, y los titulares de Gendarmería Nacional, Prefectura Naval Argentina y Policía Federal. Pero el decreto 2009/10 modificó el “Consejo de Seguridad Interior” estableciendo la Secretaria Ejecutiva de Seguridad Interior, cuya misión es la de actuar como órgano de trabajo del Consejo de Seguridad Interior y de su Comité de Crisis; en este marco debe coordinar los mecanismos de convocatoria, análisis, acuerdo, representación y tratamiento de las cuestiones a considerar por dicho cuerpo y llevar a cabo las funciones que le encomiendan la Ley 24.059 y su reglamentación además de las que prevea el reglamento interno de funcionamiento y organización del Consejo de Seguridad Interior, mediante las siguientes acciones: 1. Coordinar los mecanismos de convocatoria, análisis, acuerdo, representación y tratamiento de las cuestiones a considerar por el Consejo de Seguridad Interior y por el Comité de Crisis; 2. Llevar a cabo las funciones que le encomiendan la Ley 24.059 y su reglamentación, y las que prevea el reglamento interno de funcionamiento y organización del Consejo de Seguridad Interior.



mentos de los restantes cuerpos policiales y fuerzas de seguridad nacionales y provinciales participantes en la operación”¹³.

El Servicio Meteorológico Nacional: Por el decreto 1689 (22 de noviembre de 2006), el SMN fue transferido al ámbito de la Secretaría de Planeamiento del Ministerio de Defensa de la Nación. Posteriormente, por decreto 1432/2007¹⁴, se le asignó la jerarquía de Organismo descentralizado, con autarquía económica financiera, personalidad jurídica propia y capacidad de actuar en el ámbito del derecho público y privado.

Es misión del SMN, observar, comprender, predecir el tiempo y el clima en el territorio nacional y zonas oceánicas adyacentes con el objeto de contribuir a la protección de la vida y la propiedad de sus habitantes y al desarrollo sustentable de la economía; y proveer a la representación del país ante los organismos meteorológicos internacionales y al cumplimiento de las obligaciones asumidas por el país ante ellos.

Entre otras, se incluye entre sus funciones la de “[r]ealizar y difundir alertas meteorológicas ante situaciones meteorológicas que pongan en riesgo la vida o el patrimonio de los habitantes”¹⁵.

7.1.2 En el orden provincial

Los antecedentes normativos revelan una profusa –y, en algunos casos, superpuesta– normativa.

La Ley 11.340 autoriza al poder ejecutivo para declarar de emergencia obras y/o acciones indispensables por casos de fuerza mayor (incendios, inundaciones, terremotos, epidemias)¹⁶, el decreto 486/08¹⁷ y, más recientemente, el decreto 152/13¹⁸.

Además, en la Ley 11.964¹⁹ de 1997 se establecen las bases para la definición y la demarcación, en el terreno y en cartografía y la preparación de mapas de zonas de riesgo; la incorporación a la zonificación de áreas protectoras de fauna y flora silvestres; la obligatoriedad de hacer la evaluación de impacto ambiental, y el procedimiento correlativo, de las obras y trabajos a ejecutar; la imposición a los beneficiarios del pago del cos-

¹³ Artículo 11. — Sustituyese en el texto de la Ley N° 24.059, sus modificatorias y complementarias, la referencia al Ministerio del Interior, por la del Ministerio de Seguridad (decreto 1993/2010).

¹⁴ Fuente web <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/verVinculos.do?modo=2&id=122437> última visita el 12 de mayo de 2013.

¹⁵ Fuente: <http://www.smn.gov.ar/?mod=htms&id=2> última visita el 16 de mayo de 2013.

¹⁶ Promulgación decreto 3131/92 del 04/11/92. Publicación B.O. 18/11/92 N° 22.314

¹⁷ Decreto 486 de 2008 que declara la emergencia hídrica en distintos partidos de la provincia de Buenos Aires y fue prorrogado por 180 días por el decreto 490/09, todo ello en términos de la ley 11.340, promulgación del 18/3/08, publicación del 4/4/08 en BO n° 25.872, ubicación c29 h90.

¹⁸ Decreto 152/13 Declaración en Emergencia por 180 días en los partidos de La Plata, Berisso, Ensenada, San Martín, Vicente López y La Matanza. (temporal-2 de abril 2013-inundaciones-realización de obras-eximición-impuesto inmobiliario). Promulgación del 8/4/13. Publicación del 16/4/13 BO N° 27045. Ubicación C42 H43.

¹⁹ Fuente web http://www.gob.gba.gov.ar/dijl/DIIL_buscaid.php?var=422 última visita el 12 de mayo de 2013.



to de construcción, de mantenimiento, y operación de obras de control de inundaciones y emergencias hídricas. Y la elaboración de diversas acciones preventivas²⁰.

La Ley 12.267, denominada Código de Aguas, en su artículo 6º establece que “[l]a Autoridad del Agua deberá confeccionar cartas de riesgo hídrico en las que se detallarán las zonas que puedan ser afectadas por inundaciones, atendiendo para su elaboración a criterios geomorfológicos e hidrológicos que permitan una delimitación planialtimétrica de áreas de riesgo, con indicación de la graduación del mismo en función de posibles anegamientos. En estas zonas no se permitirá la creación de obstáculos tales como obras, plantaciones, etc., sin previa autorización de la Autoridad del Agua, ni se podrá otorgar la factibilidad hidráulica para construir”.

Y el decreto 3511/97, Reglamentario del Código de Aguas, artículo 6: “Emergencias hídricas. Acciones preventivas. Para la elaboración de las Cartas de Riesgo hídrico la Autoridad del Agua podrá requerir informes y estudios a todo organismo público o privado. Asimismo deberá elaborar un Sistema de monitoreo y alarma y un Plan de contingencia, destinado a proteger a los sujetos pasibles de ser afectados con motivo de una obra hidráulica. En todos los casos, deberá observarse la Ley Nº 11.964 en cuanto resultare de aplicación a la materia aquí regulada. Ante una situación de emergencia para un centro urbano, la Autoridad del Agua podrá adoptar medidas de carácter excepcional y transitorio, fundadas en el interés general de la población afectada. Las autorizaciones a que se refiere el último párrafo del artículo 6 del Código de Aguas tendrán carácter precario y comprenderán la potestad de remover los obstáculos, sin derecho a indemnización”.

Asimismo, la resolución 04/04 de Aptitud Hidráulica, cuya Autoridad de Aplicación es la Autoridad del Agua, “estructura organizativa descentralizada²¹” con relación directa político-institucional con el actual Ministerio de Infraestructura. Maneja los requisitos para la certificación de la Aptitud Hidráulica y la aprobación de Proyectos Hidráulicos de Saneamiento para aquellos predios propuestos a un cambio en el uso de suelo (fraccionamiento).

En caso de tratarse de predios que, de acuerdo a los antecedentes obrantes en esa repartición, revisten el carácter de inundables o no cumplan con la Ley 6.254/60²² y la mencionada 12.257, no se extenderá el certificado en etapa de prefactibilidad, sino que deberá presentarse el proyecto de las obras de saneamiento hidráulico completando la documentación requerida en la etapa de factibilidad²³.

²⁰ Ley 11.964: Normas Sobre Demarcación en el Terreno; Cartografía y Preparación de Mapas de Zonas de Riesgo; Áreas Protectoras Fauna y Flora Silvestres y Control Inundaciones. (Demarcación Líneas de Riberas - Vías de Evacuación), con promulgación por decreto 1497 del 06/06/97 y publicación en el B.O. del 26/06/97 N° 23.384. Modificaciones y Normativas Complementarias: 4695/98: (Artículo 1 derogado por decreto 2307/99) Designación como Autoridad de Aplicación de la ley 11.964 a la Dirección Provincial de Hidráulica; 49/03 ADA: Metodología de Procedimiento para la Visado de Planos de Mensura y Definición y Demarcación de Línea de Ribera. Apruébanse los requisitos técnicos.

²¹ Es la denominación que ofrece su decreto constitutivo 266/02, sin embargo se organiza en el organigrama oficial como un ente desconcentrado: <http://www.ada.gba.gov.ar/institucional/marcojuridico.php>
<http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/02-266.html>

²² Ley 6.254 de Normas para el Fraccionamiento de Tipo Urbano y "Barrio Parque". Cota mínima de Terreno a Fraccionar. (Ver Ley 10.624). Promulgación por decreto 1886/60 del 19/2/60 y publicación del 14/3/60 -BO N° 14137- ver Modificaciones y Normativas Complementarias: 49/03 ADA.

²³ Ver Anexo VII: Legislación Provincial.



El decreto 2647/06²⁴ aprueba el “Manual para el Diseño de Planes Maestros para la Mejora de la Infraestructura y la Gestión del Drenaje Urbano (Obras de Desagües Urbanos – Código de Agua)”, promulgado el 10 de octubre de 2006, publicado el 24 de octubre de 2006, en BO N° 25521, ubicación C11 H89. Y el decreto 464/08 que crea en el ámbito de la Secretaría General de la Gobernación el Consejo Provincial de Emergencias (deroga el decreto 392/05 - Prevención - Desastres), actualmente en la órbita del Ministerio de Desarrollo Social²⁵, con promulgación del 10 de marzo de 2008, publicación del 1 de abril de 2008, BO N° 25870, ubicación C24 H85.

7.1.3 En el orden municipal

En el orden municipal²⁶, los antecedentes normativos previos al acaecimiento del evento permiten destacar la Ley 8.553²⁷ (1975) que transfiere a la Municipalidad de La Plata las obras de arte y conductos de desagües pluviales existentes dentro del distrito de la misma, ejecutadas por el entonces Ministerio de Obras Públicas (actual Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas, Ministerio de Infraestructura) para el servicio de la ciudad.

En función de la reciente legislación en materia urbanística en La Plata, la reglamentación del uso de las zonas de inundación se debe apoyar en mapas con demarcación de áreas de distintos riesgos y en los criterios de ocupación de estas, en cuanto al uso y a los aspectos constructivos, la cual debe ser integrada a la legislación municipal sobre loteos, construcciones y habilitaciones a fin de garantizar su observancia (Ver or-

²⁴ Los lineamientos y recomendaciones de dicho manual se consideran como la “mejor práctica” para minimizar los daños por inundaciones urbanas debidas a lluvias de alta intensidad en Argentina; disponiendo entre sus Considerando: Que en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires se han proyectado obras con asistencia financiera proveniente del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), las que en su conjunto propenderán a mejorar la calidad de vida de la población bonaerense; Que resulta conveniente disponer la aplicación obligatoria del Manual para el Diseño de Planes Maestros para la Mejora de la Infraestructura y la Gestión del Drenaje Urbano, en la totalidad de los emprendimientos vinculados con proyectos y obras de desagües urbanos que se ejecuten en la Provincia; Que lo reseñado resulta conducente y oportuno, en tanto procura, en el marco de las normativas establecidas por el Código de Aguas, brindar un encuadre con reglas y pautas de comportamiento que transparentan el accionar de la Administración; Que por otra parte, las directrices explicitadas brindan claridad en el desenvolvimiento de las reparaciones para la elaboración de los proyectos pertinentes e infunden mayores garantías en cuanto a las conductas que han de regir en el ámbito público; Que por consiguiente, para alcanzar el objetivo propuesto, deviene ineludible aprobar el Manual para el Diseño de Planes Maestros para la Mejora de la Infraestructura y la Gestión del Drenaje Urbano, haciéndose constar que, oportunamente, se requirió la opinión técnica de los organismos públicos con competencia en el tema; Que en ese orden se tramita el presente con intervención de la Autoridad del Agua, cuya función tiene a su cargo la planificación, el registro, la constitución y la protección de los derechos establecido por el Código de Agua.

²⁵ Fuente web: <http://www.cpe.gba.gov.ar/> con última entrada el día 17 de abril de 2013.

²⁶ El constituyente de 1994 dejó clarificada una idea organizacional no autónoma dirigida a las Municipalidades, ello surge de la SECCIÓN VII - Del Régimen Municipal - CAPÍTULO ÚNICO, Arts. 190 y ss. de la Constitución bonaerense, junto a la llamada Ley Orgánica de las Municipalidades (ver Dec. Ley 6769/70).

²⁷ Ley 8.553 Transfiriendo a la Municipalidad de La Plata Obras de Arte y Conductos de Desagües Pluviales Ejecutados por el Ministerio de Obras Públicas. (Dirección de Hidráulica), promulgación por decreto 8880/1975 del 3/11/75 y publicación del 27/11/75 BO N° 18.162.



Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

denanza 10.703²⁸, que derogó la ordenanza 9.231), que reviste singular relevancia por que actualmente se encuentra en un proceso judicial por el que se revisa su constitucionalidad²⁹, todo ello más lo actuado en el expediente administrativo en el que tramitara la aprobación de dicha ordenanza así como el contenido del decreto 466/2011³⁰, por el cual se concluyera dicho procedimiento³¹.

Se debe destacar asimismo la existencia de un Comité de Emergencias Municipal (COEM)³², un Protocolo de Emergencia Municipal³³ (ver en Anexo VIII: Documentación entregada por la Municipalidad de La Plata) y la sanción del decreto 403/13 que declara en situación de catástrofe y emergencia al territorio del Municipio de La Plata e instruye a la Jefatura de Gabinete de este Municipio para la creación, organización y coordinación de un Comité de Emergencia a los fines de atender a la situación declarada, asignándole las facultades que se requieran para adoptar las medidas del caso³⁴. Así como otros organismos y acciones que el municipio lleva a cabo habitualmente en cuanto a la recolección de residuos sólidos urbanos y/o residuos no habituales³⁵.

²⁸ Se establece nuevo Código de Ordenamiento Territorial y uso del suelo para el Partido de La Plata. Por decreto 1007 se veta parcialmente la norma. Deroga la ordenanza 9231 y Mod. 8733; 9103; 9232; Ordenanza General 320. Promulgada: 26/05/2010 Firmada por: BRUERA – CAMPANARO. Publicada en: Boletín Municipal N° 1052 del 24/6/2010. Fuente web:

http://www.concejodeliberante.laplata.gov.ar/digesto/Cou/or10703_indice.asp?ver=1&resol=1024x768 y <http://www.municipalidad.laplata.gov.ar/areas/secretariagestionpublica/273--consejo-unico-de-ordenamiento-territorial-cuot>

²⁹ Ver causa I.71.446 "FUNDACION BIOSFERA Y OTROS C/ MUNICIPALIDAD DE LA PLATA S/ INCONST. ORD. N° 10.703", La Plata, 13 de julio de 2011, sentencia interlocutoria que levanta en parte la medida cautelar que había sido concedida a los accionantes.

³⁰ Ver el decreto 466 de 2011 que convalida la propuesta presentada por la Municipalidad de La Plata por la que se modifica el Código de Planeamiento vigente en el partido, instrumentada mediante Ordenanza n° 10703/10. (ordenamiento territorial-uso del suelo), con promulgación el 10/5/11, publicación el 25/7/11 en BO n° 26.637 (suplemento) y ubicación c35 h88.

³¹ Es pertinente señalar que esta normativa fue sometida por las propias autoridades de la Municipalidad de La Plata, al procedimiento previsto en el artículo 83 del Decreto Ley 8912/1977 (t.o. por Decreto 3389/87 con las modificaciones del Decreto Ley N° 10.128 y las Leyes N° 10.653, 10.764, 13.127 y 13.342), ver más arriba el decreto 466/11.

³² Órgano que ha sido recientemente modificado, según nuestra visita a fuente web del día 12 de mayo de 2013: <http://www.campanias.laplata.gov.ar/emergencias/comite-operativo-de-emergencia-municipal>

³³ Aprobado por Dr. Oscar Pablo Bruera. Intendente Municipal, por Resolución 2318 del 28/12/2012.

³⁴ Firmado por Dr. Oscar Pablo Bruera. Intendente Municipal. Lic. Enrique Angel Sette. Secretario de Gestión Pública. COEM: fuente web <http://www.municipalidad.laplata.gov.ar/areas/jefaturagabinete/coem> con última entrada el día 17 de abril de 2013.

³⁵ Puede observarse a título de ejemplo la fuente web: www.campanias.laplata.gov.ar/campanias/residuos-secos, o www.campanias.laplata.gov.ar/servicio-municipal-72-horas ambos visitados por última vez el 12 de mayo de 2013.



8 CONCLUSIONES

8.1 RESPECTO A LOS ANTECEDENTES

Consideraciones preliminares: En el año 2008, como consecuencia de la tormenta del 28 de febrero (y con el antecedente reciente del evento de lluvia de 2002 en La Plata), se redacta el decreto 486/08, en cuyo marco la DiPSOH encarga a cuatro consultoras la realización de proyectos ejecutivos o licitatorios para las cuencas Maldonado, del Gato, Rodríguez y Carnaval. La solicitud no exige que los proyectos ejecutivos y/o licitatorios deban seguir los lineamientos del Manual para el Diseño de Planes Maestros para la Mejora de la Infraestructura y la Gestión del Drenaje Urbano, y en cambio sugiere criterios de diseño tradicionales para el análisis de los desagües (e. g., las obras necesarias deberían conducir las aguas de tormentas de dos años de recurrencia; el arroyo del Gato, aguas de tormentas de cinco años de recurrencia, etcétera).

Simultáneamente, y a la luz de los antecedentes de las mencionadas tormentas, se advirtió, por otros canales, acerca de la situación de riesgo hídrico latente de la región de La Plata: el informe Estudios Hidrológicos/Hidráulicos/Ambientales en la Cuenca del Arroyo del Gato (2007), entre otros, amén de presentaciones en foros y reuniones vecinales en relación a las consecuencias de grandes tormentas en el casco urbano de La Plata y en el resto del partido.

Del análisis de la documentación recibida de los proyectos encomendados por la DiPSOH se desprenden las siguientes observaciones, comunes a las cuencas de los arroyos Maldonado y del Gato:

- Las cuencas no fueron modeladas en su totalidad sino que quedaron limitadas al partido de La Plata;
- Se contemplaron alternativas que solamente incluían obras de conducción;
- No fueron suministrados planes de alerta ni de contingencia;
- En el caso específico de la cuenca del arroyo del Gato, se realizaron mapas de inundación asociados a tormentas de 5 años de recurrencia.

8.2 RESPECTO DEL EVENTO PLUVIOMÉTRICO

Tanto los análisis de frecuencia como los comparativos de eventos máximos efectuados permiten señalar que el evento de precipitación registrado el día 2 de abril de 2013, puede ser calificado como de extraordinario.



8.3 RESPECTO DE LA SIMULACIÓN MATEMÁTICA

La modelación matemática efectuada sobre las cuencas involucradas ha demostrado ser una herramienta eficaz para valorar los efectos que produce la adopción de medidas estructurales y no estructurales, entre las que se pueden mencionar: la eficiencia de diferentes alternativas de obras de desagüe, viales y urbanísticas, entre otras³⁶, y aportar elementos para la elaboración de mapas de riesgo hídrico y planes de contingencia;

En la cuenca del arroyo del Gato, con respecto exclusivamente a la respuesta ante el evento estudiado, las simulaciones matemáticas permitieron evaluar que las obras últimas proyectadas producen mejoras que no son de significación.

Análogamente, en la cuenca del arroyo Maldonado, las simulaciones matemáticas no predijeron mejoras apreciables (respecto de la situación actual) en el escenario en que se evalúan las obras proyectadas.

El análisis sobre la "sensibilidad" de los porcentajes de área impermeable mostró que, para la lluvia motivo de este estudio, la permeabilidad de la superficie de la cuenca no tiene influencia significativa en los niveles alcanzados por las aguas.

Con respecto al funcionamiento de los sumideros se evaluó que, si el 90 % de ellos se hubiera encontrado obstruido, para lluvias del orden de la del 2 de abril, ni los niveles ni la superficie inundada hubieran tenido variación significativa.

Los resultados de simulación de la cuenca del arroyo Maldonado, con los datos de lluvias de la estación del SMN, no arrojan niveles compatibles con los relevados en el campo, como sí se obtienen al incorporar al modelo la lluvia registrada por la Estación Observatorio.

8.4 RESPECTO DE LAS MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES

Consideraciones preliminares: La Municipalidad de La Plata, en el período 2002-2007, atendía todos los problemas hídricos a través de la implementación de determinadas medidas y acciones específicas que la propia Municipalidad denominaba "Plan Maestro de Obras Hidráulicas". Esto le permitió realizar y gestionar acciones puntuales en el abordaje de la problemática hídrica de sus cuencas. No se han encontrado elementos que acrediten una continuación de este plan, u otro superador.

³⁶ En el análisis de los antecedentes, se ha puesto de manifiesto que la DiPSOH, no cuenta con modelos operativos.



Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada

Los organismos provinciales competentes no informaron sobre la ejecución de planes de riesgo hídrico, ni sobre los planes de alerta y contingencia para las cuencas afectadas por el evento en estudio.

A la luz del estudio de la documentación recabada a nivel municipal tanto como de la propia percepción de los vecinos (relevada por medio de encuestas y entrevistas), ha quedado en evidencia la inexistencia de un sistema de alerta específico diseñado para la ciudad de La Plata. Asimismo, no existe un plan de contingencia operativo a nivel municipal.

Las medidas estructurales mayores (conductos troncales), en las últimas décadas, no han evolucionado en la misma medida que los crecimientos urbanos de las cuencas de los arroyos Maldonado y del Gato.

No se ha realizado un plan de desagüe integral que involucre escenarios de eventos de distinta magnitud para las cuencas estudiadas, tal como lo prevé el Manual para el Diseño de Planes Maestros para la Mejora de la Infraestructura y la Gestión del Drenaje Urbano.

El SMN emitió un aviso meteorológico a muy corto plazo a las 3:51 HOA (2013-04-02) por ocurrencia de lluvias intensas, con tres (3) horas de validez.

De las consultas a la comunidad, los trabajos "in situ" y la interacción con los vecinos que prestaron su colaboración, se desprende claramente que una vez registradas las primeras evidencias de la magnitud del evento, las acciones desplegadas a nivel local en pos de su mitigación fueron tardías y/o insuficientes.

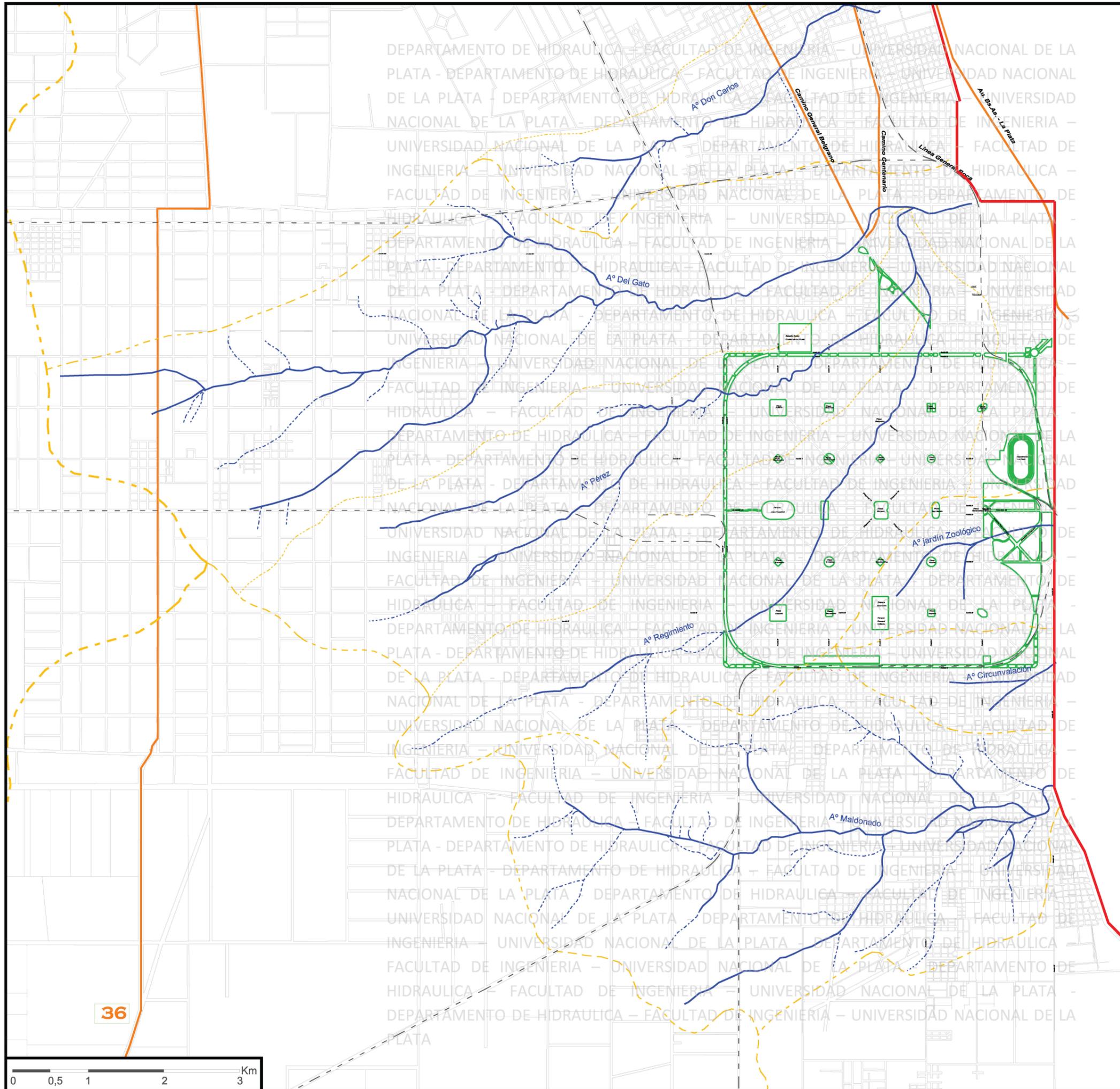
Asimismo, las acciones de evacuación se desarrollaron caóticamente, mayormente por medios propios, y con un grado importante de desconocimiento por parte de la población de la ubicación de las zonas de mayor o menor riesgo de inundación.



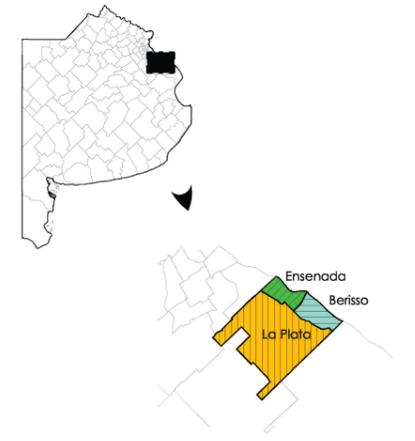
9 RECOMENDACIONES

En base a los estudios realizados, se recomienda:

- La realización, en forma urgente, de un Plan Maestro de Desagües Urbanos (PMDU) que comprenda desde la cuenca del arroyo Carnaval hasta la del arroyo Maldonado (partidos de La Plata, Berisso y Ensenada). Este deberá contemplar, de modo armónico, medidas estructurales y no estructurales a fin de superar las carencias observadas en este informe. En el marco de esta planificación se deberá:
 - Revisar las acciones proyectadas hasta el presente, así como otras que son de uso para el manejo del drenaje hídrico urbano y rural (estructurales y no estructurales);
 - Implementar medidas tendientes a mitigar las eventuales consecuencias producidas por tormentas severas hasta tanto se haya materializado la planificación general recomendada;
 - Delimitar las áreas de riesgo para tormentas de diferente probabilidad de ocurrencia, así como para las tormentas severas históricas que se hayan registrado.
- Implementar una estructura organizacional que garantice la gestión permanente e integral del riesgo hídrico.
- Definir el grado de protección que deben brindar las medidas estructurales. El grado de protección deberá estar vinculado no sólo a las condiciones hidrológicas e hidráulicas, sino también a los aspectos socioeconómicos y ambientales.
- Incluir la participación ciudadana en la definición de las acciones a seguir para la gestión del drenaje urbano.
- Implementar las estrategias comunicacionales necesarias para preservar la memoria de los acontecimientos ocurridos el 2 y 3 de abril.
- La red de estaciones meteorológicas en la región del gran La Plata no resulta suficiente para caracterizar eventos muy intensos como el ocurrido en un ámbito urbano como el de la ciudad de La Plata y zonas aledañas, como tampoco resulta suficiente la red de alerta urbana en las ciudades de la región, por lo que se recomienda aumentar su densidad.
- Utilizar modelos matemáticos de simulación que sean de libre accesibilidad y permanentemente actualizados (preferiblemente, un único software), para garantizar que las experiencias de distintos grupos de investigación puedan ser fácilmente transferibles, aplicables en forma general, verificables por terceras partes y siempre disponibles para los organismos competentes.



CROQUIS DE UBICACIÓN



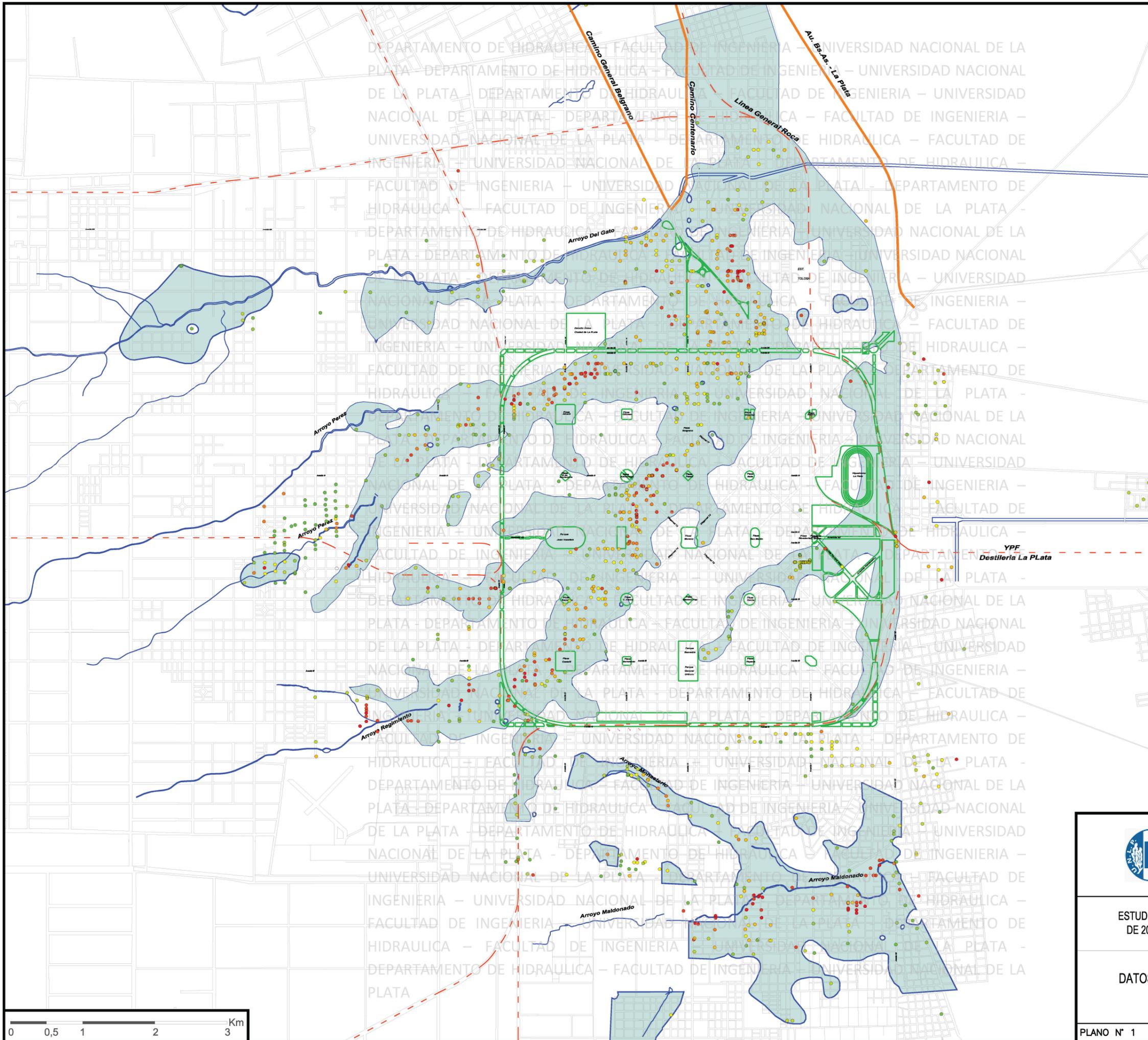
REFERENCIAS

- Ferrocarril
- Curso de agua permanente
- Curso de agua transitorio
- Divisoria principal
- Divisoria secundaria
- Divisoria menor
- Espacio Verde
- Rutas y Autopista
- Limite del Partido de La Plata

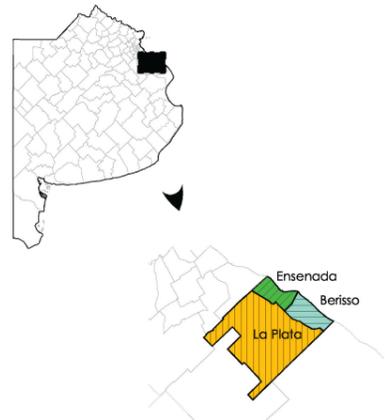


ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERRISO Y ENSENADA

Hidrografía partido de La Plata



CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

Profundidad de agua en puntos relevados:

- 0 m - 0,25 m
- 0,25 m - 0,5 m
- 0,5 m - 0,75 m
- 0,75 m - 1,00 m
- 1,00 m - 1,25 m
- 1,25 m - 1,50 m
- 1,50 m - 1,75 m
- 1,75 m - 2,00 m
- > 2,00 m

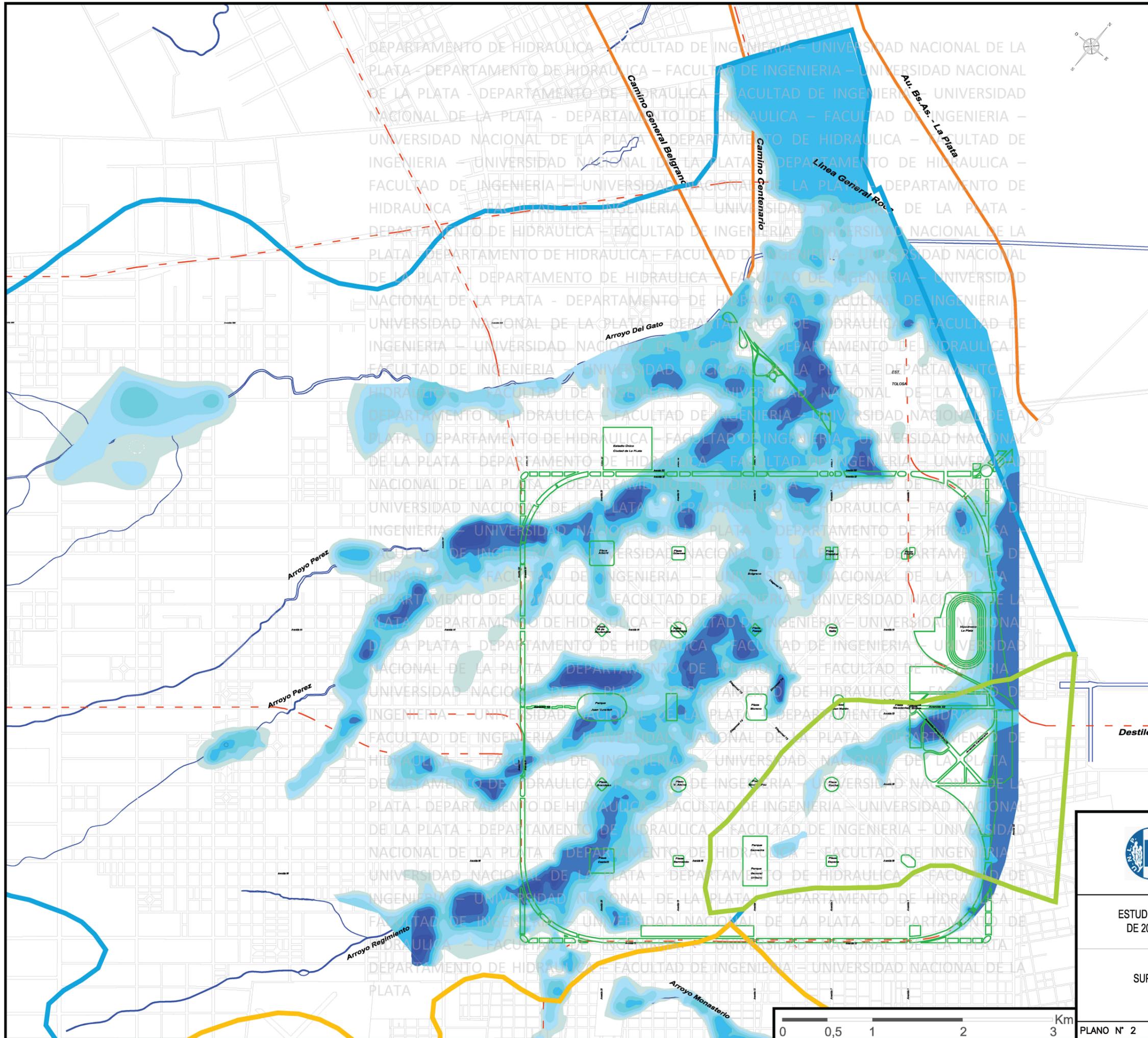
Elaborada con datos relevados:

- Extensión de la superficie inundada
- Ferrocarril
- Curso de agua
- Espacio Verde
- Rutas y Autopista

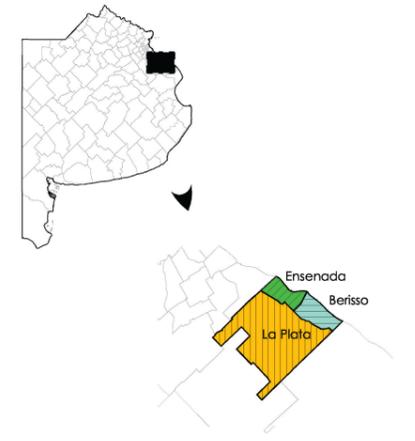


ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERISSO Y ENSENADA

DATOS DE ALTURA DE AGUA SOBRE CALLE EN BASE A ENCUESTAS Y RELEVAMIENTOS PROPIOS



CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

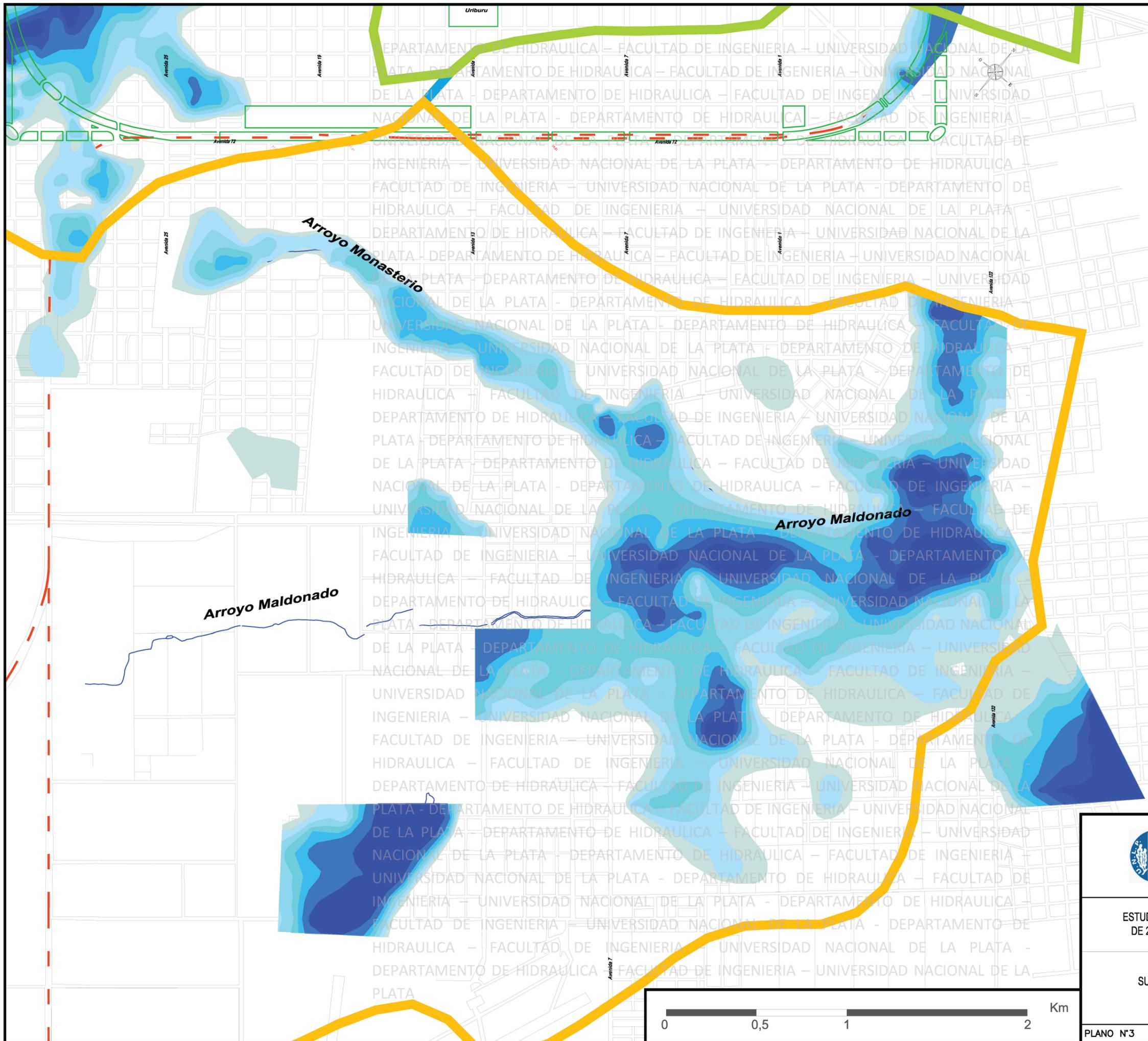
- Profundidad de agua sobre calle:
- 0 m - 0,25 m
 - 0,25 m - 0,5 m
 - 0,5 m - 0,75 m
 - 0,75 m - 1,00 m
 - 1,00 m - 1,25 m
 - 1,25 m - 1,50 m
 - 1,50 m - 1,75 m
 - 1,75 m - 2,00 m
 - > 2,00 m
- Ferrocarril
 - Curso de agua
 - Espacio Verde
 - Limite de cuenca Arroyo Maldonado
 - Limite de cuenca Arroyo Del Zoológico
 - Limite de cuenca Arroyo Del Gato



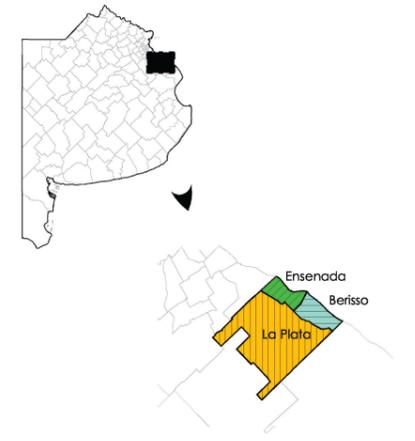
ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERRISO Y ENSENADA

SUPERFICIE INUNDADA EN BASE A PUNTOS RELEVADOS CUENCA ARROYO DEL GATO





CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

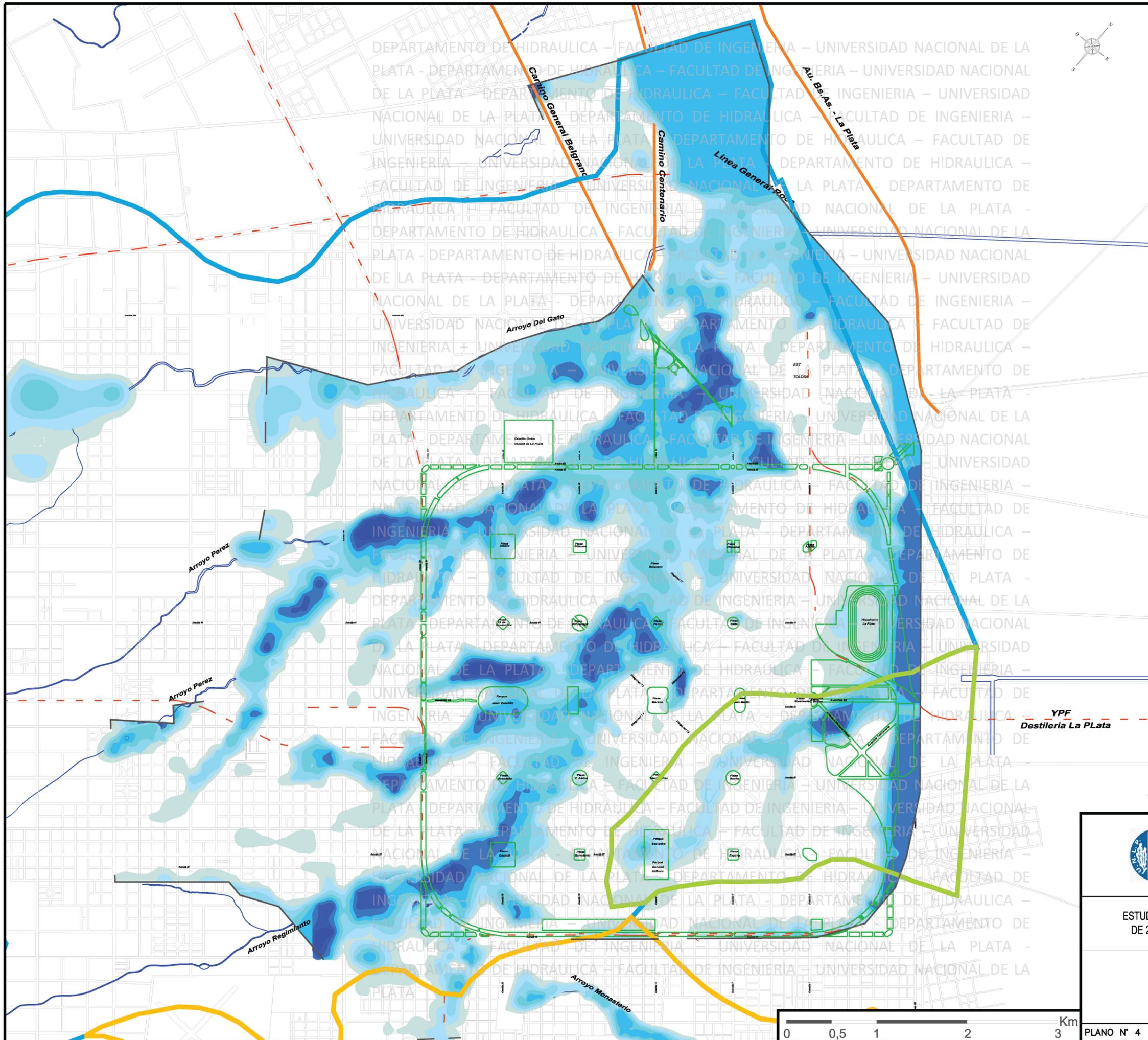
- Profundidad de agua sobre calle:
- 0 m - 0,25 m
 - 0,25 m - 0,5 m
 - 0,5 m - 0,75 m
 - 0,75 m - 1,00 m
 - 1,00 m - 1,25 m
 - 1,25 m - 1,50 m
 - 1,50 m - 1,75 m
 - 1,75 m - 2,00 m
 - > 2,00 m
- Ferrocarril
 - Curso de agua
 - Espacio Verde
 - Limite de cuenca Arroyo Maldonado
 - Limite de cuenca Arroyo Del Zoológico
 - Limite de cuenca Arroyo Del Gato



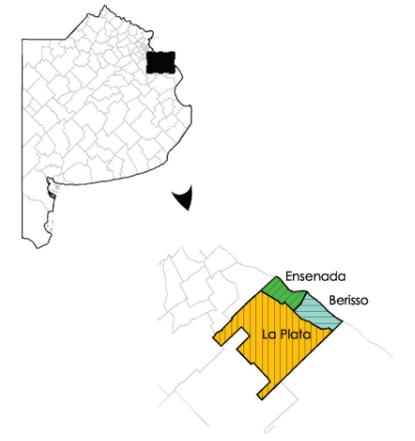
ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERISSO Y ENSENADA

SUPERFICIE INUNDADA EN BASE A PUNTOS RELEVADOS CUENCA ARROYO MALDONADO



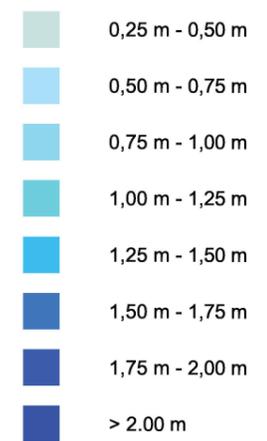


CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

Profundidad de agua sobre calle:

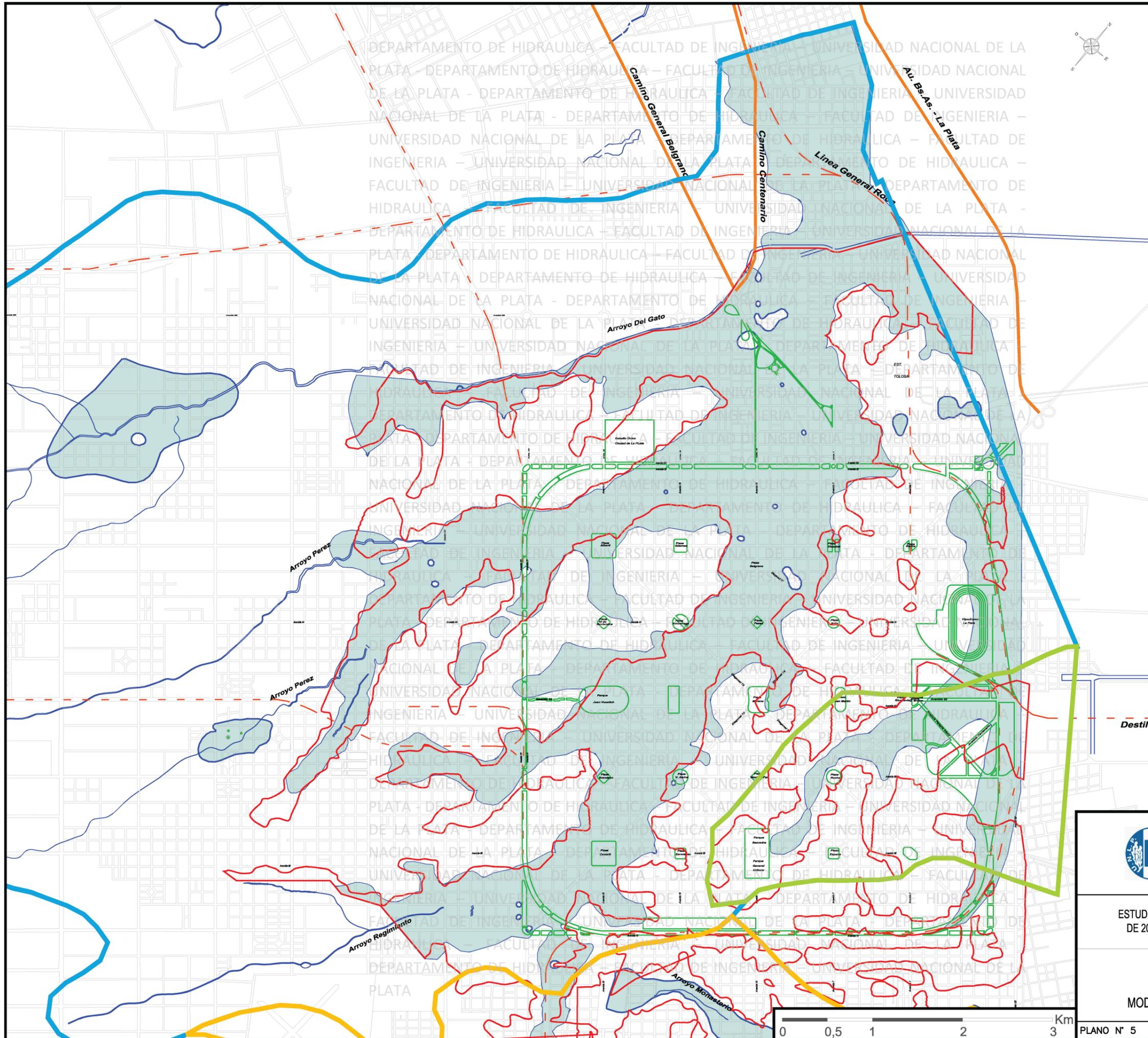


- Ferrocarril
- Rutas y Autopista
- Curso de agua
- Espacio Verde
- Limite de representacion del modelo matematico
- Limite de cuenca Arroyo Maldonado
- Limite de cuenca Arroyo Del Zoológico
- Limite de cuenca Arroyo Del Gato

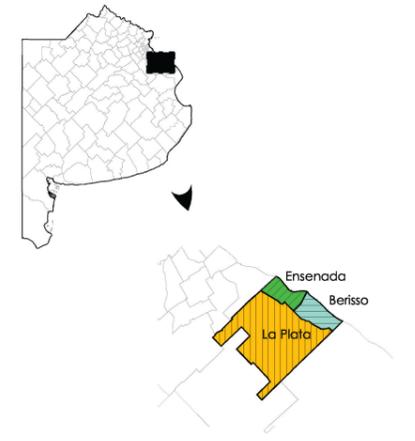


ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERISSO Y ENSENADA

MODELACIÓN MATEMÁTICA
CASCO LA PLATA
SUPERFICIE INUNDADA - SITUACIÓN ACTUAL



CROQUIS DE UBICACIÓN



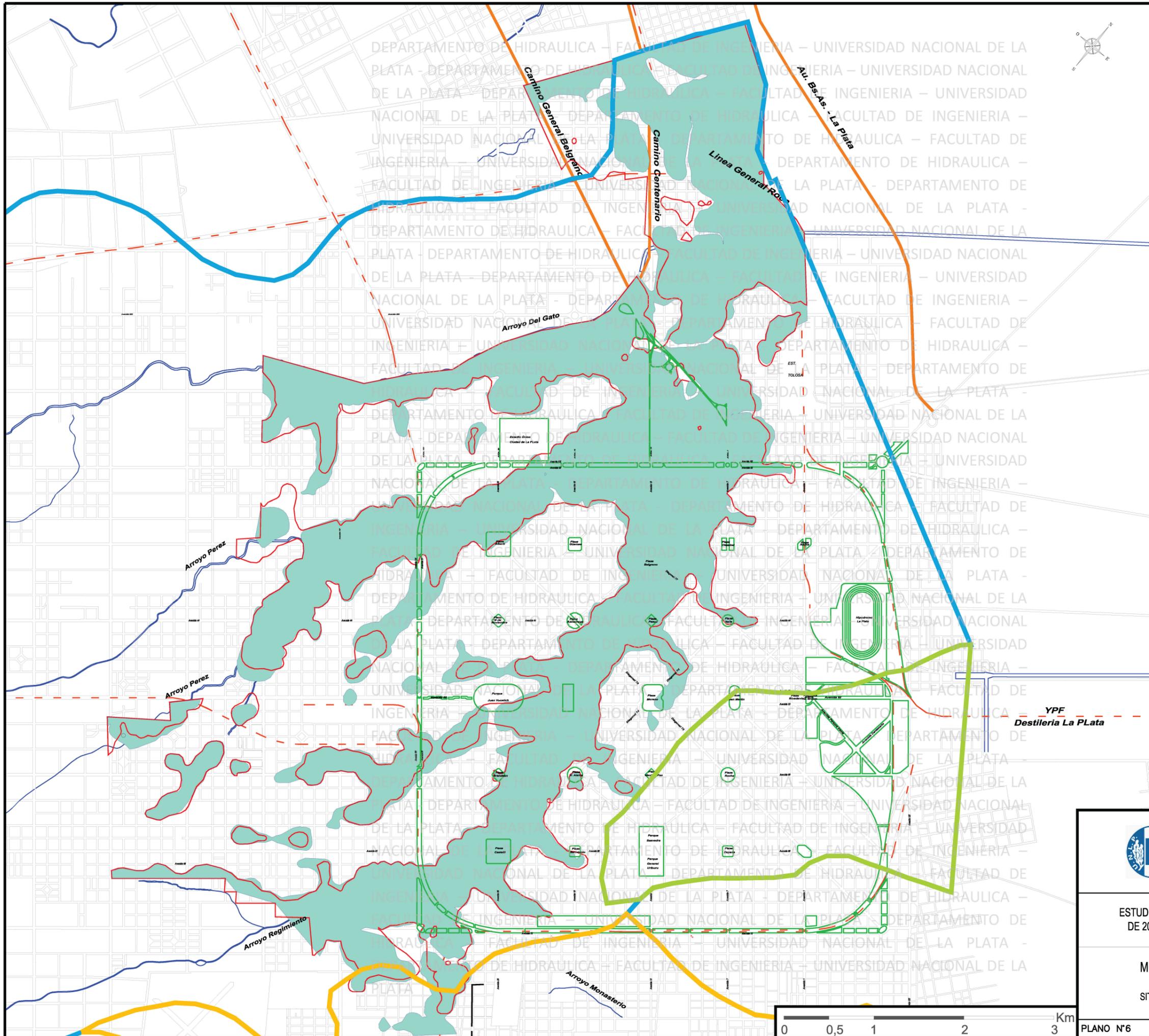
REFERENCIAS

- Datos relevados:
- Extensión de la superficie inundada
- Modelacion matematica:
- Extensión de la superficie inundada
 - Ferrocarril
 - Rutas y Autopista
 - Curso de agua
 - Espacio Verde
 - Limite de cuenca Arroyo Maldonado
 - Limite de cuenca Arroyo Del Zoológico
 - Limite de cuenca Arroyo Del Gato

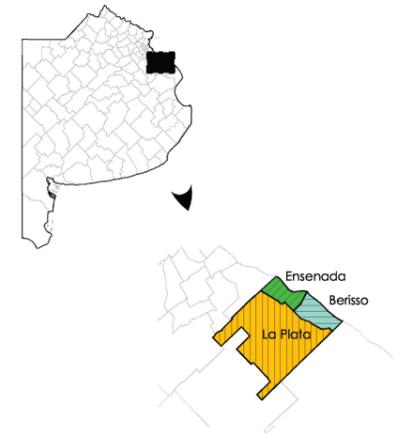


ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERISSO Y ENSENADA

COMPARACION SUPERFICIE INUNDADA
CUENCA ARROYO DEL GATO
MODELACION MATEMATICA VS DATOS RELEVADOS



CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

- Situación Actual:
- Extensión de la superficie inundada
- Proyecto Arroyo Del Gato:
- Extensión de la superficie inundada
 - Ferrocarril
 - Rutas y Autopista
 - Curso de agua
 - Espacio Verde
 - Limite de representacion del modelo matematico
 - Limite de cuenca Arroyo Maldonado
 - Limite de cuenca Arroyo Del Zoológico
 - Limite de cuenca Arroyo Del Gato



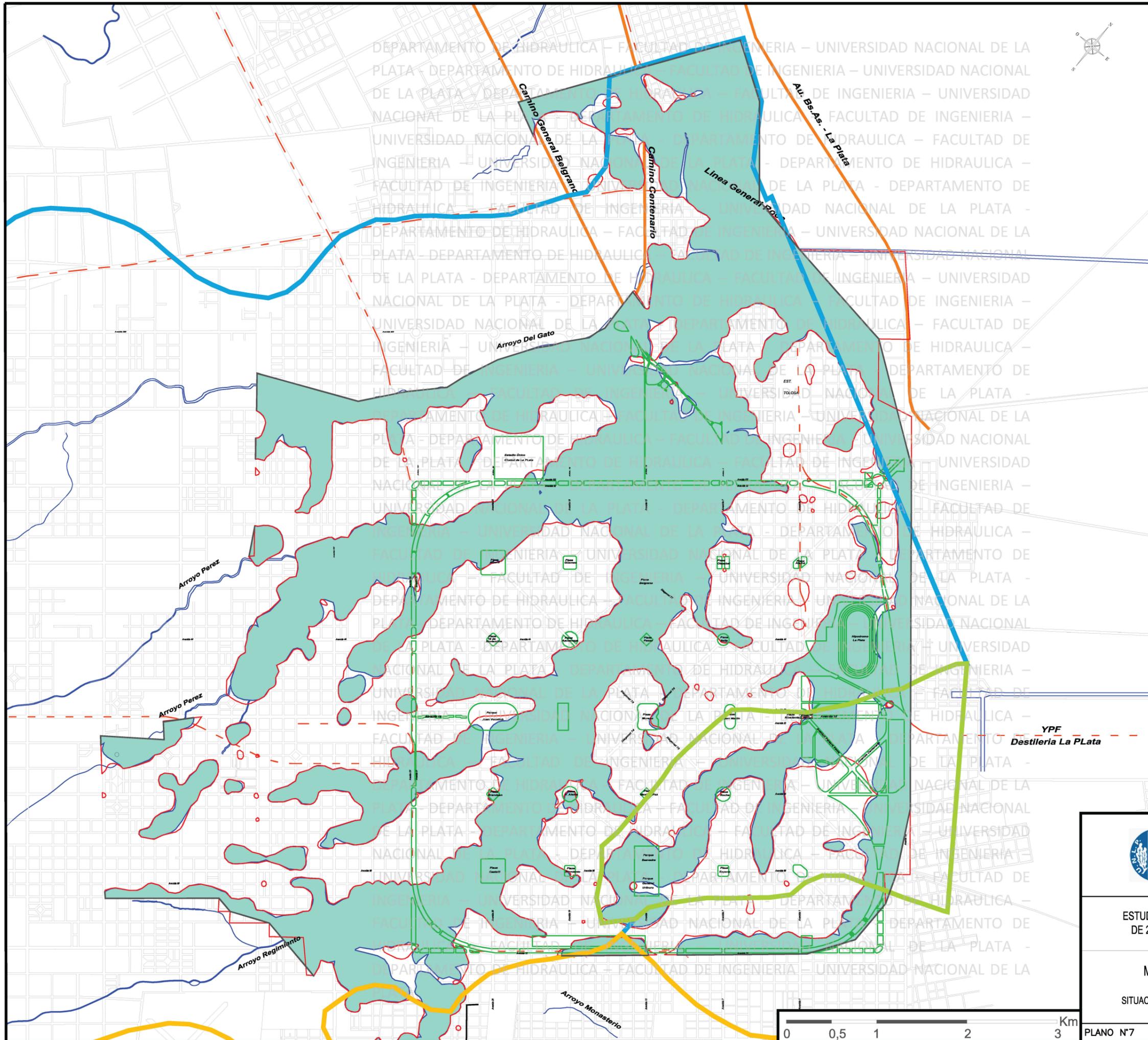
ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERISSO Y ENSENADA

MODELACIÓN MATEMÁTICA - CASCO LA PLATA
SUPERFICIE INUNDADA
SITUACIÓN ACTUAL VS SITUACIÓN CON OBRAS PROYECTADAS

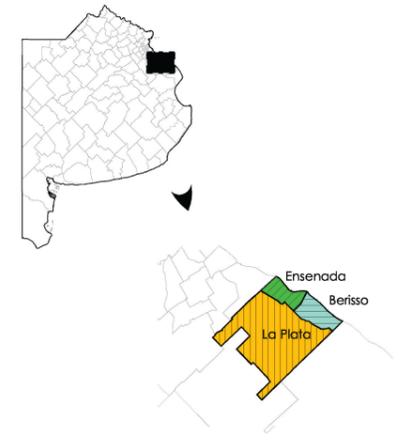
PLANO N°6

ESCALA: 1:40.000

FECHA: 29-5-2013



CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

- Situación Actual:**
- Extensión de la superficie inundada
- Sumideros obstruidos:**
- Extensión de la superficie inundada
 - Ferrocarril
 - Rutas y Autopista
 - Curso de agua
 - Espacio Verde
 - Limite de representacion del modelo matematico
 - Limite de cuenca Arroyo Maldonado
 - Limite de cuenca Arroyo Del Zoológico
 - Limite de cuenca Arroyo Del Gato



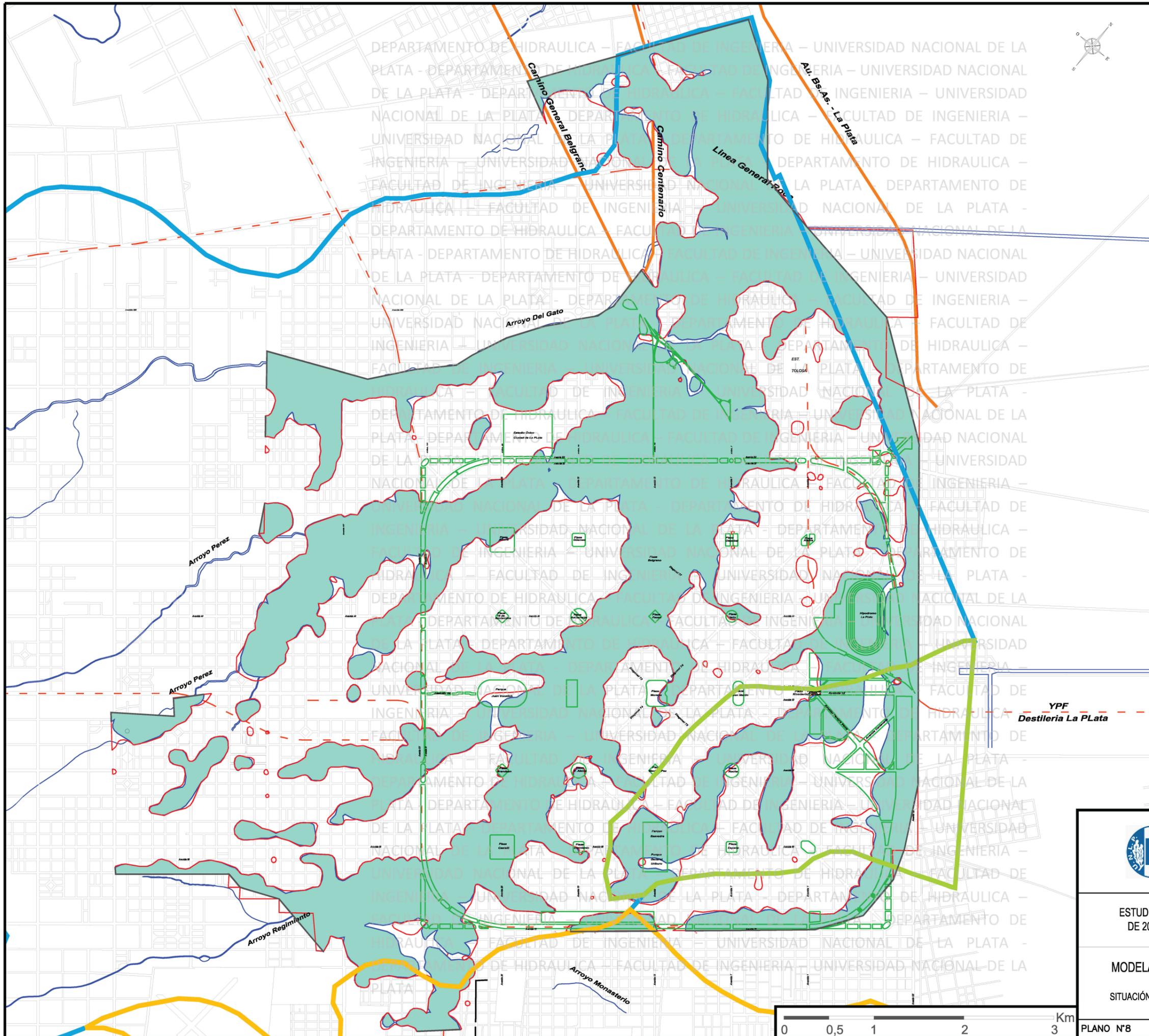
ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERRISO Y ENSENADA

MODELACIÓN MATEMÁTICA - CASCO LA PLATA
 SUPERFICIE INUNDADA
 SITUACIÓN ACTUAL VS SITUACIÓN ACTUAL CON SUMIDEROS OBSTRUIDOS

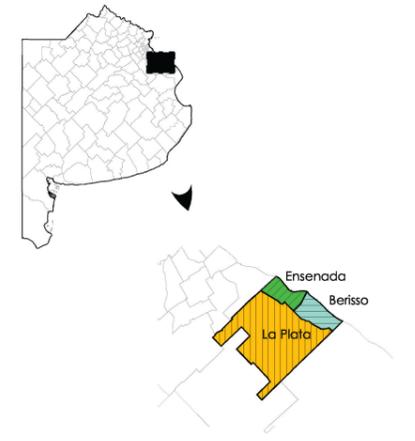
PLANO N°7

ESCALA: 1:40.000

FECHA: 29-5-2013



CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

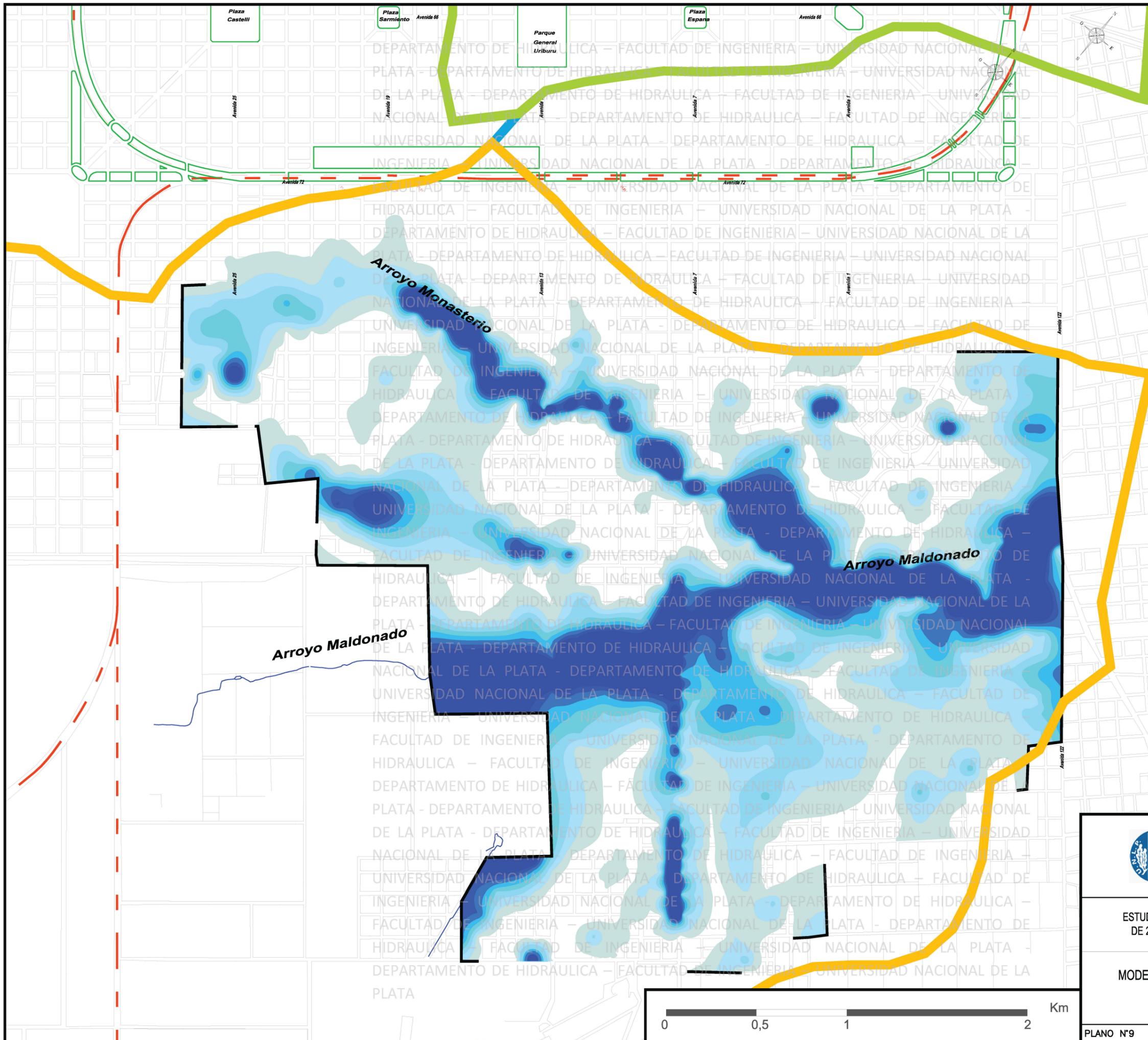
- Situación Actual:
- Extensión de la superficie inundada
- Efecto de la impermeabilización de la superficie:
- Extensión de la superficie inundada
 - Ferrocarril
 - Rutas y Autopista
 - Curso de agua
 - Espacio Verde
 - Limite de representacion del modelo matematico
 - Limite de cuenca Arroyo Maldonado
 - Limite de cuenca Arroyo Del Zoológico
 - Limite de cuenca Arroyo Del Gato

YPF
Destileria La PLata

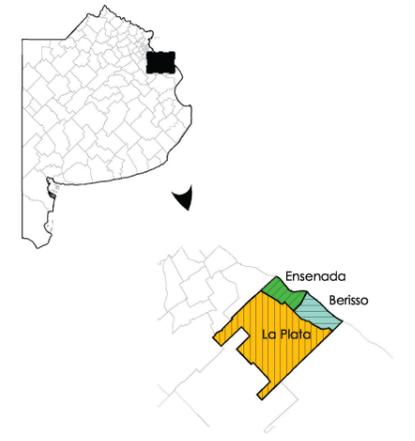


ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERRISO Y ENSENADA

MODELACIÓN MATEMÁTICA - CUENCA ARROYO DEL GATO
SUPERFICIE INUNDADA
SITUACIÓN ACTUAL VS EFECTO DE LA IMPERMEABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE



CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

Profundidad de agua sobre calle:

- 0,25 m - 0,5 m
- 0,5 m - 0,75 m
- 0,75 m - 1,00 m
- 1,00 m - 1,25 m
- 1,25 m - 1,50 m
- 1,50 m - 1,75 m
- 1,75 m - 2,00 m
- > 2,00 m

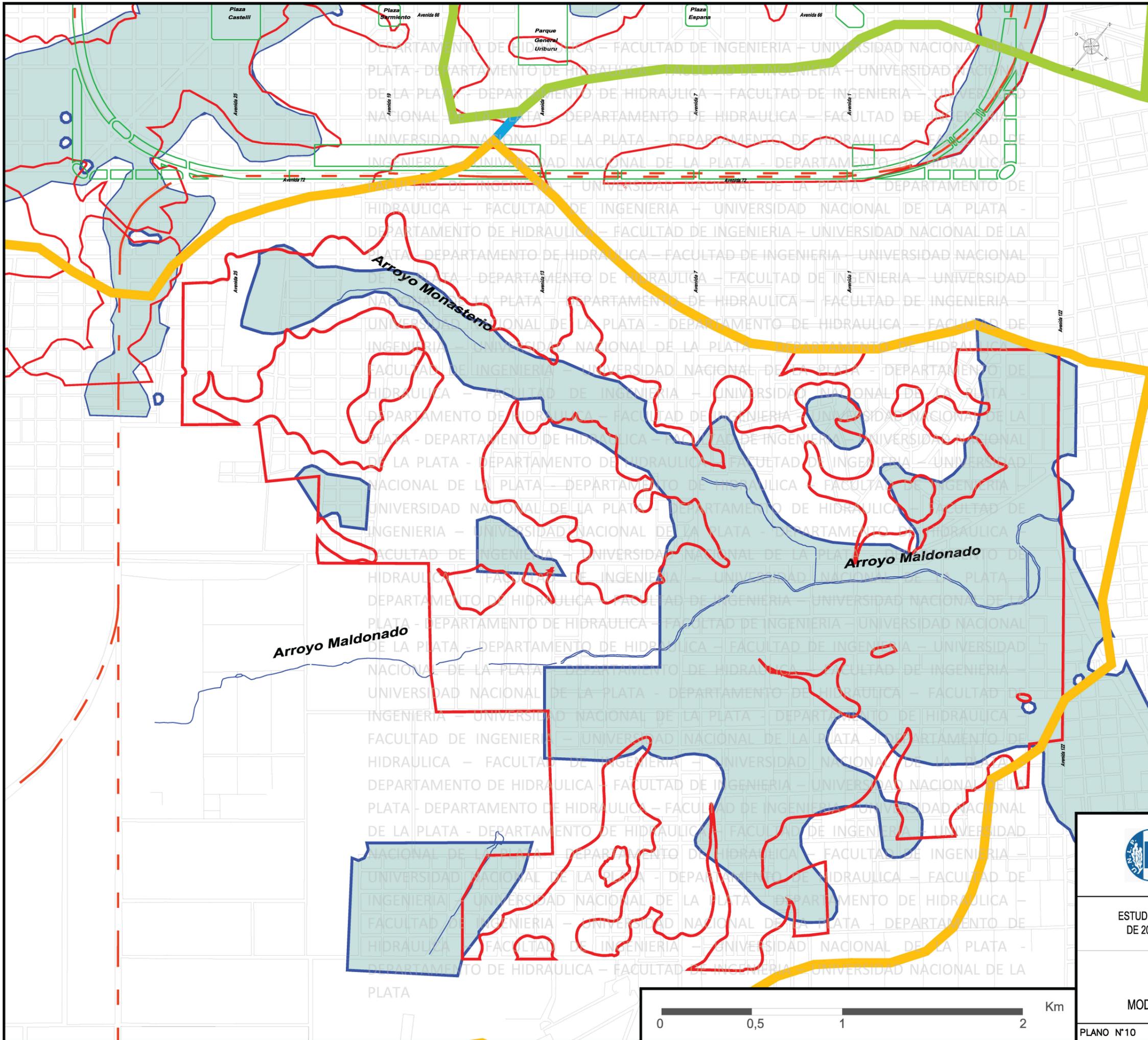
- Ferrocarril
- Curso de agua
- Espacio Verde
- Limite de representacion del modelo matematico
- Limite de cuenca Arroyo Maldonado
- Limite de cuenca Arroyo del Zoológico
- Limite de cuenca Arroyo Del Gato



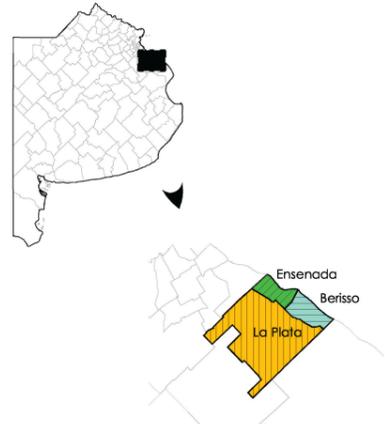
ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERISSO Y ENSENADA

MODELACIÓN MATEMÁTICA - CUENCA ARROYO MALDONADO
SUPERFICIE INUNDADA
SITUACIÓN ACTUAL





CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

Datos relevados:

 Extensión de la superficie inundada

Modelacion matematica:

 Extensión de la superficie inundada

 Ferrocarril

 Rutas y Autopista

 Curso de agua

 Espacio Verde

 Limite de cuenca Arroyo Maldonado

 Limite de cuenca Arroyo Del Zoológico

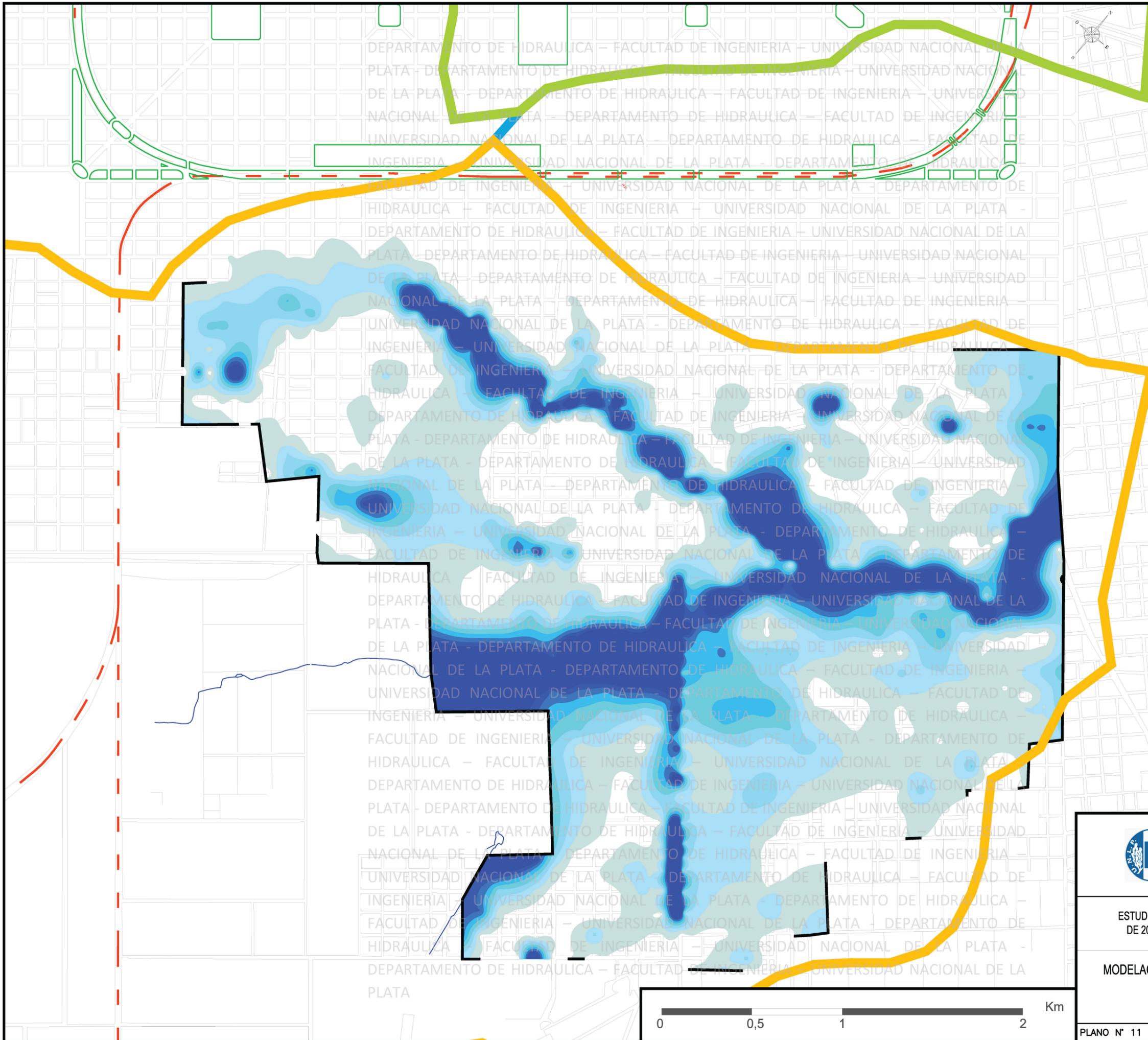
 Limite de cuenca Arroyo Del Gato



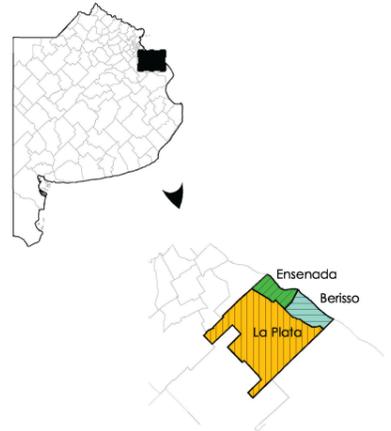
ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERRISO Y ENSENADA

COMPARACION SUPERFICIE INUNDADA
CUENCA ARROYO MALDONADO
MODELACION MATEMATICA VS DATOS RELEVADOS





CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

Profundidad de agua sobre calle:

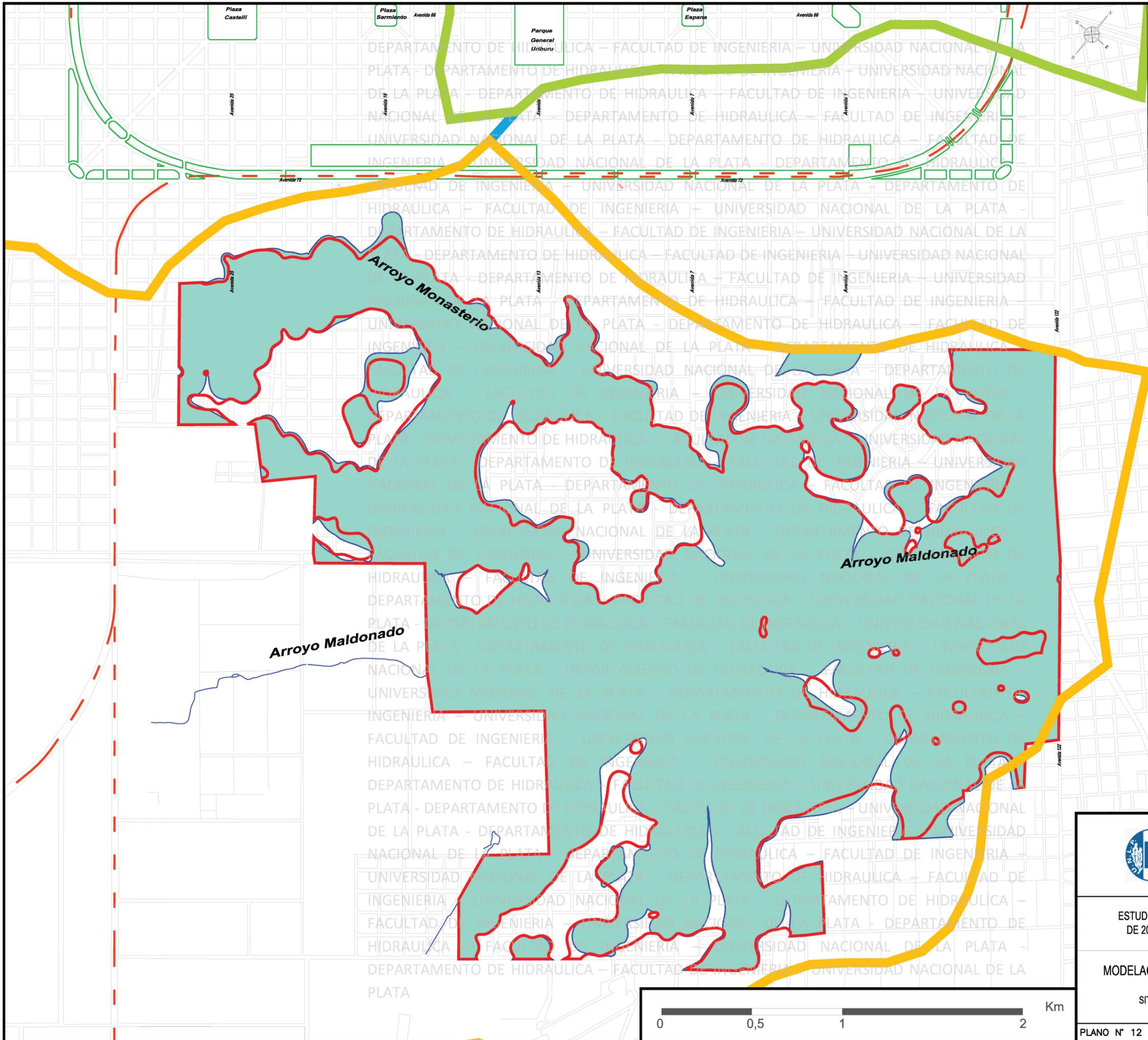
- 0,25 m - 0,5 m
- 0,5 m - 0,75 m
- 0,75 m - 1,00 m
- 1,00 m - 1,25 m
- 1,25 m - 1,50 m
- 1,50 m - 1,75 m
- 1,75 m - 2,00 m
- > 2,00 m

- Ferrocarril
- Curso de agua
- Espacio Verde
- Limite de representacion del modelo matematico
- Limite de cuenca Arroyo Maldonado
- Limite de cuenca Arroyo del Zoológico
- Limite de cuenca Arroyo Del Gato

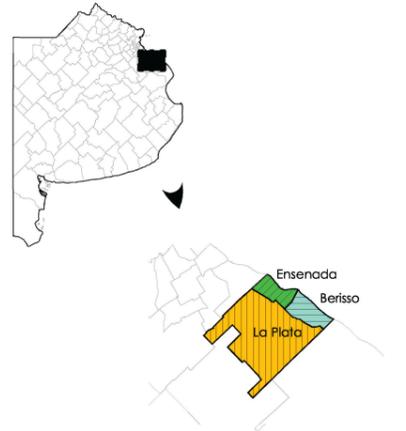


ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERISSO Y ENSENADA

MODELACIÓN MATEMÁTICA - CUENCA ARROYO MALDONADO
SUPERFICIE INUNDADA
SITUACIÓN CON OBRAS PROYECTADAS



CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

- Situación Actual:
- Extensión de la superficie inundada
- Situación con obras proyectadas:
- Extensión de la superficie inundada
 - Ferrocarril
 - Rutas y Autopista
 - Curso de agua
 - Espacio Verde
 - Limite de representacion del modelo matematico
 - Limite de cuenca Arroyo Maldonado
 - Limite de cuenca Arroyo Del Zoológico
 - Limite de cuenca Arroyo Del Gato



ESTUDIO SOBRE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BERISSO Y ENSENADA

MODELACIÓN MATEMÁTICA - CUENCA ARROYO MALDONADO
 SUPERFICIE INUNDADA
 SITUACIÓN ACTUAL VS SITUACIÓN CON OBRAS PROYECTADAS

