



## ESTUDIO DE INVERSIONES EN MITIGACIÓN DE RIESGO HÍDRICO DE ZONAS URBANAS DE MONTEVIDEO- MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES

### **Lucía Saratsola (\*)**

Intendencia de Montevideo – Departamento de Desarrollo Ambiental- División Saneamiento. Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento. Unidad de Proyectos.



### **Pablo Guido**

Intendencia de Montevideo – Departamento de Desarrollo Ambiental- División Saneamiento. Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento. Director del Servicio.

### **Sonia Pagalday**

Intendencia de Montevideo – Departamento de Desarrollo Ambiental- División Saneamiento. Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento. Directora de Unidad Proyectos.

### **Cecilia Emanuelli**

Intendencia de Montevideo – Departamento de Desarrollo Ambiental- División Saneamiento. Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento. Unidad de Estudios Técnicos.

### **Marcos Lisboa**

Intendencia de Montevideo – Departamento de Desarrollo Ambiental- División Saneamiento. Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento. Director de Unidad de Estudios Hidrológicos.

### **TEMA1: Efluentes domiciliarios e industriales y drenaje urbano: conducción, tratamiento, reúso y gestión. Normativa.**

Dirección(\*): Montevideo – Montevideo– Uruguay - Tel.:099838473 – e-mail: [lucia.saratsola@imm.gub.uy](mailto:lucia.saratsola@imm.gub.uy)

### **RESUMEN**

El presente trabajo se origina a partir de identificar la necesidad de inversión en obras y medidas que atiendan los problemas asociados a inundaciones en la ciudad de Montevideo, frente al enorme apartamiento de los escenarios de inversión para el eje de Riesgo Hídrico que fueron previstos en el Plan Director de Saneamiento y Drenaje Urbano de Montevideo (PDSUM, 2019). Se pretende actualizar la priorización de las obras presentadas en dicho Plan, las cuales han cobrado mayor relevancia en los últimos tiempos por las características de los recientes eventos climáticos extremos, debido a sus magnitudes y frecuencias, cuyos mayores impactos los vuelve mas visibles, sensibilizando a la población frente a esta problemática. En este marco es que comienza el proceso para la elaboración de un estudio que sustente una solicitud de financiamiento a través del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) u otro prestador (sin culminar a la fecha).

En una primera aproximación a la selección de inversiones prioritarias, el PDSUM identificó para atender, las inundaciones en las cuencas de los ex – arroyos: Los Migueletes, Quitacalzones, Seco, Pocitos, Los Chanchos, Buceo y Malvín. Los montos estimados inicialmente van desde los 200 mil dólares a más de 40 millones de dólares por cuenca. Las propuestas de obras son variadas incluyendo tecnologías novedosas en el país como el Pipejacking (cuyo análisis de factibilidad aún está en revisión), y medidas de actuación no estructurales (MNE).



Figura 1: Primera selección de cuencas prioritarias de inversión según PDSUM (2019)

**Palabras Clave (en negritas): Gestión, Financiamiento, Inundaciones, Medidas No Estructurales, Riesgo-Hídrico.**

## INTRODUCCIÓN

Por primera vez en el año 2011 la Intendencia de Montevideo gestionó con el BID un préstamo complementario a los Planes de Saneamiento Urbano (PSU) en el entendido que se debía invertir en obras para mitigar inundaciones en algunos barrios de la ciudad que eran frecuentemente afectados por las lluvias, con elevados impactos económicos. Con esa inversión se lograron atender, en forma parcial, 3 de las 15 zonas identificadas en ese estudio.

Hoy, 13 años después y en un escenario de cambio climático, nos encontramos en una situación más crítica, pero con la gran ventaja de contar con un Plan Director, desarrollado entre los años 2015 y 2019, dando continuidad a una cultura de planificar las múltiples acciones que se deben llevar a cabo para asegurar y mejorar los servicios de saneamiento y drenaje en el departamento de Montevideo, a cargo de la Intendencia de Montevideo.

El nuevo financiamiento tiene como fin hacer un avance significativo y justificado en la incorporación de infraestructuras al servicio del drenaje, que procura minimizar los impactos provocados por las inundaciones durante los eventos extremos de lluvia y/o mareas, sobre las áreas urbanas más consolidadas de Montevideo, siguiendo las recomendaciones del PDSUM, y complementado por estudios y obras que sucedieron a posteriori y hasta la fecha.

La solicitud se ve reforzada por las demandas de respuestas por parte de la población frente a los recientes y frecuentes eventos extraordinarios de precipitación que, en su momento, ocuparon los titulares de las noticias.



Figuras 2 y 3: imágenes de algunos medios de comunicación (El País y Latinanoticias)

En este proceso también han cobrado relevancia las intervenciones asociadas a las obras del Ferrocarril Central (FFCC) que han modificado la infraestructura de la ciudad a lo largo de la traza de la vía, impactando con diversos grados de magnitud. Estas intervenciones han obligado a ejecutar obras que ya contemplan las previsiones de la Intendencia para atender problemas diversos de la ciudad; y que incluso en algunos casos, han determinado de manera irreversible, las alternativas posibles de solución a los problemas de riesgo hídrico de la misma.

## OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es desarrollar una herramienta de gestión que permita aportar información de sustento a los tomadores de decisiones, los que solicitarán el financiamiento necesario para llevar a cabo las obras identificadas como prioritarias, aquellas que arrojan las mejores relaciones costo-beneficio, las impostergables, pero sobre todas las cosas, las que le garanticen a la población el mejor servicio en función de los recursos disponibles, donde el desafío no es solo identificar cuáles son, sino además lograr que la propuesta sea adaptativa ante la variabilidad de escenarios económicos de financiamiento.

## ALCANCE

El alcance de este trabajo es exponer brevemente los análisis desarrollados, compartir los desafíos que implica un estudio de este tipo, y finalmente indicar cuales son las conclusiones preliminares hasta la fecha.

## MARCO CONCEPTUAL

Los fenómenos de inundación se caracterizan por ser complejos procesos físicos cuyo conocimiento real es muchas veces incompleto y por lo tanto debe apoyarse en modelos de representación que pueden tener importantes limitaciones, presentar una importante variabilidad espacial y temporal, tener que ser analizados con el apoyo de una base de datos incompleta y muchas veces no homogénea, y afectar a una amplia proporción de la población que puede tener diferentes niveles de percepción, valores y objetivos que pueden entrar en conflicto. El PDSUM define los siguientes conceptos:

- Por **riesgo** de inundación se entiende la frecuencia con que los eventos de inundación tienen lugar, multiplicada por sus consecuencias.
- Las **consecuencias** de la inundación dependen de los tipos de peligros que se generen, y la magnitud de la vulnerabilidad a dichos peligros a los cuales están expuestas las personas, las estructuras, las actividades y el medio.
- Los **peligros** son rasgos característicos de las inundaciones, que pueden ocasionar perjuicios, daños físicos, o interrupción y/o disrupción de los servicios y las actividades de la ciudad, como seguridad pública, bienestar social, actividades económicas, situación ambiental, infraestructura urbana, servicios públicos y provisión de servicios esenciales.
- Por **exposición** se entiende la pertenencia o no de activos físicos y personas dentro del área afectada por las inundaciones.
- La **vulnerabilidad** está definida como una falta de protección, fortaleza, capacidad de





recuperación y/o prevención e información, que da lugar a que los peligros de inundación provoquen daños, pérdidas físicas o interrupciones de servicios y pérdidas económicas.

Mitigar el impacto de las inundaciones como uno de los factores que contribuiría a mejorar la calidad de vida de los habitantes del Departamento implica necesariamente la gestión del riesgo de inundación y la reducción del mismo a niveles socialmente aceptables (ya sea individualmente o en forma colectiva), reduciendo la frecuencia con la que ocurre la inundación (y sus peligros) y/o reduciendo las consecuencias de ella a través de la disminución de la exposición y/o reduciendo la vulnerabilidad de aquellas personas o infraestructura expuestas.

Para el análisis de las cadenas causales de problemas el PDSUM utilizó un modelo conocido como **fuentes-transmisor-receptor-impacto (FTRI)**.

- Para analizar las **fuentes** (considerando el uso del suelo y los eventos hidrometeorológicos como fuentes principales) el PDSUM realizó estudios hidrometeorológicos, incluyendo la revisión de los estudios realizados por la Facultad de Ingeniería en 2013 y la consideración de estudios recientes sobre el cambio climático.
- Para estudiar la **transmisión** del fenómeno se realizaron modelos computacionales que simulaban los fenómenos hidrológicos e hidrodinámicos en el escurrimiento superficial, en la red fluvial y pluvial. El PDSUM utilizó para ello el programa Infoworks, se modeló la red existente y la conducción por superficie, y se realizó un modelo del terreno con datos topográficos de varias fuentes.
- Para estudiar a los **receptores** el PDSUM realizó estudios sociodemográficos y urbanos y estudios ambientales, con proyecciones a 2050.
- En cuanto a los **impactos** de las inundaciones, el PDSUM, identifica los siguientes: daños directos e indirectos sobre obras de infraestructura, interrupción de servicios, degradación de economías familiares, degradación paisajística de las cuencas, aumento de vulnerabilidad social respecto del riesgo de inundación, alta exposición a riesgos de salud, pérdida de bienestar de la población (por presencia de efluentes cloacales en superficie) y costos socio-económicos de remediación y salud pública.

## METODOLOGÍA

Inicialmente, se toma como base los resultados de los estudios presentados en el PDSUM y se pretende revisar y validar las obras prioritarias a atender, a través de la complementación y actualización de estos antecedentes, con estudios propios desarrollados en el Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento (SEPS).

El PDSUM, en cuanto a Riesgo Hídrico, formula un conjunto de propuestas de medidas estructurales y no estructurales (MNE) para mitigar las inundaciones en Montevideo.

Las medidas no estructurales son principalmente formuladas para todo el territorio del departamento y referidas fundamentalmente a un conjunto de proyectos que permiten abordar un tratamiento integral de la problemática de las inundaciones a través de la prevención, la normativa, la comunicación y educación ambiental hídrica, complementando las inversiones en infraestructura. Una de las MNE destacada en este trabajo, tiene como objetivo establecer una zonificación del uso del suelo, asignando niveles de peligro de inundaciones y definiendo usos permitidos para apoyar la gestión fluvial, la planificación urbana y la prevención de riesgos.

En cuanto a medidas estructurales, uno de los productos resultantes del PDSUM, consiste en la elaboración de Perfiles de Proyecto que presentan información básica del problema en cada cuenca, una propuesta de solución, costos asociados y los beneficiarios o afectados.

Parte de las tareas del SEPS consisten en analizar y actualizar estas propuestas, estudiar la viabilidad de las soluciones presentadas en los proyectos, la actualización de los costos y estado actual de la infraestructura, analizar la posible etapabilización de las propuestas y continuar con el estudio y desarrollo de las MNE que permitan llegar a medidas concretas.



Cámara Mercantil de productos del país

- Para complementar los estudios hidrometeorológicos del PDSUM, en el SEPS se analizan (en base a los datos recabados por la Red Pluviométrica de Montevideo) los eventos extremos ocurridos en los últimos 10 años.
- En cuanto a la componente de actualización de los modelos de representación, se está trabajando en el análisis y aplicación de un nuevo Modelo (HYDROBID) para determinar la herramienta computacional que mejor se adapte a las necesidades y resulte idónea para continuar con la actualización de la red de colectores e infraestructura de Montevideo así como en la modelación de terreno.
- En el marco de la actualización de las modificaciones que han ocurrido en la ciudad, se está haciendo un relevamiento y base documental de todas las obras y proyectos ejecutados o elaborados posteriormente a la finalización del PDSUM, especialmente aquellas asociadas a las intervenciones significativas del Ferrocarril Central.
- En referencia los impactos producidos por las inundaciones, para complementar los resultados de las modelaciones y reducir incertidumbres, en el SEPS se realizó una exhaustiva recopilación de información que permitió elaborar un nuevo mapa de afectaciones (padrones y viviendas afectadas) actualizando la información del PDSUM, clasificando y comparando según el periodo de retorno de las tormentas.
- Por otro lado, se analizaron los impactos de las inundaciones más significativas de los últimos 10 años en base a datos reales (compilación de datos de denuncias e información recabada en campo), clasificando los niveles de impacto en tres categorías; y comparando esta información con el estudio asociado a las tormentas modeladas para diferentes periodos de retorno.

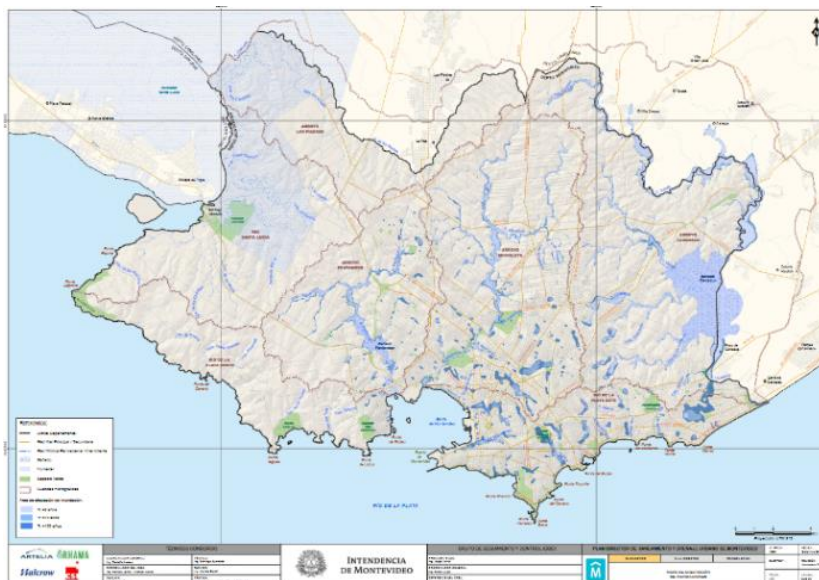
Finalmente se cruza toda la información analizada en el SEPS y obtenida del PDSUM para determinar las obras prioritarias y la hoja de ruta a seguir.

## RESULTADOS

Siguiendo con la premisa anterior, se describen los principales resultados del PDSUM en cuanto al análisis del Modelo FTRI y a las principales medidas (estructurales y no estructurales) desarrolladas y propuestas en el mismo; información sobre la que se realizan los nuevos aportes del SEPS.

- Las **Fuentes** identificadas son el uso del suelo y los eventos hidrometeorológicos. El proceso de urbanización del suelo (aumento de impermeabilización, ocupación de áreas próximas a cursos de agua entre otras) origina el aumento de los caudales de pico y la probabilidad de inundación por desbordes de los cursos de agua o por insuficiencia de la red de drenaje. El nivel actual de impermeabilidad en términos medios del Departamento es de 50-60% con coeficientes y producción de escorrentía de 0,49 a 0,79 para tormentas de 2 años de período de retorno y de 0,65 a 0,81 para las de 100 años de recurrencia.
- En cuanto a los signos de **variabilidad climática** observados se incluyen la variación en el régimen de precipitaciones y el aumento en la intensidad de los vientos. El PDSUM sugiere un incremento de precipitaciones del orden de 10% para considerar el efecto del cambio climático al año 2050, congruente con las tendencias observadas en la estación Prado donde se ha observado un incremento del 20% durante 120 años de registro.
- Respecto a los **niveles del Río de la Plata** los registros evidencian un incremento de 0,88 mm/año del valor medio y una tendencia creciente en la ocurrencia de eventos extremos asociados a sudestadas con ondas de tormentas mayores de 1,6 m.
- Los **Transmisores** del riesgo de inundación constituyen la red hídrica superficial y la infraestructura de drenaje de Montevideo cuyos mecanismos más importantes son: insuficiencia en los elementos de captación de agua en superficie; insuficiencia de capacidad de los elementos de conducción; dinámica de escurrimiento en superficie; condición de borde de los cuerpos receptores y alivijs y trasvases. En el PDSUM estos fueron analizados para cada Cuenca.
- Los **Receptores** abarcan un amplio espectro, impactando en la población ribereña y la población de áreas urbanas, las actividades económicas, los servicios en áreas expuestas al peligro de inundación y la infraestructura, siendo ésta tanto propiedades o viviendas, como rutas, caminos, puentes, etc., y el medio urbanizado en general.
- Finalmente, los **Impactos** asociados a inundaciones indican que, las inundaciones afectan una

superficie de entre 2000 y 4000 has para inundaciones originadas por tormentas de 2 a 100 años de recurrencia. La población expuesta a inundaciones en el Departamento es superior a 20.000 habitantes para eventos de inundación de 2 años de recurrencia y superior a 110.000 habitantes para eventos de inundación de 100 años de recurrencia. El 20% de habitantes expuestos a las inundaciones de cualquier recurrencia tienen condiciones de vulnerabilidad socio - económica de media a muy alta, aunque en los eventos más frecuentes el porcentaje de población expuesta con vulnerabilidad aumenta a un 44% del total. La población residente en asentamientos irregulares expuesta a inundaciones representa entre un 17% y 7% del total de habitantes expuestos a inundaciones (para tormentas de 2 años y 100 años de recurrencia).



**Figura 4: Mapa de afectación de inundaciones generado por el PDSUM**

Finalmente, el PDSUM formula una propuesta de 17 Perfiles de Proyecto de Riesgo Hídrico Pluvial (RHP), 7 propuestas de Riesgo Hídrico Fluvial (RHF), 5 propuestas para MNE y 3 propuestas de Riesgo Hídrico Residual (RHR). Entre las propuestas se plantean laminaciones, tanques de amortiguación, nuevos conductos, acondicionamiento de cauces y defensas fluviales. Dentro de este espectro identifiqué como proyectos esenciales y prioritarios: la mitigación de inundaciones urbanas en las cuencas de los arroyos: Mataperros, Quitacalzones, Arroyo Seco, de los Migueletes, Buceo, Malvín, Pocitos y de los Chanchos; la protección de la población de margen derecha del Arroyo Pantanoso en su tramo medio, y la introducción de la zonificación de peligrosidad hídrica en el marco del ordenamiento territorial.

Para evaluar y complementar los estudios y propuestas del PDSUM, una de las primeras tareas del SEPS resulta el cruzar los datos de la Red Hidrometeorológica de Montevideo (RHM, operativa desde octubre del 2013) con el registro de inundaciones que lleva adelante el Servicio desde el 2005.

Como primer producto se elabora una tabla donde se indican los eventos severos registrados en los últimos 10 años, considerando las tormentas que causaron afectaciones a la población a nivel departamental. Se muestra a modo de ejemplo una de las tormentas registradas.

**Tabla 1: Eventos severos registrados en los últimos 10 años**

Tormenta Severa	Tr	Duración	Pmax (mm)	Pluviómetro c/Pmax	Observaciones/comentarios
17/02/20	TR100	20 min	52.6	Malvín	Importantes inundaciones en arroyos: Los Migueletes Pocitos, de los Chanchos, de Pintos (Buceo), Quitacalzones y Arroyo Seco.



De la tabla completa que forma parte del Informe al BID, se observa por ejemplo que se registraron en el período estudiado (2014 - 2024), al menos 4 tormentas de período de retorno (Tr) de 100 años (para duraciones entre 20 minutos y una hora), lo que parece acompañar las observaciones de una tendencia creciente de eventos más significativos en el marco de un escenario de cambio climático. Con la información procesada se generó el siguiente gráfico donde se advierte la tendencia incremental del Tr para las lluvias más importantes registradas en los últimos 10 años:

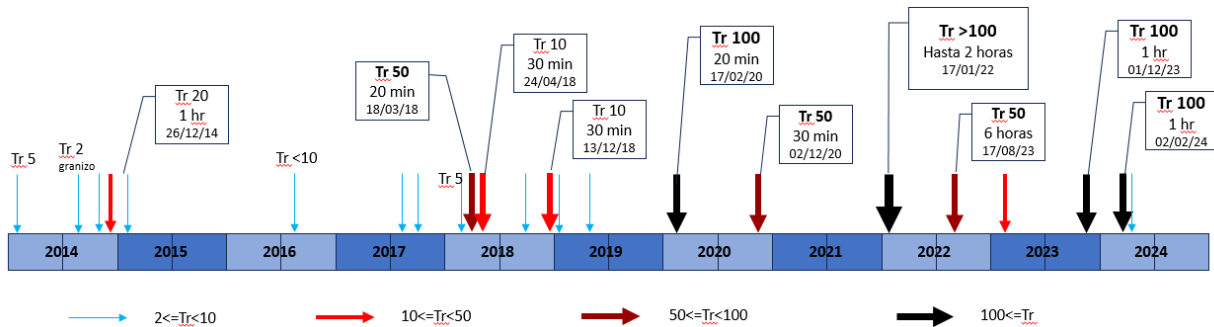


Figura 5: Tormentas registradas en los últimos 10 años, indicando su período de retorno.

Adicionalmente, analizando los impactos asociados a tormentas de diferentes períodos de retorno (2 años, 10 años y 100 años) se ajustaron las manchas de inundación aportadas por el PDSUM, afinando en la cantidad de padrones afectados y complementando con un estudio más detallado que refiere a las unidades ocupacionales afectadas.

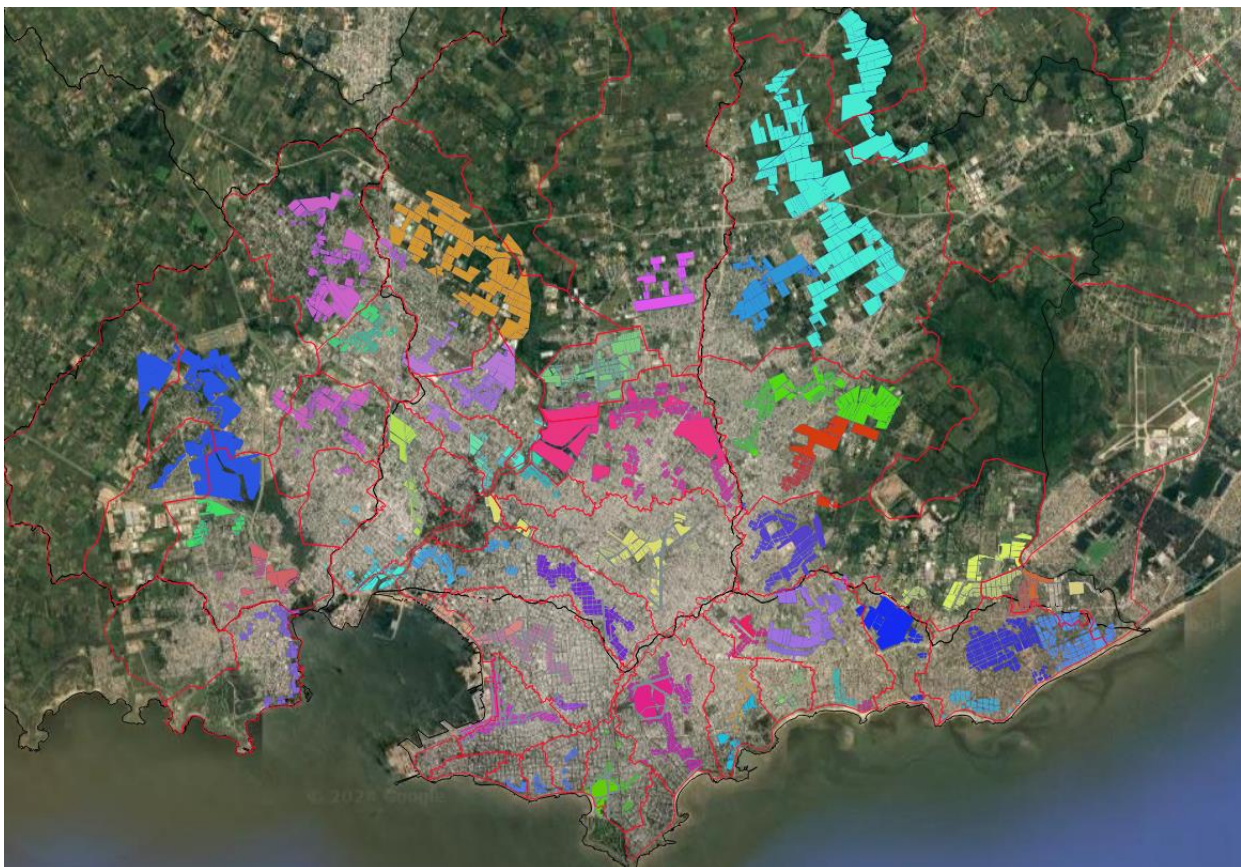


Figura 6: Mapa de afectaciones por padrón para Tr 100 (SEPS, 2024)

Se presentan en el Informe al BID tablas donde se prioriza en un ranking de las 10 zonas más afectadas según el Tr; a continuación, un extracto a modo de ejemplo:



Tabla 2 - Zonas más afectadas por inundaciones de 10 años de período de retorno

Ranking	ID	Zona	Unidades ocupacionales	Cantidad de padrones	Área total (km²)
1	39	Pocitos	3789	875	0.59

La comparativa final agrupa en un ranking por unidad ocupacional afectada y según el Tr:

Tabla 3 - Resumen de zonas más afectadas por período de retorno

Ranking	Tr = 2 años	Tr = 10 años	Tr = 100 años
1	Chacarita	Pocitos	Pocitos
2	Arroyo de los Chanchos	Arroyo Seco 1	Arroyo Quitacalzones 1
3	Cañada de las canteras	Arroyo Quitacalzones 1	Arroyo Seco 1
4	Aguada - Arroyo Seco	Aguada - Arroyo Seco	Estanzuela
5	Cañada Matilde o Iyui	Cañada de las canteras	Arroyo del Cerrito
6	Arroyo Seco 1	Arroyo de los Chanchos	Casavalle
7	Lezica-Colon	Cañada Matilde o Iyui	Arroyo de los Chanchos
8	Carrasco Este	Chacarita	Aguada - Arroyo Seco
9	Casavalle	Casavalle	Cañada de las canteras
10	Pocitos	Arroyo del Cerrito	Barrio Sur

Las tendencias identificadas analizando las Tablas indican mayor impacto en la combinación de zonas urbanas densas, con eventos más severos. Zonas como Pocitos, Arroyo Seco 1, y Arroyo Quitacalzones 1 son consistentemente las más afectadas a medida que las inundaciones se vuelven más intensas. Esto refleja que las áreas densamente pobladas son las más expuestas en eventos de gran magnitud. Y por otro lado se observa una diversificación del riesgo en eventos extremos donde zonas como Estanzuela, Arroyo del Cerrito, y Barrio Sur aparecen solo en el escenario de 100 años, lo que indica que hay áreas menos afectadas en eventos frecuentes que se ven gravemente impactadas cuando la severidad de las inundaciones aumenta.

Cuando se analizan las afectaciones causadas por las inundaciones de los 10 últimos años (asociadas al análisis previo en base a la RHM), los niveles de impacto se clasifican según tres categorías: afectación solo de la calle (nivel 1), el agua sobrepasó el cordón de la vereda sin afectar viviendas (nivel 2), y afectaciones directas a las viviendas (nivel 3). Se elaboran tablas clasificando en estas categorías, cruzando información para cada cuenca, de cada tormenta, con el pluviómetro que indica la precipitación máxima registrada, la duración y Tr.

Tr (años)	07-02-14	25-09-14	03-11-14	28-12-14	28-01-15	22-12-15	19-04-16	27-08-16	01-11-16	19-08-17	24-08-17	21-02-18	18-03-18	29-09-18	14-12-18	02-01-19	05-04-19	17-02-20	02-12-20	05-06-21	17-01-22	02-02-23	17-04-23	01-12-23	02-03-24	
Duración TR (h)	5	2	2	20	50	s/d	s/d	6.0	<2	2	3	5	50	4	5-10	2	5	100	20	n/c	>100	25	s/d	100	100	
Pmax	109	41	108	77	51	s/d	s/d	35	s/d	62	119	51	215	10.4	10.4	26	70	53	s/d	61.3	135	27	23	118	31	
Pluviómetro con Pmax	Maroñas	Ebanes	PdA	Centro	Maroñas	s/d	s/d	15-AM	s/d	Inumet	Inumet	Inumet	Esperanza	14-PTI	2-MG	7-LI	CC29	CC27	CC27	Brujas	PL	MB		Santiago Vazquez	EBCO	
Arroyo Carrasco					1								3	1	3											
Arroyo Chacarita						1							3		3										3	3
Arroyo de los Chanchos		3		3			1			3									3							3
Arroyo de Pintos		3		3																						3
Arroyo del Molino								3					3			1			3							3
Arroyo del Centro																										3
Arroyo Malvín		3		3				1	2				2		1	2			2							3
Arroyo Manga		3											3													3
Arroyo Mataperos		3	3	2	2		2	3	2		3		3	2	3		3		3							3
Arroyo Mendoza				2								3										3				3
Arroyo Miguelete bajo		3		2	3																					3
Arroyo Pantanoso		3						3	3					3	3	3										3
Arroyo Pocitos		3						3	2										3							3
Arroyo Quitacalzones		3						3	3					3					2							3
Arroyo Seco		3						2						3	2				1							3
Arroyo Toledo												3									3					3
Bahía																										3
Bahía los Migueletes																										3
Cañada Canteras							3	3	2				3						3							3
Cañada Casavalle																										3
Cañada Jesús María																										3
Cañada Matilde																										3
Cañada Pajas Blancas																										3
Cañada Tala																										3
Carrasco																										3
Centro																										3
Ciudad Vieja																										3
Estanzuela																										3
Lezica																										3
Malvín																										3
Malvín norte																										3
Manga																										3
Pazo de la Arena																										3
Punta de Pielés																										3
Río de la Plata																										3
Santiago Vazquez																										3
Villa Camila																										3
Villa Don Bosco																										3

Figura 7 – Tabla clasificando en categorías el impacto de cada tormenta para cada cuenca.



En la tabla a continuación se contabiliza el número de veces que se tiene registro del grado de afectación (se presentan solo los diez primeros lugares).

**Tabla 4- Número de veces que se tiene registrada la afectación en los últimos 10 años**

Ranking	Zona	Veces que se afectó solo la calle (nivel 1)	Veces que el agua sobrepasó el cordón sin afectar viviendas (nivel 2)	Veces que las viviendas fueron afectadas (nivel 3)	Total de afectaciones
1	Arroyo Mataperros	0	5	9	14
2	Los Migueletes	0	1	9	10
3	Arroyo Quitacalzones	1	1	8	10
4	Arroyo Pocitos	1	1	7	9
5	Arroyo Seco	1	2	6	9
6	Arroyo Malvín	1	3	5	9
7	Arroyo Pantanoso	0	0	8	8
8	Arroyo de los Chanchos	1	0	7	8
9	Arroyo de Pintos	1	0	6	7
10	Arroyo Del Cerrito	1	1	5	7

Se observa que, Arroyo Mataperros, Los Migueletes, y Arroyo Quitacalzones son las tres zonas que han sufrido la mayor cantidad de eventos que han afectado directamente las viviendas (nivel 3). Zonas como Arroyo Pocitos, Arroyo Seco, y Arroyo Malvín también han experimentado un número significativo de afectaciones a viviendas, lo que las convierte en áreas de alta prioridad.

Analizando las coincidencias entre las inundaciones reales y los periodos de retorno, las principales conclusiones indican que:

- Pocitos (aparece en los tres períodos de retorno (2, 10 y 100 años) y también en las inundaciones reales, con 9 afectaciones) esto confirma que Pocitos es una zona consistentemente afectada, tanto en eventos moderados como extremos, y que ha sido una de las más afectadas por lluvias recientes.
- Aguada - (Los Migueletes) aparece en los tres períodos de retorno (2, 10 y 100 años) y también en las inundaciones reales, con 10 afectaciones. Esta zona es consistentemente afectada en los periodos de retorno y ha sido gravemente afectada en los últimos 10 años.
- Arroyo Seco aparece en los tres períodos de retorno (2, 10 y 100 años) y también en las inundaciones reales, con 9 afectaciones totales.
- Arroyo Quitacalzones aparece en los períodos de retorno de 10 y 100 años y en las inundaciones reales, con 10 afectaciones totales. Las afectaciones en eventos severos de largo plazo coinciden con las inundaciones reales, lo que sugiere que esta zona es particularmente afectada en eventos de mayor magnitud.
- Arroyo de los Chanchos aparece en los tres períodos de retorno y en las inundaciones reales, con 8 afectaciones totales. Esta zona también muestra una consistencia preocupante entre los eventos proyectados y las afectaciones reales.
- Arroyo del Cerrito aparece en los períodos de retorno de 10 y 100 años y en las inundaciones reales, con 7 afectaciones totales, 5 de ellas afectando viviendas.

Cuando pasamos a la revisión de las actuaciones y obras sobre las cuencas más relevantes, tenemos que al menos tres de ellas se han visto fuertemente intervenidas por las obras asociadas al FFCC. Las cuencas de Quitacalzones, Arroyo Seco y Los Migueletes, son zonas que tienen grandes aliviaderos (la mayoría deficitarios) descargando en la bahía, en la zona portuaria. Esta zona, ha experimentado importantes modificaciones, principalmente con los rellenos del puerto (provocando la modificación y extensión de los aliviaderos que allí descargaban), y con la construcción del Viaducto en la Rambla, cuya fundación y previsión de desagües también implicó la reestructura de varios aliviaderos de mediano



a gran porte. Asimismo, estas cuencas comprenden parte de la traza del recorrido de las vías del tren. Esto ha llevado a ejecutar obras en el entorno de la vía y bajo la misma (“pases bajo la vía”) que han debido prever las dimensiones y obras compatibles con las propuestas de solución a los problemas de drenaje y saneamiento anticipados en el PDSUM.

Algunas de estas medidas resultan de gran porte, como la extensión y unión de los aliviaderos General Luna y Santa Fe, en una conducción de 4 bocas de 2m de altura por 4m de ancho, en la cuenca de Arroyo Seco. Otro ejemplo es el caso de la cuenca de Los Migueletes, donde las modificaciones ejecutadas en los aliviaderos Colombia y Nueva York determinaron de forma indefectible la solución a los problemas de la cuenca, descartando de esta manera otras variantes presentadas en el PDSUM.

Complementando estas tareas, con el objetivo de actualizar las actuaciones en la ciudad post PDSUM, se tiene además una recopilación de obras y proyectos en otras zonas de la ciudad que también deben tenerse presentes a la hora de afinar los proyectos e intervenciones sobre las cuencas de interés.

## CONCLUSIONES

En función de todo lo anteriormente desarrollado, estamos en condiciones de establecer que hay claras evidencias del impacto asociado al cambio climático (tanto en los análisis del PDSUM como en los desarrollados por el SEPS), con grados de afectación cada vez más relevantes y presentes para la población, y por lo tanto resulta indiscutible la necesidad de invertir en obras de mitigación de riesgo hídrico e incorporar nuevas fuentes de financiamiento.

En el cruce de información del PDSUM con los estudios de actualización de impactos del SEPS, se encuentra gran coincidencia en la priorización de las zonas de actuación, aunque aún queda mucho por procesar. Para ello se deberá gestionar la contratación de los 8 anteproyectos avanzados a la mayor brevedad, con los cometidos de validar las soluciones (o encontrar mejores alternativas) y actualizar precios, contemplando que en algunos casos ya se ejecutaron obras parciales y además se cuenta con datos de medidas de niveles de últimos eventos que permiten calibrar herramientas de cálculo (y en este sentido también deberá definirse cuál será la herramienta a utilizar).

El tema “evento de diseño” deberá ser revisado ya que todas las obras del PDSUM fueron diseñadas para 10 años de período de retorno, cabe reflexionar sobre este aspecto, en vista del análisis de las frecuencias y los impactos de los eventos de los últimos años.

De no ser posible contratar los 8 anteproyectos avanzados, se sugiere priorizar:

- MNE01 – Plan de zonificación, manejo integrado de áreas inundables y gestión de riesgo hídrico – Este tema se prioriza porque tiene un bajo costo y un alto impacto, además de implementación a corto o mediano plazo
- RHP08 - Mitigación de inundaciones en Arroyo Pocitos – Es el tema más complejo en cuanto a diversidad de intervenciones y propuestas, que merece un mayor conocimiento y evaluación de alternativas.
- RHP06 - Mitigación de inundaciones en Arroyo de los Migueletes – es casi tan complejo como el anterior, pero con mucho menos dudas en cuanto a tipo de solución a implementar. Tiene pocas chances de etapabilizar siendo una de las zonas donde las intervenciones asociadas al FFCC no ha dejado mucho margen para alternativas.

Para finalizar se menciona un claro ejemplo de intervención exitosa que ha sido la construcción de un colector de refuerzo en la cuenca de Mataperros (una de las identificadas tanto en el PDSUM como por el SEPS como de primera prioridad).

Esta zona tiene todas las características mencionadas con anterioridad. Es una zona de la ciudad consolidada, identificada desde hace muchos años como una zona prioritaria a atender, con innumerables denuncias de los vecinos, una zona que se ve atravesada por las vías del tren y donde las obras asociadas al mismo han presentado una ventana de oportunidad con la posibilidad de una actuación inmediata colocando un tramo del colector de refuerzo contra la vía. Las obras comenzaron



## XII Congreso Nacional de AIDIS

15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país



en junio del 2022 y finalizaron en abril del 2024.

En los estudios aquí señalados, de las tormentas e impactos asociados de los últimos 10 años, se tiene que en la lluvia del 2 de marzo del 2024 (que se identificó como una lluvia de periodo de retorno de 100 años) no se detectaron afectaciones de ningún grado según la información recabada con los vecinos y relevamientos en el lugar.

Este resultado, con el esfuerzo y dedicación que ha implicado para todas las partes involucradas, es un enorme aliciente para todos y resulta un claro indicador de que este es el camino a seguir.