

PLAN MAESTRO DE DRENAJE URBANO DE LA CUENCA DEL ARROYO MEDRANO



Preparado Para:



Financiada con recursos de la Comisión Europea a través de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Las opiniones expresadas en él no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Unión Europea ni de la AECID o el BID.

28 de febrero de 2019



CH2M HILL ARGENTINA, S.A.
AZARA 841
CIUDAD DE BUENOS AIRES, C1267ABQ
ARGENTINA

Fecha de emisión: 28 de febrero de 2019								
Título: Plan Maestro de Drenaje Urbano de la Cuenca del Arroyo Medrano								
Cliente: Banco Interamericano de Desarrollo / Agencia Española de Cooperación Internacional								
Tipo de documento: Enfoque y Estudios Básicos								
Revisión: 0								
<u>LISTADO DE REVISIONES</u>								
0	Enfoque y Estudios Básicos	28/02/19	GO		GO		RA	
Rev.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	

Tabla de Contenidos

Capítulo

Página

Alcance del Documento	1-12
Enfoque Metodológico para el PMDU	2-13
2.1 Enfoque conceptual	2-13
2.1.1 Pilares y premisas metodológicas.....	2-15
2.2 Lineamientos para el Plan Maestro	2-16
2.2.1 Lineamientos estratégicos para el PMDU.....	2-17
2.2.2 Planeamiento urbano regional	2-18
Antecedentes.....	3-20
3.1 Antecedentes históricos en materia de inundaciones	3-20
3.1.1 Buenos Aires y las Inundaciones.....	3-20
3.2 Antecedentes institucionales en materia de manejo del sistema de desagües de la Cuenca	3-22
3.2.1 Planes y Programas preexistentes en el ámbito de la Ciudad de Buenos Aires (CABA).....	3-23
3.2.2 Plan Nacional del Agua (PNA)	3-25
3.2.3 La acción ciudadana en el ámbito de la CAM. ¿Qué reclaman los vecinos? ..	3-25
3.2.4 El rol de la Defensoría del Pueblo	3-26
3.2.5 El Comité de Cuenca del Arroyo Medrano – CICAM. Antecedentes institucionales.....	3-27
3.2.6 Conclusiones sobre el actual estatus jurídico del CICAM	3-28
3.3 Antecedentes de estudios e hitos claves en materia de inversiones y desarrollo de infraestructura del sistema de desagües pluviales en la Cuenca	3-30
3.3.1 Obras de Infraestructura Hidráulica en la cuenca post - PDOH.....	3-35
3.3.2 Obras de Infraestructura Hidráulica proyectadas	3-37
Estudios de Base	4-41
4.1 Recopilación y Análisis de Antecedentes.....	4-41
4.2 Reconocimiento de campo	4-43
4.2.1 Visita al entubamiento del Arroyo Medrano	4-44
4.2.2 Visita a subcuenca del Aliviador Holmberg	4-48
4.3 Elaboración del Modelo Digital de Elevaciones	4-50
4.3.1 Introducción.....	4-50
4.3.2 Relevamiento topográfico	4-51
4.3.3 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES	4-55
4.3.4 Productos derivados del MDE.....	4-56
4.3.5 Mosaico de Imágenes	4-56
4.3.6 Marco de Referencia Geodésico.....	4-58
4.3.7 Control de Calidad del Modelo	4-61
4.3.8 Archivos entregables	4-62
4.4 Revisión de estudios hidrológicos.....	4-63
4.4.1 Objeto	4-63
4.4.2 Información recopilada - precipitaciones	4-63
4.4.3 Relaciones Precipitación-Duración-Recurrencia – Antecedentes Recientes..	4-65
4.4.4 Análisis del régimen de precipitaciones de la cuenca y su evolución.....	4-66
4.4.5 Análisis Estadístico del Riesgo de Tormentas	4-74
4.4.6 Precipitaciones Históricas Relevantes	4-87

Section	Page
4.4.7	Precipitación Máxima Probable.....4-91
4.4.8	Consideraciones respecto a la tormenta de diseño4-95
4.4.9	Niveles de descarga4-101
4.4.10	Escenarios de simulación4-103
4.4.11	Referencias Bibliográficas4-105
4.5	Modelo matemático de simulación hidrológica-hidráulica4-106
4.5.1	Recopilación de Información Antecedente de la Red de Desagües4-106
4.5.2	Enfoque.....4-112
4.5.3	Desarrollo del modelo matemático4-113
4.5.4	Actualizaciones al Modelo Matemático4-116
4.6	Desarrollo del Sistema de Información Geográfica (SIG)4-131
4.6.1	Alcances y objetivos.....4-131
4.6.2	Relevamiento diagnóstico de la información existente4-132
4.6.3	Definición del programa SIG4-134
4.6.4	Sistema de proyección4-135
4.6.5	Definición preliminar de la estructura de la Base de Datos4-136
4.6.6	Producción de Mapas Temáticos.....4-136

ANEXOS

Anexo II.1 Visitas de Campo/Registro Fotográfico

Anexo II.2 Precipitaciones máximas anuales (mm) OCBA (Villa Ortúzar)

Anexo II.3 Test de Homogeneidad

Anexo II.4 Análisis de cambio climático

Anexo II.5 Lista de documentos antecedentes

Tablas

Tabla 1. Estrategias para la gestión del riesgo hídrico para el PMDU

Tabla 2. Antecedentes Históricos pre - PDOH

Tabla 3. Detalle del tipo de receptores GNSS doble frecuencia utilizados.

Tabla 4. Detalle del tipo de antenas GNSS utilizadas.

Tabla 5. Detalle de la cámara.

Tabla 6. Detalle del tipo de receptores GNSS doble frecuencia utilizados.

Tabla 7. Detalle del tipo de antena GNSS.

Tabla 8. Tabla resumen de coordenadas.

Tabla 9. Estadística de las diferencias entre la Nube de puntos LiDAR y los puntos de control en la componente vertical.

Tabla 10. Listado de datos de precipitaciones disponibles.

Tabla 11 - Buenos Aires: precipitación(mm) - duración (min) – recurrencia (PDOH, 2006)

Tabla 12. Buenos Aires: precipitación (mm)- duración (min) – recurrencia (años) (2014)

Tabla 13. Variación de Precipitaciones medias anuales

Tabla 14. Buenos Aires. Cantidad de días con precipitaciones

Tabla 15. Estadísticos muestrales – Villa Ortúzar (1937 – 2016)

Tabla 16. Relación de profundidad (lámina) de precipitación para duraciones menores a 1 hora respecto a la precipitación en 1 hora

Tabla 17. Análisis de frecuencia Precipitaciones máximas anuales (mm). Estación Villa Ortúzar (1937 – 2016),

Section	Page
Tabla 18. Análisis de frecuencia Precipitaciones máximas anuales (mm). Estación Villa Ortúzar (1961 – 2016),	
Tabla 19. Análisis de frecuencia Precipitaciones máximas anuales (mm). Estación Villa Ortúzar (1971 – 2016),	
Tabla 20. Relación Precipitación – Duración – Recurrencia recomendada. Estación Villa Ortúzar serie 1961 – 2016, precipitaciones en (mm)	
Tabla 21. Relación Intensidad (mm/h) – Duración – Recurrencia. Estación Villa Ortúzar serie 1961 – 2016	
Tabla 22. Parámetros Relación Intensidad – duración – recurrencia	
Tabla 23. Precipitaciones máximas de la tormenta del 24-01-01 y recurrencia aproximada	
Tabla 24. Precipitaciones máximas de la tormenta del 2-04-13 y recurrencia aproximada	
Tabla 25. Estadísticos precipitaciones diarias máximas anuales	
Tabla 26. Determinación PMP diaria y en 24 hs.	
Tabla 27. Determinación de PMP en duraciones menores a 24 hs	
Tabla 28. Perfil recomendado de Tormentas	
Tabla 29. Tormentas de diseño duración 2 horas	
Tabla 30. Tormentas de diseño duración 3 horas	
Tabla 31. Tormentas de diseño duración 6 horas	
Tabla 32. Factor de reducción areal (Institute of Hydrology, 2000)	
Tabla 33. Niveles máximos anuales para diferentes recurrencias	
Tabla 34. Escenarios de simulación	
Tabla 35. Etapas del Sistema de Información Geográfica del proyecto.	
Tabla 36. Parámetros del Sistema de Referencia del Proyecto	
Tabla 37. Mapas Temáticos	

Figuras

Figura 1: Modelo SWMM y SIG como herramientas de análisis fundamentales ... **Error! Bookmark not defined.**

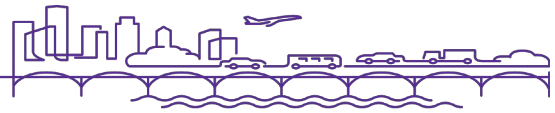
Figura 2: Opciones para la mitigación del riesgo hídrico	2-17
Figura 3: Línea de tiempo de Planes y Programas en la Cuenca del Arroyo Medrano	3-29
Figura 4: Cuenca Río Reconquista	3-34
Figura 5: Noticias de Obras Hidráulicas en la Cuenca	3-37
Figura 6: Conducto Ciudad de la Paz	3-38
Figura 7: Sifones para PBN Balbín en calles Holmberg y Tronador	3-39
Figura 8: Cruce Arias	3-40
Figura 9: Reservorios Adicionales en Villa Martelli	3-40
Figura 10: Dinámica Hídrica de la Cuenca	4-44
Figura 11: Reservorio en Parque Sarmiento (Conexión con M15)	4-45
Figura 12: Emisario Entubado Arroyo Medrano	4-45
Figura 13: Puente sobre desembocadura de A° Medrano	4-46
Figura 14: Desembocadura de A° Medrano (Vista a Río de la Plata)	4-46
Figura 15: Obras de relleno en margen izquierda de desembocadura de A° Medrano	4-47
Figura 16: Obras de control del A° Medrano en Cuenco Villa Martelli	4-48
Figura 17: Cuenco Villa Martelli	4-48
Figura 18: Retén Hidráulico Plaza La Paz	4-49
Figura 19: Retén Hidráulico Belgrano Cargas	4-49
Figura 20: Desembocadura del Aliviador Holmberg	4-50
Figura 21: Disposición aproximada de las líneas de vuelo efectuadas	4-52
Figura 22: Avión Aerocommander 500s utilizado para la realización del vuelo	4-52
Figura 23: Nube de puntos LIDAR de Av. Gral. Paz y Acceso Norte	4-53

Section	Page
Figura 24: Nube de puntos LIDAR zona predio Tecnópolis.....	4-53
Figura 25: Cámara fotogramétrica Leica RCD30.....	4-55
Figura 26: MDE del Área de Estudio	4-56
Figura 27: Mosaico del área de Estudio	4-57
Figura 28: Mojón tipo utilizado para los vértices de apoyo.....	4-58
Figura 29: Ubicación de los vértices geodésicos.....	4-60
Figura 30: Ubicación de los puntos de apoyo medidos	4-61
Figura 31: Desvíos observados de los puntos de control respecto de la superficie topográfica relevada.	4-62
Figura 32: Ubicación estaciones pluviométricas.....	4-65
Figura 33 Precipitaciones anuales Observatorio Villa Ortúzar (SMN))	4-67
Figura 34 Precipitaciones anuales Observatorio Villa Ortúzar (SMN). Precipitaciones medias anuales cada 40 años	4-68
Figura 35: Precipitaciones medias mensuales Observatorio Villa Ortúzar (SMN).	4-69
Figura 36 Cantidad de días con Precipitaciones mayores a 20mm. Observatorio Villa Ortúzar (SMN).4-70	
Figura 37 Cantidad de días con Precipitaciones mayores a 50mm. Observatorio Villa Ortúzar (SMN).4-70	
Figura 38: Precipitación máxima anual (1 hora)	4-72
Figura 39: Precipitación máxima anual (3 horas).....	4-72
Figura 40: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales d= 1 hora (serie 1937-2016)...4-77	
Figura 41: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales d= 3 horas (serie 1937 – 2016)	4-77
Figura 42: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales d= 6 horas (serie 1937 – 2016)	4-78
Figura 43: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales d= 1 hora (serie 1961-2016)...4-80	
Figura 44: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales d= 3 horas (serie 1961 – 2016)	4-81
Figura 45: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales d= 1 hora (serie 1971-2016)...4-82	
Figura 46: Análisis de frecuencia diferentes períodos – dur= 1 hora – comparación.	4-83
Figura 47: Análisis de frecuencia diferentes períodos – dur= 3 horas – comparación.....	4-84
Figura 48: Relación IDF – Villa Ortúzar 1961 - 2016.....	4-86
Figura 49: Precipitaciones registradas evento mayo 1985	4-87
Figura 50: Precipitación registrada durante el evento de enero 2001 (SMN).....	4-88
Figura 51 Precipitación parcial y acumulada para el evento de abril 2013	4-89
Figura 52 - Reflectividad medida por el radar meteorológico ubicado en cercanías del Aeropuerto...4-90	
Figura 53 - Envolvente de Factores de frecuencia s/Herschfield vs. media de precipitaciones máximas diarias.....	4-93
Figura 54 - Relaciones entre precipitaciones de diferente duración (Estados Unidos) y comparación con Estación Villa Ortúzar. Fuente: Adamson and Chong (1992)	4-95
Figura 55 - Percentiles de exceso de la distribución temporal acumulada de precipitaciones.....	4-96
Figura 56–Perfil Recomendado de Tormenta (PDOH, 2006)	4-97
Figura 57–Tormenta R=10 años, duración 3hs	4-98
Figura 58- Distribución temporal porcentual. Tormentas 2 de abril de 2013 y 24 de enero 2001 ...4-99	
Figura 59 - Río de la Plata. Niveles máximos anuales observados en el Riachuelo (1905 – 2000) junto con sus recurrencias (respecto al cero del Riachuelo).....	4-102
Figura 60 – Niveles (al cero MOP del Riachuelo) en el Río de La Plata durante el evento de precipitación de enero 2001	4-102

Section	Page
Figura 61– Niveles (al cero MOP del Riachuelo) en el Río de La Plata durante el evento de precipitación de abril 2013	4-103
Figura 62. Localización de sumideros en la intersección de F. N. Laprida y Bme. Mitre, Vicente López	4-112
Figura 63 - Red pluvial analizada (2017)	4-115
Figura 64 - Red de calles modelada	4-116
Figura 65. Red pluvial completa actualizada - Vicente López	4-118
Figura 66. Red pluvial completa actualizada – San Martín	4-119
Figura 67. Red pluvial completa actualizada – Tres de Febrero	4-120
Figura 68 – Cuenca de aporte al Aliviador Holmberg	4-121
Figura 69 – Cuenca de aporte al Aliviador Martelli	4-122
Figura 70 – Ubicación general Cuenco Amortiguador Villa Martelli.....	4-123
Figura 71 – Configuración pasada y actual del Cuenco Amortiguador Villa Martelli	4-123
Figura 72 – Esquema de funcionamiento Cuenco Amortiguador Villa Martelli (Planta).....	4-124
Figura 73 – Esquema de funcionamiento Cuenco Amortiguador Villa Martelli (Corte)	4-124
Figura 74 – Curvas de Nivel en Cuenco Amortiguador Villa Martelli (2017)	4-125
Figura 75 – Ubicación y Curvas de Nivel en Reservorios Parque Sarmiento (2017)	4-125
Figura 76 – Interacción del A° Medrano con Reservorios Parque Sarmiento (2017)	4-126
Figura 77. Ubicación del Retén Hidráulico U23	4-127
Figura 78. Ubicación del Retén Hidráulico Plaza la Paz	4-128
Figura 79. Ubicación Retén Hidráulico Belgrano Cargas.....	4-129
Figura 80. Comparativa de la desembocadura del A° Medrano	4-130
Figura 81. Obras en desembocadura de Arroyo Medrano	4-131
Figura 82: Interfaz QSIG	4-135

Abreviaciones

ABL	Alumbrado, Barrido y Limpieza
AdeD	Áreas de Desarrollo
AMBA	Área Metropolitana Buenos Aires
APH	Área de Protección Histórica
ARTEH	Áreas de Retención Temporal de Excedentes Hídricos
AySA	Agua y Saneamientos Argentinos S.A.
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento
BOCBA	Boletín Oficial de la Ciudad de Buenos Aires
CABA	Ciudad Autónoma de Buenos Aires
CAM	Cuenca del Arroyo Medrano
CAS	Coeficiente de Absorción del Suelo
CCCT	Certificados de Capacidad Constructiva Transferible
CCT	Capacidad Constructiva Transferible
CEDIN	Certificados de Depósito para Inversión
CFI	Consejo Federal de Inversiones
CICAM	Comité Interjurisdiccional de la Cuenca del Arroyo Medrano
CIPUV	Centro de Investigación de Política Urbana y Vivienda
COU	Código de Ordenamiento Urbano
CPU	Código de Planeamiento Urbano
CPAU	Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo
CPU	Código de Planificación Urbana
CU	Código Urbanístico
DNM	Densidad Neta Máxima
DNMR	Densidad Neta Máxima Residencial
DOP	Dirección de Obras Públicas
DPOH	Dirección Provincial de Obras Hidráulicas
EDENOR	Empresa Distribuidora y Comercializadora de Energía Norte Sociedad Anónima
EDESUR	Empresa Distribuidora de Energía Sur Sociedad Anónima
EE	Unidades de Equipamiento Especial
FC	Ferrocarril
FOS	Factor de Ocupación del Suelo
FOT	Factor de Ocupación Total
GCBA	Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
GNSS	Global Navigation Satellite System



H°A°	Hormigón Armado
HCD	Honorable Concejo Deliberante
L.E.	Línea de Edificación
L.I.B.	Línea Interna de Basamento
L.F.I.	Línea de Frente Interno
LiDAR	Light Detection and Ranging
L.O.	Línea Oficial
L.O.E.	Línea Oficial de Edificación
MDE	Modelo Digital de Elevaciones
IRS	Índice de Reflectancia Solar
IVC	Instituto de la Vivienda de la Ciudad
NPC	No Permitidas en la Ciudad
OSN	Obras Sanitarias de la Nación
PAF	Puntos de Apoyo Fotogramétrico
PBN	Paso bajo nivel
PCU	Proyecto de Código Urbanístico
PE	Poder Ejecutivo
PDOH	Plan Director de Obras Hidráulicas
PGRH	Programa de Gestión de Riesgo Hídrico
PMDU	Plan Maestro de Drenaje Urbano
PMP	Precipitación Máxima Probable
PNA	Plan Nacional del Agua
PUA	Plan Urbano Ambiental
RAP	Red de Apoyo Planialtimétrica Primaria
RAS	Red de Apoyo Planialtimétrica Secundaria
RER	Red de Expresos Regionales
RPECCT	Registro Público Especial de Capacidad Constructiva Transferible
RU	Renovación Urbana
RUA	Renovación Urbana lindera a Autopistas
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SO	Sudoeste
SPOySP	Secretaría de Obas y Servicios Públicos
SSRH	Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación
UPEPH	Unidad de Proyectos Especiales del Plan Hidráulico
USIG	Unidad de Sistemas de Información Geográfica
US EPA	United States Environmental Protection Agency



SIG	Sistema de Información Geográfica
SWMM	Storm Water Management Model

Alcance del Documento

A partir del diagnóstico de la situación crítica de la cuenca, la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH) solicitó apoyo al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para la preparación y adecuada implementación del Plan Maestro de Drenaje Urbano (PMDU) de la cuenca del Arroyo Medrano. Luego de un llamado a licitación y de la correspondiente evaluación técnica y económica, surgió adjudicataria la firma CH2M.

Los recursos para elaborar estos trabajos proceden de la Facilidad de Inversiones para América Latina (LAIF) de la Unión Europea. En el marco de este instrumento de financiamiento, la Unión Europea firmó con la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) un Acuerdo de Delegación para la ejecución del proyecto regional “Promover la adaptación al cambio climático y la gestión integral de los recursos hídricos en el sector de agua y saneamiento en América Latina en el marco del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS)”, el cual establece que las actividades relacionadas con asistencias técnicas serán ejecutadas a través del BID. El presente documento hace parte de la Cooperación Técnica “Plan de gestión integral de manejo y control de inundaciones en la Cuenca del Arroyo Medrano”.

Los trabajos que se informan comenzaron a desarrollarse, tras el recambio gubernamental a finales de 2015. En febrero de 2016 se conformó el Comité Interjurisdiccional de la Cuenca del Arroyo Medrano (CICAM), al cual adhirieron la Subsecretaría de Recursos Hídricos nacional, el Ministerio de Infraestructura provincial y su par de Desarrollo Urbano porteño. Finalmente, entre los meses de junio de 2017 y junio de 2018 se desarrollaron las actividades para completar el diagnóstico de la cuenca y que se encuentran representadas en los Tomos II y III del PMDU Medrano, cubriendo básicamente el desarrollo de los siguientes contenidos:

- Revisión análisis y sistematización de la información antecedente (CABA/Prov. y Municipios);
- Relevamientos en campo: Emisarios, Conductos Principales y Secundarios, Estaciones de Bombeo y Reservorios;
- Relevamiento de espacios de posibles reservorios;
- Relevamiento de sensores y análisis de la información hidrometeorológica;
- Relevamiento LIDAR;
- Desarrollo SIG;
- Análisis de Aspectos Ambientales, Sociales y de Planificación Urbana;
- Análisis del Planeamiento Urbano Regional
- Análisis de Gestión Socio Urbana
- Análisis del Marco Normativo e Institucional;
- Desarrollo y explotación del Modelo Hidráulico – Situación Actual sin Obras
- Diagnóstico de Eventos Críticos Hidrológicos y Respuesta de la Cuenca
- Diagnóstico Integral de la Situación Actual y Futura (sin Obras)
- Evaluación del Riesgo Hídrico
- Planteo de lineamientos a seguir en el PMDU;



Enfoque Metodológico para el PMDU

2.1 Enfoque conceptual

Una de las consignas seguidas en este estudio es poder realizar una revisión filosófica de las premisas utilizadas tradicionalmente para confeccionar planes de remediación actuales, solicitando asimismo aportes nóveles en esta etapa de estudios. En síntesis, se propone lo siguiente:

- Profundizar un **enfoque integral**, colocando en primer plano la gestión del drenaje en su conjunto, concepto que pretende, en la medida de lo posible, dar un tratamiento único físico y territorial, donde se conjuguen el amplio espectro de usos del territorio en un marco de preservación y gestión ambiental del excedente hídrico y, asimismo, de protección de los cuerpos receptores del mismo;
- Sustentar los estudios de diagnóstico y evaluación de alternativas sobre la base de un enfoque de **análisis de riesgo, en particular respecto al tema inundaciones**;
- Desarrollar **herramientas de análisis** (modelos matemáticos y sistema de información geográfica) que comprendan la integralidad física de los procesos intervinientes; es decir: calidad y cantidad de agua, almacenamiento y conducción, flujo a superficie libre o entubamiento; y que permita manejar adecuadamente las interfaces con las disciplinas claves del estudio: medio ambiente, planificación urbana, ingeniería, evaluación de impactos.
- Plasmar el Plan Estratégico en una **plataforma informática interactiva** que facilite la gestión integral del área de drenaje y saneamiento sobre la base de la estrategia de fortalecimiento institucional que se desarrolle como parte del presente.

Con el fin de cumplir con los objetivos propuestos para la preparación del PMDU de la CAM, es necesario establecer una metodología detallada con el desarrollo de:

- a) Línea de base ambiental y socioeconómica que incluye el diagnóstico completo de la problemática;
- b) Establecimiento de escenarios futuros;
- c) Definición de alternativas viables y sustentables;
- d) Evaluación de alternativas eficientes por medio de una evaluación multicriterio confiable;
- e) Elaboración de un plan de acción para implementar las obras; y
- f) Fortalecimiento institucional.

Esta metodología apoyada en herramientas capaces de auxiliar en la resolución de cálculos y procesos de toma de decisiones, como por ejemplo el software EPA SWMM 5 (Storm Water Management Model) de la Agencia de Protección del Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, U.S. Environmental Protection Agency). Este consiste en un modelo numérico que permite simular el comportamiento hidrológico-hidráulico de un sistema de drenaje urbano para poder evaluar el impacto de la escorrentía y poder

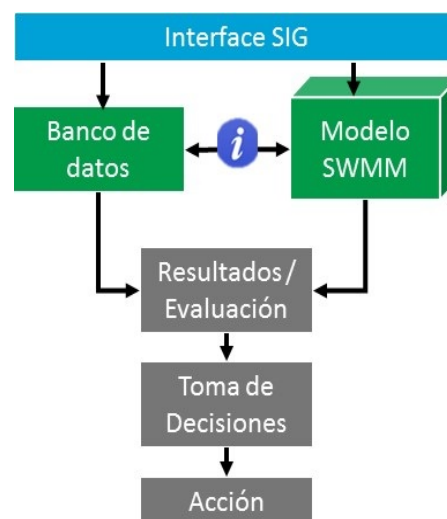


Figura 1: Modelo SWMM y SIG como herramientas de análisis fundamentales

Fuente: ch2m



evaluar las estrategias de atenuación en términos de cantidad de agua. Por otra parte, permite, en un futuro, incorporarle datos para evaluar y gestionar la calidad de esta.

Por otra parte, un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta transversal en la Gestión de los Recursos Hídricos, lo que mejora el acceso y la manipulación de los datos, así como su visualización espacial, lo que es más ilustrativa y dinámica y facilitando el análisis y la comprensión de los resultados, especialmente para la toma de decisiones.

Una última herramienta esencial es la participación pública y la estrategia de comunicación. Para eso, el componente de participación estará orientado a la recolección y validación de la información, la identificación de la percepción pública frente a los peligros a ser abordados, así como la identificación de oportunidades para fortalecer las capacidades locales frente al riesgo de las inundaciones.

La concepción y experiencia moderna de gestión indica que un PMDU no debe ser un conjunto rígido de medidas plasmados en el tiempo, sino que más bien debe representar una estrategia dinámica que permita llevar a la práctica la visión a largo plazo en el desarrollo de una cuenca en forma totalmente mancomunada con los intereses, aspiraciones y necesidades de sus habitantes a través de los servicios y actividades que se desarrollan en cada territorio. Si bien el desarrollo de dicha estrategia consiste en establecer un punto de partida de gestión mediante el establecimiento de prioridades de intervención en espacio y tiempo y materializarlas a través de diversas medidas: estructurales, no estructurales y de gestión institucional; el PMDU de la CAM es concebido como una filosofía de abordaje de las diversas problemáticas territoriales y, principalmente, como un mecanismo de recepción e interpretación permanente de las necesidades que surgen ante escenarios cambiantes tanto en un plano hidrometeorológico como de presiones por uso del territorio.

Uno de los desafíos más importantes que encara el PMDU, sobre todo a la luz de episodios de creciente criticidad en materia de inundaciones en zonas urbanas registradas en los últimos años, es dar respuesta a cuestionamientos como los siguientes:

- ¿Cómo seleccionar un estándar de protección (recurrencia) a la luz de fenómenos extremos más frecuentes?
- ¿Cómo hallar un equilibrio entre el estándar de protección posible y/o deseado y la factibilidad técnica en las obras clásicas de ingeniería (que poseen un techo) en zonas de compleja urbanización y desarrollo de servicios?
- Con relación al punto anterior, el modelo de equilibrio técnico-económico para la justificación de estándares de protección que funcionó en décadas pasadas en ciudades con elevada urbanización parecería agotarse a la luz de la creciente criticidad de los eventos hidrometeorológicos.
- Lamentablemente la percepción de protección y suficiencia que dan las obras no se condice con la justa medida probabilística de seguridad de los esquemas de mitigación ante fenómenos hidrometeorológicos, inherentemente inciertos; este fenómeno se torna aún más crítico ante la presencia de asentamientos marginales (y su posterior densificación) a la vera de los cursos de agua.
- Todo lo anterior nos lleva a pensar que necesariamente hay que dar un nuevo impulso a los conceptos y evaluaciones de tolerabilidad del riesgo; concientización; educación; percepción del riesgo y manejo de alertas.



2.1.1 Pilares y premisas metodológicas

Se enumeran a continuación una serie de **pilares y premisas metodológicas** específicas para el desarrollo de las actividades:

- El eje rector de la Integralidad se colocará en el reconocimiento explícito de la necesidad de realizar un abordaje INTEGRADO de problemática de la gestión de los excedentes hídricos generados por eventos hidrometeorológicos, a través de una concepción física y territorial en la que se analicen los distintos usos y presiones sobre el sistema que interactúen y fuerzan la respuesta del sistema hídrico, tanto en cantidad como en calidad de dicho excedente. Este concepto es clave para poder hilvanar presente (diagnóstico) y futuro (plan estratégico) en el desarrollo de los estudios, comprender los procesos responsables del diagnóstico actual y sobre la base de ellos prescribir normativas de gestión futura a nivel de ocupación de uso de suelo, normativas urbanas y obras de mitigación.
- La formulación del PMDU se sustenta en un fuerte entendimiento de principios geomorfológicos. Uno de los principios rectores de la SUSTENTABILIDAD es la planificación de medidas de intervención que operen en la dirección de la naturaleza; es decir, que anticipen la evolución natural de un sistema y no al revés. Es por ello que este concepto deberá tener una expresión explícita en el tratamiento que se dé al ordenamiento territorial reconociéndose el espacio propio del arroyo Medrano y sus servicios eco-ambientales.
- El contenido del PMDU deberá estar en sintonía con las expectativas, percepciones y visiones de los actores sociales, sectores del Estado (CABA, Municipios, Provincia, Nación, etc.) y diferentes disciplinas del saber académico, así como del sector privado, involucradas de una manera u otra en la gestión territorial, por lo que, en consecuencia, debe ser PARTICIPATIVO;
- El desarrollo del plan de acción a corto plazo es clave para bajar a nivel del habitante soluciones concretas a corto plazo que permitan ir acortando la brecha entre sus **expectativas y los resultados** del PMDU que lógicamente deberá esperar su desarrollo;
- Se utilizará una metodología de **análisis de riesgo** para realizar la evaluación estratégica del plan (y de los programas y medidas asociados) incluyendo los conceptos de desarrollo sustentable y la priorización de intervenciones a nivel temporal y espacial;
- Se trabajará, tanto en la faz diagnóstica, como de evaluación y formulación de alternativas atendiendo a que la gestión de un sistema de drenaje debe evaluarse para un espectro de eventos que cubran todo un rango factible de intensidades y duraciones de tormenta; la **bidimensionalidad del fenómeno hidrometeorológico** se hace más fuerte en el contexto del drenaje urbano.
- El PMDU contendrá una adecuada combinación **de medidas estructurales, no estructurales y de gestión institucional**. Sin duda las obras, o medidas duras, son las responsables de lograr la respuesta física inmediata al problema de drenaje en cuestión, es decir, son las medidas que de alguna manera ayudan a “resistir” el impacto físico de las inundaciones. No obstante, son las medidas no estructurales las que garantizan que los niveles de riesgo y presiones sobre todo el sistema se mantenga dentro de los niveles previstos oportunamente al momento de llevar a cabo el proceso de planificación y proyecto de dichas medidas estructurales. Es el marco institucional finalmente quien permitirá legitimar la implementación de las medidas y asimismo velar por el cumplimiento de los principios rectores del plan a futuro.



Gestión
INTEGRADA,
SUSTENTABLE Y
PARTICIPATIVA



- Como se mencionó anteriormente, el objetivo último que se persigue es, mediante la eliminación de las restricciones actuales que tiene el sistema de drenaje, apuntar a un desarrollo SUSTENTABLE de la cuenca atento a los planes de expansión y crecimiento de la misma. En esta línea se priorizarán las Técnicas Urbanas de Desarrollo Sustentable (TUDS), implementando medidas de control de inundación que también colaboran con la calidad del agua, como por ejemplo reservorios con control de primera lluvia. Sin duda, la multiplicidad de actores político-administrativos es uno de los factores principales a tener en cuenta y abordar en el trabajo. En la actualidad, esto implica trabajar con el concepto de **resiliencia** que es a su vez cada vez más pertinente en materia de desarrollo de infraestructura para temas de infraestructura (máxime en los casos vinculados con temas de inundación), dado que el concepto clásico de **resistencia** se encuentra cada vez más acotado por las restricciones económicas, de expansión y de interferencias que presentan las grandes urbes.
- Es importante citar que lo antedicho tiene como meta principal evitar lo que se denomina la **circularidad entre asentamiento y drenaje**. Los problemas de drenaje están íntimamente ligados a los procesos de planificación urbana a punto tal que, de no mediar un abordaje integrado de ambas temáticas, asentamiento y drenaje pueden constituir una trampa en el tiempo conducente a un insostenible proceso de inversión de capital y aumento del riesgo hídrico.

2.2 Lineamientos para el Plan Maestro

Como resultado de la experiencia mundial en la reducción de los daños causados por las inundaciones, se ha llegado a la conclusión que la principal estrategia se basa en la implementación de una GESTIÓN O MANEJO INTEGRADO, entendiendo por tal al proceso que articula elementos, medidas y herramientas dirigidas a la gestión de las amenazas y/o la vulnerabilidad con la finalidad de mitigar los riesgos existentes y lograr la adaptación de la sociedad a los mismos.

Esta estrategia fue ratificada durante la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres llevada a cabo en Japón en el año 2005 en la cual se aprobó el Marco de Acción de Hyogo (MAH) que propone cinco áreas prioritarias de acción. Ellas son:

- **Lograr que la reducción del riesgo sea una prioridad:** A fin de garantizar que la reducción del riesgo de inundaciones sea una prioridad en base a una sólida base institucional para su implementación.
- **Conocer el riesgo y adoptar medidas:** Identificar, evaluar y observar de cerca los riesgos e implementar medidas de mitigación y adaptación.
- **Desarrollar una mayor comprensión y concientización:** Utilizar el conocimiento, la innovación y la educación para crear una cultura de la seguridad y la resiliencia a todo nivel.
- **Reducir el riesgo:** Reducir los factores fundamentales del riesgo
- **Estar preparados y listos para actuar:** Fortalecer la preparación frente a las inundaciones a fin de poder brindar una respuesta eficaz a todo nivel.

Este marco de acción general (MAH), para ser efectivo, debe ser traducido de manera operativa en un Plan Específico de Gestión del Riesgo de Inundaciones a nivel de una cuenca que incluya un abanico de medidas integradas como el que se propone. La experiencia indica que la reducción del impacto de las inundaciones en áreas urbanas densamente pobladas, como el Área Metropolitana de Buenos Aires, se basó en la resistencia y control de los excesos hídricos por medio de la construcción de infraestructura como criterio dominante. Esta aproximación, vigente aún en nuestros días, comenzó a cambiar hace aproximadamente 20 años (Gardiner, 1993) como resultado de la aceptación de que el grado de



resistencia logrado, por más grande que sea, siempre es insuficiente, dando lugar a situaciones aún más críticas porque genera una sensación de falsa seguridad en la población.

En consecuencia, el marco conceptual y definición estratégica en el cual se basa el diseño del PMDU surge del paradigma de la Gestión Integrada del Riesgo de las Inundaciones (GIRI), que tiene como meta maximizar los beneficios netos del uso de la infraestructura de mitigación de las inundaciones en combinación con medidas de adaptación destinadas a evitar la pérdida de vidas humanas y la mitigación de los daños a la salud psico-física y a los bienes materiales e intangibles, como consecuencia de la manifestación de los diversos peligros hídricos latentes en la CAM como las lluvias extremas, las sudestadas, los desbordes en las redes de drenaje natural o construidos y la contaminación.

El impacto de una crecida (riesgo hídrico) es prácticamente nulo hasta un determinado grado de resistencia logrado por medio de la infraestructura, pero una vez que la resistencia es vencida los sistemas de protección colapsan abruptamente dando lugar a situaciones aún más graves que las que tendrían lugar si las obras de protección no existieran. A partir de este reconocimiento, la nueva estrategia de gestión del riesgo de inundaciones se basa en la integración de medidas estructurales con otro tipo de medidas centradas en la adaptación y fortalecimiento de la resiliencia individual y colectiva de la sociedad.



Figura 2: Opciones para la mitigación del riesgo hídrico
Fuente: Adaptado de Rivera Trejo, 2011

Las medidas de Gestión del Riesgo de las Inundaciones inspiradas en este nuevo paradigma implican por una parte la mitigación del riesgo, y la evaluación y reducción de la vulnerabilidad desde el punto de vista social como promueve el Marco de Acción de Hyogo 2005-2015 de la Estrategia Internacional para la Reducción de los Riesgos Naturales, sin dejar de considerar una aproximación ecosistémica o eco hidrológica, basada en la aplicación del principio de integridad ecológica.

2.2.1 Lineamientos estratégicos para el PMDU

La Gestión del Riesgo de Inundaciones requiere la adopción de lineamientos estratégicos que sólo pueden ser posibles de implementar cuando se cuenta con un conocimiento y evidencia de la mutua dinámica existente entre una cuenca y las redes de drenaje desde una perspectiva integral. Desde esta visión, la formulación del PMDU aborda los siguientes temas críticos y propone los siguientes lineamientos estratégicos:

Tabla 1. Estrategias para la gestión del riesgo hídrico para el PMDU

Fuente: ch2m

Temas críticos primarios	Temas críticos secundarios	Lineamientos estratégicos
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Amenazas de origen hídrico ✓ Incremento de los niveles de vulnerabilidad de la población 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contaminación de los recursos hídricos (efluentes líquidos y residuos sólidos) ✓ Expansión Urbana precaria ✓ Cobertura de servicios de agua y cloacas 	<ul style="list-style-type: none"> E 1: Mitigación y adaptación frente al riesgo hídrico E 2: Integración de los instrumentos de gestión E 3: Implementación de procesos informados de decisión E 4: Ordenamiento del territorio E 5: Educación y participación

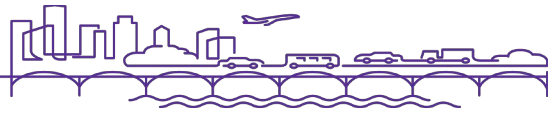


- **Estrategia 1 - Mitigación y adaptación frente al riesgo hídrico:** Esta estrategia está destinada a mejorar las capacidades actuales para mitigar las situaciones extremas que se presentan en la CAM, las cuales se traducen en un aumento de los riesgos y los daños atribuibles a situaciones extremas y la contaminación, en un contexto de cambio climático, mediante medidas estructurales y no estructurales destinadas tanto a mitigar el riesgo hídrico como la vulnerabilidad física y social.
- **Estrategia 2 - Integración de acciones y sistema de gestión:** Mediante esta estrategia se busca promover una integración activa de los instrumentos de gestión existentes con los que sean propuesta en el presente Plan por medio de un fortalecimiento institucional a ser estructurado en torno a un sistema de gestión que abarque un conjunto de normas, procedimientos y herramientas de análisis destinado a facilitar e integrar la gestión integral del territorio en materia de drenaje pluvial.
- **Estrategia 3 - Implementación de procesos informados de decisión:** Mediante esta estrategia se promueve el desarrollo y fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana instalando al más alto nivel de decisión política el convencimiento de que es vital disponer de información confiable y temprana para mitigar la afectación a la población, sobre todo en aquellos lugares con alto grado de vulnerabilidad social.
- **Estrategia 4 - Ordenamiento del territorio:** Mediante esta estrategia se busca sustentar una gestión de la cuenca considerando el riesgo hídrico al que está sujeto para diversas condiciones de borde, definiendo medidas destinadas a minimizar el incremento de la impermeabilidad y zonificar en base al grado de riesgo diferencial de cada sector o barrio.
- **Estrategia 5 - Participación, educación y capacitación:** Mediante esta estrategia se busca promover la participación de los actores clave en la implementación de las medidas estructurales y no estructurales, así como promover estrategias de educación ambiental formal y no formal en todos los niveles, así como la capacitación de los diversos actores sobre los riesgos de inundaciones a los cuales están sujetos para un fortalecimiento individual y colectivo de la resiliencia.

2.2.2 Planeamiento urbano regional

La visión estratégica que inspirará la formulación del PMDU es la de la SUSTENTABILIDAD, que permitirá la elaboración de un instrumento integrador de los procesos de planeamiento y considerará los siguientes principios:

- Promover el manejo tal de los RSU que, al implicar reuso, reducción y reciclado, minimicen, como uno de sus subproductos, la interferencia con el sistema pluvial, evitando la obstrucción de conductos y canales. A este mismo fin contribuirá una educación de los ciudadanos en el manejo responsable de los desechos.
- Promover, en las vías públicas, tanto vehiculares como peatonales, el reemplazo progresivo de porciones de pavimentos impermeables por pavimentos parcialmente absorbentes cubiertos de vegetación. Esto podría implementarse en vías de bajo tránsito vehicular y en vías peatonales. Esto ayudará a aumentar la capacidad absorbente en los propios sitios de las precipitaciones.
- Promover, también en las vías públicas y otros espacios públicos abiertos que se incorpore, vegetación arbórea, utilizando especies, que, entre otros servicios ambientales, actúe con sus copas como ralentizador de las precipitaciones. Con el mismo objetivo, se deberá evaluar, asimismo, la posibilidad de utilizar pavimentos rugosos, donde no sea posible instalar los parcialmente absorbentes cubiertos de vegetación.



- Promover cubiertas verdes y fondos libres vegetados en los edificios públicos y privados, a fin de generar, entre otros servicios ambientales, absorción de parte de las precipitaciones. Complementariamente, promover en los mismos tipos de edificios tanques acumuladores o patios rehundidos que permitan no solamente ralentizar el drenaje pluvial, sino también aprovecharlas como aguas grises de uso sanitario, favoreciendo, de paso, una menor demanda de energía y otros insumos para potabilización y transporte de agua potable. Se promoverá que para los bombeos necesarios a estos últimos fines se utilicen energías alternativas generadas in situ, como paneles fotovoltaicos.



Antecedentes

3.1 Antecedentes históricos en materia de inundaciones

3.1.1 Buenos Aires y las Inundaciones

Las inundaciones representan el principal riesgo de origen natural de la ciudad de Buenos Aires y su área metropolitana. En las últimas décadas, algunos puntos de la ciudad se inundan casi todos los años, generando grandes trastornos.

Hasta la elaboración del PDOH, la inundación más desastrosa fue la ocurrida el 24 de enero de 2001, originada en una tormenta a la que correspondería una recurrencia mayor de 100 años. Sucesivas inundaciones han puesto en evidencia el grado de fragilidad o vulnerabilidad en el que vive parte de la población de la cuenca. Así fue como unos años más tarde, en el trágico temporal del 1° y 2 de abril de 2013, el Arroyo Medrano se desbordó e inundó diversos barrios de la CABA y Provincia de Buenos Aires y éste fue considerado un evento bisagra en la toma de decisiones de la cuenca del Arroyo Medrano. Según el Servicio Meteorológico Nacional, entre el 1 y el 2 de abril de 2013 se registraron importantes valores de precipitación en algunas localidades de la Provincia de Buenos Aires, superando en algunos casos tanto los valores normales mensuales como el récord histórico registrado en 24 horas. Este evento se caracterizó por una lámina total de 159mm en 12 horas con intensidad máxima de 54mm/hr.

Las inundaciones ocasionan daños y pérdidas severas a propiedades privadas y públicas, disminuyen el valor de los bienes raíces y afectan la actividad económica, ya que paralizan la ciudad con interrupciones en la red de transporte, los servicios eléctricos y de teléfono. Entre otros efectos, también impiden la provisión de los servicios de educación y de salud. Todos estos factores afectan las condiciones de vida, causan angustia y contribuyen a aumentar la vulnerabilidad social de la población afectada. Las inundaciones también llegan a poner en riesgo la vida, en especial para la población de más de 70 o de menos de 6 años.

Se espera que los proyectos que surjan del PMDU de la CAM mitiguen los efectos que las inundaciones producen en las vidas de mas de 500 mil personas que viven en la cuenca.

Los principales factores que inciden en la ocurrencia de las inundaciones en la cuenca son:

- La gran impermeabilización de la cuenca ha contribuido a eliminar la capacidad de retención del suelo ocasionando que sólo un bajo porcentaje del agua caída ingrese al suelo por infiltración y en consecuencia ha aumentado el caudal y la velocidad de escurrimiento superficial.
- Asimismo, ha habido una gran disminución del arbolado de la cuenca en las últimas décadas, quedando solo algunos espacios verdes con arbolado maduro en parques y campos de golf. El arbolado sólo volvió a incrementarse desde hace escasos años con la creación de pequeños espacios públicos, por lo que muchos de los árboles de la cuenca son demasiado jóvenes para dar un follaje significativo como para detener agua de lluvia antes que llegue al suelo.
- Otro de los factores que agrava la inundación en algunas zonas es la eliminación de los cordones-cuneta y el aumento del nivel o altura de las calles por repavimentación; también la falta de limpieza de los sumideros por donde ingresan las aguas de lluvia a las redes.



- La obstrucción de los sumideros se agrava, aún ante precipitaciones de baja intensidad, con el arrastre de las bolsas de residuos domiciliarios que aún hoy, en algunas localidades de la cuenca, son depositados directamente en las aceras para su recolección nocturna diaria. A esta situación se suma la creciente práctica de recuperación informal de residuos potencialmente reciclables, que deriva en general en dispersión del contenido inutilizable en las aceras y calzadas.
- La situación deficitaria de la red de desagües se debe, entre otros factores, a la falta de inversión y mantenimiento de la infraestructura urbana en general.
- Otro factor influyente en el funcionamiento de los sistemas de desagüe tiene que ver con los niveles de la napa freática, los cuales en algunos sectores de la cuenca están muy cerca de la superficie, reduciendo la capacidad filtrante de los suelos y aumentando así el escurrimiento superficial.

En lo que respecta a las inundaciones y la regulación urbana, una de las causas fundamentales que transforma la amenaza de tormentas o sudestadas en un riesgo concreto y luego en un desastre, se debe fundamentalmente a las deficiencias de la legislación referida a Uso y Ocupación del Suelo, tanto en la capital como en la provincia de Buenos Aires. Los procesos de urbanización y densificación fueron ocurriendo por una fuerte presión de la demanda poblacional, que en los comienzos se correspondió con loteos o subdivisiones sin servicios y careciendo de instrumentos que pudieran considerar las tierras inundables. En los últimos años, esta puja por el espacio determinó a su vez la oportunidad para el desarrollo de un mercado inmobiliario altamente especulativo, sin la planificación urbanística adecuada para equilibrar este proceso.

La regulación urbana tanto en la provincia como en la ciudad de Buenos Aires no tiene en consideración la protección de áreas inundables, dejando que la población ocupe tierras anegables o densificando e impermeabilizando el suelo, sin previsiones para mitigar su impacto o cubrir nuevas demandas de infraestructura de desagües pluviales y de otros servicios urbanos. La intervención del Estado en implementar instrumentos de regulación de la construcción ha sido escasa y sin considerar la situación de riesgo por inundación.

El Código de Edificación ha reglamentado la construcción de la Ciudad de Buenos Aires desde el año 1944 hasta 1977, el año de la implementación del Código de Planeamiento y de un nuevo Código de Construcción. Por lo tanto, fue el instrumento que más influencia directa ha tenido sobre la ciudad como un todo. En el año 2017 se está planteando una nueva modificación al Código de Edificación que promete cambios que tenderán a mejorar algunos aspectos en lo que respecta al diseño sustentable y probablemente sea un documento que emular por municipios en el conurbano.

Los sucesivos cambios de Código de Planeamiento desde 1977 a la fecha y las excepciones, definieron modificaciones en la dinámica de la construcción en la ciudad, sin haberse estudiado los impactos que traerán sobre algunos aspectos ambientales, tales como la colmatación de la infraestructura por el aumento de densidad poblacional y la consecuente impermeabilización del suelo urbano, sin un estudio de la capacidad de las redes de agua corriente, desagües cloacales y pluviales existentes ni de los impactos sobre las áreas históricamente inundables de la ciudad.

En el Tomo III, Diagnóstico Integrado, se desarrolla con mayor detalle el análisis de los instrumentos de regulación urbana tanto para los Partidos de Tres de Febrero, San Martín y Vicente López en Provincia de Bs. As., como para la Ciudad de Buenos Aires.

Por lo anteriormente expuesto, sigue siendo vigente la apreciación del PDOH 2006 que las ordenanzas del uso y ocupación del suelo no han sido contempladas o debidamente cumplidas



en la reglamentación urbanística del área por muchos años. El intensivo proceso de ocupación actual, el elevado costo de la tierra en las zonas centrales, el déficit de viviendas y la gran resistencia urbana al desarrollo de procesos de renovación en estas áreas determinaría una seria restricción para la modificación de las pautas de poblamiento a futuro como medida mitigatoria de los impactos de las inundaciones.

3.2 Antecedentes institucionales en materia de manejo del sistema de desagües de la Cuenca

En la Cuenca del Arroyo Medrano, el sistema de desagües pluviales y cloacales, junto con la red de provisión de agua potable fueron proyectados y ejecutados en lo que se conoce como la segunda etapa de la Ciudad de Buenos Aires, correspondiendo a las obras del “radio nuevo”, definido en 1908 cuando se proyectó la extensión de los servicios de saneamiento. Las obras se proyectaron e iniciaron en 1919 y se completaron en las décadas del 30 al 40.

La densificación de la ciudad y del conurbano guarda estrecha relación con las inundaciones. En el contexto de una fuerte inmigración que termina en 1930 tiene lugar un proceso caracterizado por la dispersión residencial, la redistribución de la población y un aumento de la superficie de la aglomeración. Este proceso de suburbanización tiene como destinatarios a los barrios que a principios del siglo XX componían el radio nuevo y se levantaron sobre la traza de la nueva red de desagües, como ser barrios situados parcialmente en las cuencas de los arroyos entubados, como es el caso del Medrano, cuyo emisario principal fue entubado en el año 1938 desde el límite provincial en Av. Gral. Paz hasta la desembocadura. Completan el sistema de drenaje actual de la cuenca, tanto en la ciudad como en la provincia, áreas de atenuación/amortiguación, conductos aliviadores, una red de conductos de orden menor y la red de calles, las cuales seguirán siendo un factor de primordial importancia en el encauzamiento del agua de lluvia a los sumideros y para la conducción de los excedentes de escorrentía que no son captados o conducidos por el sistema pluvial subterráneo.

A partir de la formulación del PDOH en la Ciudad de Buenos Aires en 2006, se pudieron sentar las bases para una planificación integral en materia hídrica, permitiendo establecer una visión estratégica para mejorar el nivel de protección de los habitantes de la ciudad y mitigar los efectos provocados por las inundaciones.

Al PDOH le siguió el Programa de Gestión de Riesgo Hídrico (PGRH), el cual tenía como objetivo llevar adelante lo emanado del Plan Director. Finalizado el PGRH en el año 2013, se crea la Unidad de Proyectos Especiales del Plan Hidráulico (UPEPH), cuyos objetivos son continuar con lo proyectado en el PDOH y lo realizado en el PGRH y el desarrollo de cualquier otro proyecto que no haya estado contemplado en ambos planes.

Mientras tanto, la parte del sistema pluvial del Medrano que se encuentra en el lado de Provincia de Buenos Aires no ha tenido grandes cambios en lo que respecta al manejo de sus sistemas pluviales, el cual queda en manos de los municipios para su mantenimiento y mejoras, y dependiendo de sus finanzas han podido llevar a cabo obras con fondos municipales o, en su defecto, financiadas a través del Ministerio de Infraestructuras y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires.

En los últimos años, la novedad más sobresaliente en cuanto al manejo integral de la cuenca ha sido la creación del “Comité Interjurisdiccional de la Cuenca del Arroyo Medrano” (CICAM).

En los siguientes capítulos se detalla lo mencionado anteriormente.



3.2.1 Planes y Programas preexistentes en el ámbito de la Ciudad de Buenos Aires (CABA)

En el ámbito de la CABA existieron varios Planes y Programas destinados a abordar, entre otros, el problema de las inundaciones en el ámbito de la Cuenca del Arroyo Medrano. Estos son el **Plan Director de Ordenamiento Hidráulico (PDOH)** que se desarrolló entre 2001 y 2006; el **Programa de Gestión del Riego Hídrico (PGRH)** ente 2006 y 2013 y el **Plan Hidráulico** que se aprobó en 2014 y le da continuidad al PDOH y al PGRH, además de incorporar nuevas acciones.

3.2.1.1 Plan Director de Ordenamiento Hidráulico (PDOH)

En **1998** la **ley 93** autorizó el préstamo BIRF 4117-AR para financiar un Proyecto de protección contra las inundaciones que incluía:

- ✓ mapas de vulnerabilidad con áreas de riesgo de inundación,
- ✓ análisis de riesgo,
- ✓ identificación y priorización de medidas de mitigación estructurales y no estructurales,
- ✓ actualización y adecuación de las normas de planeamiento urbano y códigos de edificación de acuerdo con los mapas de vulnerabilidad y riesgo hídrico;
- ✓ gestión de RSU, con un nuevo sistema de recolección de residuos y barrido de calles para evitar las obstrucciones causadas por los residuos en los drenajes urbanos;
- ✓ planeamiento de espacios verdes y arbolado;
- ✓ comunicación y educación ambiental hídrica para crear una sociedad preparada para el riesgo hídrico;
- ✓ capacitación y organización institucional sustentable para prevenir y mitigar los desastres;

Implementación del Plan Director de Ordenamiento Hidráulico.

Con este préstamo se desarrolló el **Plan Director de Ordenamiento Hidráulico (PDOH)** y control de las inundaciones de la Ciudad de Buenos Aires” y el “Proyecto Ejecutivo para la Cuenca del Arroyo Maldonado” entre **2001 y 2006**.

Este constituyó el primer documento de planificación integral de la Ciudad en materia hídrica. El mismo permitió guiar y conducir la visión estratégica del Gobierno de la Ciudad para mejorar el nivel de protección de sus habitantes y mitigar los efectos de los problemas causados por las inundaciones.

El PDOH tuvo como resultado:

- ✓ Diagnóstico,
- ✓ Diseño de Medidas Estructurales y No Estructurales para todas las cuencas de la Ciudad a nivel anteproyecto,
- ✓ Proyecto ejecutivo de las obras para la Cuenca del Arroyo Maldonado;

Anteproyectos para las restantes cuencas de la CABA y Diseño de un Sistema de Gestión Sectorial.

El Plan Director de Ordenamiento Hidráulico incluyó la evaluación del grado de vulnerabilidad de la cuenca comprendiendo la vulnerabilidad socioeconómica de la población, la vulnerabilidad



del medio ambiente y de la infraestructura urbana frente a las inundaciones. En esta evaluación se estableció una escala relativa de afectación sobre la base de propiedades intrínsecas o externas a los individuos e infraestructura que los podría hacer más o menos “resistentes” o “vulnerables” a las inundaciones para lo cual se efectuó en cuanto a vulnerabilidad social se refiere, la clasificación de la población en función de su nivel socioeconómico y/o su edad como estimadores del nivel de vulnerabilidad/fragilidad de la población.

En el análisis de riesgo se identificaron y utilizaron como criterios de vulnerabilidad social, los siguientes

- Cantidad de la población con más de 65 años
- Cantidad de la población con nivel socioeconómico bajo
- Cantidad de población afectada por un evento de 100 años de recurrencia

Estos indicadores se incorporaron, junto a criterios de exposición y peligro en la Matriz de Riesgo.

La principal conclusión emanada del PDOH fue la insuficiencia de conducción, tanto de los emisarios troncales de las principales cuencas como de la red de conductos secundarios. Es así como se identificaron las alternativas de obras, bajo el objetivo de mejorar el nivel de protección y reducir los daños. Las opciones analizadas tuvieron como uno de sus criterios de diseño la protección contra inundaciones para eventos de precipitación de 10 años de recurrencia. Vale aclarar que la Ciudad soportaba precipitaciones de 2 años de recurrencia, lo que, una vez finalizadas las obras del PDOH, quintuplicaría la capacidad de conducción pluvial. Continuando este criterio, se consideraron prioritarias las obras en la Cuenca del Arroyo Maldonado y se proyectaron dos túneles aliviadores y 46 km de conductos secundarios, con los cuales quedarían resueltos los eventos de inundación para una recurrencia de 10 años y las mitigarían para recurrencias mayores.

3.2.1.2 Programa de Gestión del Riego Hídrico (PGRH)

En **2005** la **ley 1660** autorizó al Poder Ejecutivo a suscribir un convenio de préstamo con el BIRF para la financiación del programa denominado “**Programa de Gestión del Riego Hídrico (PGRH)**” también desarrollado con la asistencia técnica y financiera a través del Préstamo BIRF 4117- AR. Bajo el objetivo de fortalecer el sistema de prevención de inundaciones de la Ciudad de Buenos Aires en forma integral, el componente estructural concentra la ejecución de obras en la cuenca del Arroyo Maldonado y la preparación de proyectos ejecutivos en el resto de las cuencas y el componente no estructural del Programa se extiende a todo el territorio de la Ciudad.

El componente de Medidas No Estructurales, que complementa las inversiones en infraestructura, agrupa un conjunto de subcomponentes destinados a abordar la problemática de las inundaciones de modo integral a través de: prevención, ajustes en la normativa, comunicación y educación ambiental hídrica, planificación de la gestión de los residuos, espacios verdes y arbolado público.

El PGRH dio como resultado en el ámbito de la Cuenca la ejecución de la obra “Túneles Aliviadores para la Cuenca del Arroyo Maldonado” que resolvió las inundaciones causadas por eventos de lluvias de 10 años de recurrencia y mitigó los daños causados por recurrencias superiores. La obra incluyó 2 túneles aliviadores del emisario principal del A° Maldonado, de 6,90 m de diámetro interior y 4.565 m y 9.850 m de longitud, respectivamente y 13 de los 46 km previstos de conductos secundarios.

Además, el PGRH generó el diseño del Plan Maestro de Gestión de los Espacios Verdes y Plan Maestro de Arbolado Público Lineal para la CABA.



3.2.1.3 Plan Hidráulico. Continuación del PDOH y PGRH

El **Plan Hidráulico** aprobado por **Decretos 453/14 y 141/16** tiene por objeto continuar con lo proyectado en el PDOH y lo realizado en el PGRH finalizados en 2013 e incorporar proyectos y obras que no estaban contemplados en ninguno de esos dos planes.

El Decreto 453/14 crea la Unidad de Proyectos Especiales Plan Hidráulico (UPEPH), cuyos objetivos son:

(a) Diseñar e implementar procesos de selección de co - contratantes y la contratación, ejecución, control, seguimiento, fiscalización y conclusión definitiva de la totalidad de las medidas estructurales y no estructurales, estudios y obras que integran el Programa de Gestión del Riesgo Hídrico, el Plan Director de Ordenamiento Hidráulico de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, las Obras del Segundo Emisario del A° Vega y las que se proyecten para las restantes Cuencas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

(b) Ejecutar el Programa de Gestión del Riesgo Hídrico (PGRH) y el Plan Director de Ordenamiento Hidráulico (PDOH) de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, coordinando el uso de sus recursos y efectuando su control y seguimiento.

3.2.2 Plan Nacional del Agua (PNA)

En el ámbito nacional, la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, elaboró el Plan Nacional del Agua como instrumento de planificación para maximizar la función económica, ambiental y social del agua. Sus objetivos son: Proveer de agua potable y saneamiento a todos los habitantes del país, Proteger a la población frente a las inundaciones y las sequías, Promover el desarrollo productivo teniendo como base el riego, Ejecutar proyectos de aprovechamiento y preservación de recursos hídricos.

El PNA consta de 4 ejes de acción: (1) Agua y saneamiento, (2) Adaptación a extremos climáticos (éste es el eje que contempla las medidas de control de las inundaciones), (3) Agua para la producción y (4) Aprovechamiento multipropósito de la biomasa. A su vez, dentro de esos ejes existen ejes transversales, que son: preservación de los recursos hídricos, fortalecimiento de capacidades, innovación y participación.

En el marco del Plan Nacional del Agua y, dentro del eje de adaptación a extremos climáticos, se prevé la formulación del Plan Maestro de Drenaje Urbano para la cuenca del Arroyo Medrano, ahora con un enfoque Inter jurisdiccional.

3.2.3 La acción ciudadana en el ámbito de la CAM. ¿Qué reclaman los vecinos?

La Asamblea de Vecinos Inundados de Saavedra www.asambleasaavedra.com.ar se conformó en diciembre de 2012 como respuesta ante las recurrentes inundaciones en la Cuenca y, en particular, como respuesta a la inundación del 6 de diciembre de 2012 que afectó a miles de vecinos en la zona. Motivados por las catastróficas consecuencias de una posterior inundación registrada el 2 de abril de 2013 en la Cuenca del Arroyo Medrano, que provocó la muerte de 6 personas además de innumerables daños materiales, otros movimientos vecinales, como los vecinos del Barrio Mitre, se consolidaron en la Asamblea de vecinos de Saavedra y promovieron acciones concretas.

Es importante destacar aquí la importancia de la participación pública y la incidencia de los vecinos damnificados que exigieron la acción por parte del estado. Lo hicieron a través de



marchas, trabajo participativo, reclamos y denuncias presentadas entre julio de 2013 y julio de 2016, ante el Jefe de Gobierno y distintas dependencias públicas del Poder Ejecutivo, la Legislatura y la Defensoría del Pueblo de la Ciudad, respectivamente.¹

En los mencionados reclamos recurrentes, los vecinos exigen:

- Limpieza y dragado del arroyo Medrano entubado.
- Mantenimiento de la infraestructura de los drenajes pluviales: entubamiento principal, conductos secundarios y sumideros.
- Cese de barreras arquitectónicas que dificultan o impiden el escurrimiento (Tecnópolis, DOT, ensanchamiento autovía General Paz). Prohibición absoluta de obras en espacios verdes que disminuyan su permeabilidad.
- Construcción de reservorios a cielo abierto en los terrenos ferroviarios de Palermo y Liniers. Conclusión del reservorio de Parque Sarmiento. Incorporar la participación de los vecinos para que puedan aportar y controlar la ejecución de la obra. Verificación del reservorio que debió haber construido el DOT.
- Puesta en marcha de un **Plan para la solución definitiva e integral de las inundaciones del Arroyo Medrano** con la participación en la elaboración del proyecto y en el control de su ejecución de organizaciones y asambleas. Rechazan la solución del túnel aliviador que implicaría años de obras, altísimo costo y dudosa eficacia.
- Elaboración de un **Plan de contingencias y alerta temprana** de inundaciones, con participación de asambleas y organizaciones sociales.
- Constitución de un **Comité de Cuenca Interjurisdiccional** con participación real de las organizaciones y asambleas vecinales.
- Control del Gobierno en el cumplimiento de las normas, los planes y programas.
- Participación ciudadana real, en tiempo y forma.
- Eximición del pago de ABL en las zonas afectadas hasta la concreción y finalización de las obras estructurales.

3.2.4 El rol de la Defensoría del Pueblo

Uno de los reclamos más importantes de los vecinos auto convocados, que resume y reúne la larga historia de reclamos, con un orden lógico y calidad técnica destacable, es la Denuncia efectuada ante la Defensoría del Pueblo de la Ciudad de Buenos Aires a cargo de Alejandro Amor, registrada bajo la **Actuación Nº 1588/14**, en mayo de 2014.

¹ [Presentación jefe de gobierno CABA 2 de Julio de 2013](#); [Carta Abierta a los Legisladores CABA a un año de la inundación del 2 de abril de 2013](#); [Compromiso Legisladores CABA a un año de la inundación del 2 de abril de 2013](#); [Denuncia realizada por los Vecinos Inundados de la Asamblea Saavedra y Barrio Mitre al Defensor del Pueblo de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires](#); [Resolución Defensor del Pueblo de la Ciudad Bs As, denuncia realizada por los Vecinos Inundados Asamblea Saavedra y Barrio Mitre](#); [Resolución Defensor del Pueblo de la Nación – Comité de Cuenca arroyo Medrano y obras en Gral Paz](#); [Nueva denuncia presentada al Defensor del Pueblo de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires el 5 de julio de 2016](#).



En respuesta a este reclamo, el Defensor del Pueblo de la CABA, a través de la **Resolución 0380/14** efectuó una serie de recomendaciones dirigidas a las autoridades competentes de cada área de la CABA respectivamente.

- Al **Ministro de Desarrollo Urbano** de la CABA (Daniel Chain), le recomienda: Materializar las obras y medidas no estructurales establecidas en el **Programa de Gestión del Riego Hídrico de la CABA (Ley 1660, Anexo I)**; Informar sobre el grado de avance de las obras del Reservorio en Parque Sarmiento; Establecer el reglamento de funcionamiento interno y operación del Comité Hídrico Interjurisdiccional del Arroyo Medrano (CHIAM), incorporando en el mismo “la participación ciudadana, ampliamente reclamada por los vecinos de la Ciudad”; Arbitrar los medios necesarios para garantizar que las nuevas obras a realizarse (paso bajo nivel del Ferrocarril Mitre en Av. Balbín y Metrobus sobre Av. Cabildo) no generen nuevas barreras arquitectónicas al escurrimiento; Poner en conocimiento de todos los vecinos, los Mapas de Riesgo Hídrico con recurrencia de 10 años.
- Al **Ministro de Ambiente y Espacio Público** (Edgardo Cenzón), le recomienda: la desobstrucción, limpieza y dragado del entubamiento del Arroyo Medrano y la gestión temprana y preventiva de recolección de residuos ante alertas meteorológicas.
- Al **Subsecretario de Emergencias del GCABA** le recomienda la elaboración participativa de Planes de Acción ante emergencias.

Por su parte, el **Defensor del Pueblo de la Nación**, en respuesta a la **Actuación 2502/13** sobre el impacto ambiental derivado de las obras de ampliación de la Av. General Paz, exhortó a través de la **Resolución 92/2015** a la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires y a la Dirección de Infraestructura de la CABA a la integración urgente del Comité Interjurisdiccional de Cuenca del Arroyo Medrano - CICAM. Asimismo, exhortó a la DNV a otorgar el certificado de aptitud ambiental y poner a disposición las EIAs, para facilitar las obras a su cargo.

3.2.5 El Comité de Cuenca del Arroyo Medrano – CICAM. Antecedentes institucionales

En respuesta a las graves inundaciones registradas en el ámbito de la Cuenca del arroyo Medrano, especialmente las del 6 de diciembre de 2012 y del 2 de abril de 2013, respectivamente, surgieron sendas iniciativas de institucionalización de organismos de Cuenca para dar respuesta a las mismas.

La primera de ellas fue la creación del **Comité de la Cuenca Hídrica del Arroyo Medrano en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires**, por [Resolución ADA 189/13](#) del 30 de mayo de 2013, homologada por Resolución ADA 32/2014,c, constituido por los tres municipios que forman parte del mismo: San Martín, Tres de Febrero y Vicente López, y de acuerdo con lo estipulado por el Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires, **Ley 12.257**.

En el ámbito Interjurisdiccional, el **19 de marzo de 2014**, se firmó un **Acta Acuerdo** entre la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (Daniel Corolli) y la Dirección General de Infraestructura de la CABA (Daniel Capdevila), con el objeto de buscar *soluciones orgánicas y progresivas para afrontar el problema de las inundaciones que afectan la cuenca de manera integral*, y, considerando que las mismas deben *acordarse y coordinarse entre las dos jurisdicciones*, se acordó la necesidad de constituir un **Comité de cuenca Interjurisdiccional en los términos de la ley 25.688**.

Casi un año y medio más tarde, en **julio de 2015** se firmó el **Acta de Creación de un Comité Interjurisdiccional de Gestión de la Cuenca Hídrica del Arroyo Medrano**, entre la SSRH de la



Nación (Edgardo Bortolozzi), el Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires (Alejandro Arlía) y el Ministerio de Gobierno de la CABA (Emilio Monzó).

Medio año más tarde, el **22 de febrero de 2016**, se celebró una nueva Acta constitutiva, para crear el **Comité Interjurisdiccional de la Cuenca del Arroyo Medrano – CICAM**, esta vez entre la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Pablo Bererciartua), el Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires (Edgardo Cenzón), y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Transporte de la Ciudad de Buenos Aires (Franco Moccia).

3.2.6 Conclusiones sobre el actual estatus jurídico del CICAM

En el ámbito de la provincia de Buenos Aires existe un comité de Cuenca adecuadamente constituido de acuerdo con las normas vigentes, e integrado por los tres municipios que la conforman. El mismo tiene funciones asignadas, tiene capacidad patrimonial, prevé un sistema de gobierno y un procedimiento para la toma de decisiones.

Sin embargo, al tratarse de una Cuenca Inter jurisdiccional integrada en algo más de un 30% de su extensión por la Ciudad de Buenos Aires, consideramos adecuado contar con un organismo de cuenca Inter jurisdiccional para atender y resolver articuladamente los asuntos compartidos. También nos parece acertada la intervención de la SSRH con una función facilitadora y de coordinación, con el objeto de armonizar las posiciones de las partes.

En esa línea, se celebraron el referido acuerdo de marzo de 2014, que estableció la necesidad de crear un organismo Inter jurisdiccional, y las actas de creación del Comité Interjurisdiccional (CICAM) de julio de 2015 y de febrero de 2016, respectivamente. Por el momento no hemos tenido acceso a ésta última, pero debería verificarse que la misma anule a la anterior o, a menos, revisarse la posible superposición o contradicción con el acta de creación de fecha julio de 2015.

En definitiva, de acuerdo con la información disponible, advertimos que el CICAM no cuenta con una norma que lo apruebe, ni con un reglamento o estatuto de funcionamiento interno. Básicamente, se trata de una instancia de coordinación sin facultades para emitir opiniones vinculantes, ni tampoco para ejecutar acciones concretas más allá de las competencias propias de cada uno de sus integrantes. La falta de institucionalización de este Comité dificulta también asegurar una adecuada participación pública en el direccionamiento y control de gestión de la entidad.

Puede destacarse como elemento positivo, una escala de subcuenca manejable donde pueden desarrollarse acciones concretas, como por ejemplo la identificación de descargas, gestión eficaz de stakeholders, articulación eficiente con super-estructuras institucionales. Pero todo ello requiere de una cierta capacidad de operación que a la fecha no está dada.

Por tal motivo, se considera al CICAM como una estructura en proceso de gestación que debe considerar instancias efectivas de institucionalización y desarrollo, y que, debiera tener en cuenta e integrar a su funcionamiento, al Comité creado en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires por Resolución ADA 189/13 y 32/15. Así como, a través del mismo, a los municipios que lo integran. Para los cuales, considerando especialmente el cúmulo de atribuciones municipales relacionadas con las inundaciones en el ámbito de la Cuenca, debería prever instancias propias de participación.

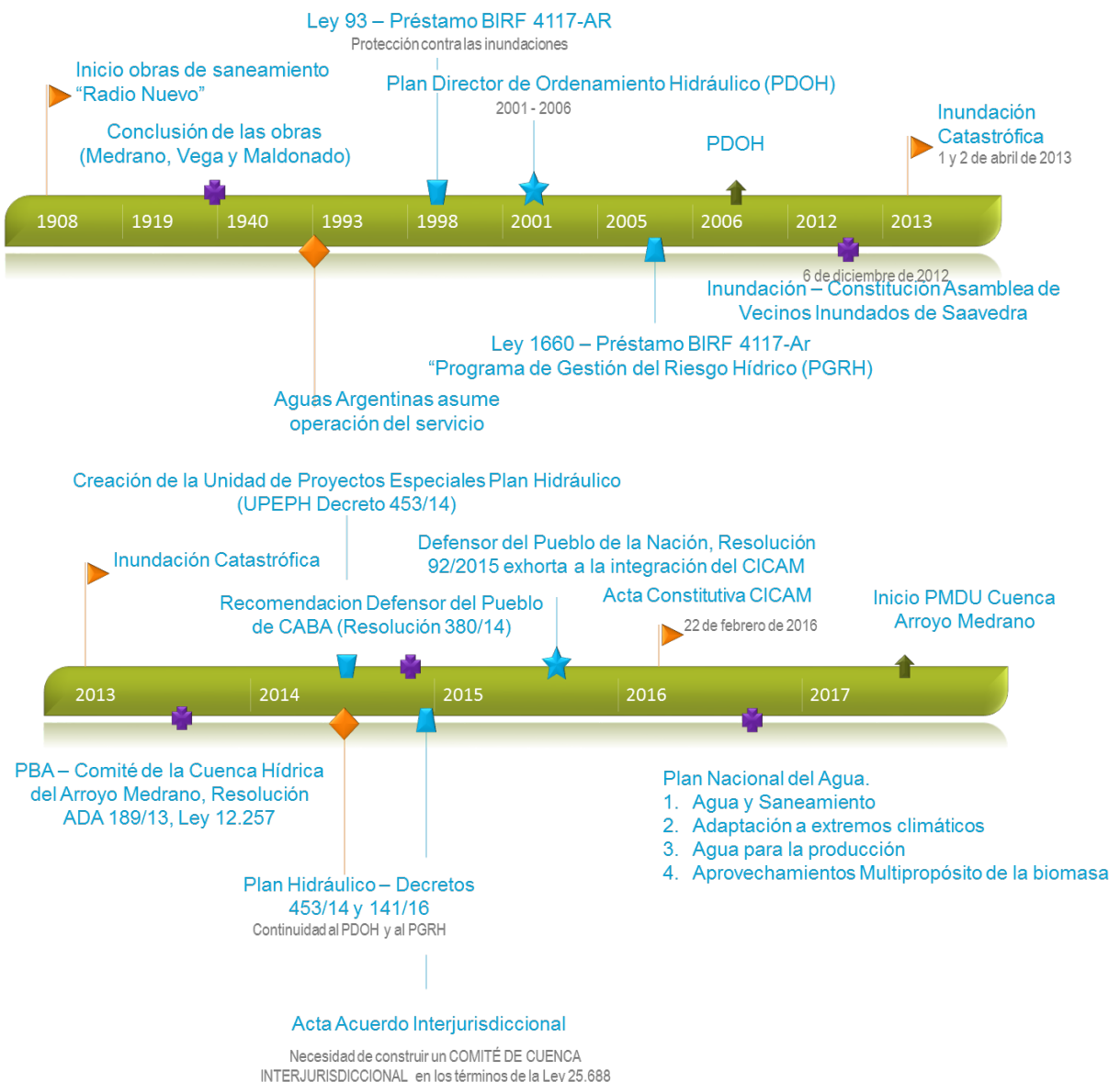
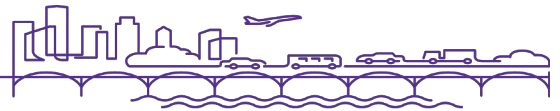


Figura 3: Línea de tiempo de Planes y Programas en la Cuenca del Arroyo Medrano

Fuente: ch2m

3.3 Antecedentes de estudios e hitos claves en materia de inversiones y desarrollo de infraestructura del sistema de desagües pluviales en la Cuenca

El antecedente reciente más significativo en materia de manejo del sistema de desagües para la CAM es la elaboración del PDOH, el cual fue concluido en el año 2006 y tuvo como hitos / antecedentes históricos a los que figuran en el siguiente cuadro resumen.

Tabla 2. Antecedentes Históricos pre - PDOH

Fuente: PDOH 2006

Año	Suceso
1867	Se crea la Comisión de Agua Corrientes, Drenajes cloacales y Adoquinados de la CBA por parte del Gobierno de la provincia de Buenos Aires
1869	Primera etapa del sistema combinado de desagües pluviales y cloacales (Radio Antiguo)
1870	Ley provincial del 26 de septiembre amplía considerablemente las atribuciones de la Comisión encargada de las aguas corrientes, autoriza la construcción de obras para proveer a la ciudad de Buenos Aires de agua corriente, caños de desagües y cloacas
1870	Por encargo Comisión Provincial de Agua corriente, Drenajes, Cloacales y Adoquinados de la Ciudad de Buenos Aires se elabora el Proyecto de obras de provisión de aguas y de desagües cloacales y pluviales
1873	Construye el sistema mixto pluvial cloacal
1873 a 1905	Comienzan las obras del proyecto de obras de provisión de aguas y de desagües cloacales y pluviales en el denominado Radio Antiguo
1880	Buenos Aires pasa a ser Capital de la Nación Argentina y se crea la Comisión de las Obras de Salubridad (1887-1891)
1895-1914	Acceso a la propiedad urbana (facilita el proceso de suburbanización)
1903	Adquiere categoría de Dirección General de la Comisión de Obras de Salubridad
1908	Se define el Radio Nuevo, cuando se proyectó la extensión de los servicios de saneamiento (provisión de agua potable y cloacas) situada fuera del Plan Bateman
1908	Proyecto de Saneamiento (Agustín González) fue encarada por la Dirección General de Obras de Salubridad de la Nación, no consideraba en principio las obras de desagües pluviales.
1909	Plan elaborado por Bouvard. El plan toma en cuenta la topografía, conocimiento urbano de cuencas y de inundaciones
1910	Ley Nro. 6385 da inicio de ejecución de obras del proyecto González "Saneamiento del territorio de la Capital Federal"
1912	Obra de Rectificación y Canalización Preliminar del Arroyo Vega
1912	Se inicia las obras anteriores aprobadas en 1870
1912	Crea una organización autárquica con el nombre de Obras Sanitarias de la Nación (Ley Nacional 8889)
1915	Informe del Ingeniero Eduardo Huergo sobre Rectificación Canalización del Riachuelo



1918	Se define el Proyecto General de desagües de la Capital Federal de OSN
1918	Se define el Proyecto General de desagües de la Capital Federal de OSN que comprende el sistema de desagüe del radio Nuevo de Buenos Aires, un programa de obras complementarias al radio Antiguo, incorporando Barracas y la Boca.
1919	En el mes de septiembre se aprueba el proyecto del Radio Nuevo por medio del decreto del Poder Ejecutivo de la Nación.
12/09/1919	Se aprueba el proyecto general de Obras de desagües pluviales de Buenos Aires
1919	Inicio de las Obras del Radio Nuevo
1923	Se reemplaza el Plan de 1908 (Plan de Saneamiento Agustín González) por uno más amplio
1923	La Comisión de estética edilicia presidida por el Intendente Municipal elabora el Plan de Estética para la Ciudad de Buenos Aires
1925	La cámara de diputados aprueba, pero con modificaciones en la financiación propuesta del proyecto
1925	Se aprueba el proyecto Plan Pascual por el Poder Ejecutivo (25 de septiembre). Comprende: desagües complementarios del radio antiguo, cuenca del Arroyo Maldonado y cuenca del Arroyo Vega.
1925	Se da a conocer el Plan de Estética
1926	La Ley Nro. 11.333 establece el plan de trabajo del Plan Pascual para los años 1926-27 y 28
1927	Comienzan los trabajos del Plan Parcial
Últimos años de la década de 1930	Concreta la conformación de la Comisión del Código de la Edificación
1930	Decreció las actividades de la obra del Plan Pascual a causa de la crisis económica
1930	Se modifica la traza del emisario principal por ordenanza del 26 de mayo
1930-1940	Se completan las obras del Radio Nuevo incluyendo emisarios Medrano, Vega y Maldonado.
1931	Paralización de las obras del Plan Parcial por un año
1932	En el mes de septiembre se reanudan las obras del Plan Parcial
1933	Finale de 1933 las obras del Plan Parcial están prácticamente terminadas
1933	Sanciona la Ley Nro 11.744 autorizando la construcción de obras de desagües pluviales de la CBA y establece sistema tarifario
1934	En Enero el Poder Ejecutivo dictó el decreto aprobatorio del Plan General presentado por OSN para ejecutar la totalidad de las obras de desagües. Tenía plazo de ejecución 5 años y un presupuesto de 120 millones de pesos para lo que se dispuso la emisión de bonos
1936	En el mes de Junio OSN dio origen al decreto del PE que dispuso la licitación de las obras de 6 secciones dando lugar a 6 contratos
1936	Comienza la construcción del Colector del distrito Nro. 25. Conducto de la calle Austria en base al Proyecto General de Desagües de OSN. Presupuesto es de 70.248.693 pesos
1937	Se inicia la construcción de los conductos de la 1ra. y 2da. sección de la zona Norte de Arroyo Maldonado



1938	Comienza el nuevo periodo de suburbanización
1944 a 1977	El código de Edificación reglamenta la construcción de Ciudad de Buenos Aires
1947	Comienza el nuevo periodo de suburbanización
1959	Inundación
1960-1970	Se produce una mayor concentración espacial de la población
1962	Inundación
1963	El sistema tarifario de OSN fue definido por el Decreto 9022/63
Fines de la década del 60	Código de Edificación sufre modificaciones
1970	Fuerte caída de los montos destinados a inversión y mantenimiento de la infraestructura urbana
1970-1980	Presupuesto destinado a inversión y mantenimiento de la infraestructura urbana es de 350 millones de dólares anuales
1977	Nuevo Código de Construcción y Código de Planeamiento Urbano
1980-1990	Presupuesto destinado a inversión y mantenimiento de la infraestructura urbana es de 130 millones de dólares anuales
1985	Inundación
1989	Presupuesto destinado a inversión y mantenimiento de la infraestructura urbana es de 69 millones de dólares anuales
1991	Se inicia el proceso de privatización de OSN mediante la creación del Comité de Privatización de OSN
1992-1994	Se traspasa la red de desagües pluviales del llamado Radio Nuevo a la entonces Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires sin traslado de presupuesto.
1993	Hasta este momento el servicio de desagües pluviales de la ciudad de Buenos Aires era prestado junto con el servicio de provisión de agua potable y desagües cloacales por la empresa OSN
1993	Se hace cargo la empresa Aguas Argentinas SA de la prestación del servicio de agua potable y desagües cloacales en la ciudad de Buenos Aires (incluyendo los pluvio - cloacales del Radio Antiguo).
1994	Se empieza a cobrar por el servicio de desagüe pluvial a través de una Alícuota adicional a la contribución de Alumbrado, Barrido y Limpieza
1996	Entra en vigencia el Decreto que determina la Autonomía de la Ciudad de Buenos Aires
1997	En el mes de abril se firma el Convenio de Préstamo del PPI y se asume el compromiso de mantener y operar unidades separadas dentro del sector público GCBA con función de mantenimiento de instalaciones de defensa contra inundaciones
1998	Se aprueba por medio la Ley de Impacto Ambiental Nro. 123/98
2000	En el mes de noviembre se dicta el Decreto Nro. 2.060 mediante el cual se crea la Unidad de Coordinación para el mantenimiento y operación de Obras de Defensa contra inundaciones y del sistema de Alerta Hidrometeorológica (UCODIA) en el ámbito de la Secretaría de Obras y Servicios Públicos
2000	Se define el Nuevo Código de Planeamiento Urbano a partir de la Ley Nro. 449/00
2000	Ley Nro.452/00 Reglamentación de la Ley de Impacto Ambiental



2001	Previo Concurso Internacional se contrató el Plan Director de Ordenamiento Hidráulico y Control de Inundaciones de la Ciudad de Buenos Aires y Proyecto Ejecutivo para la cuenca del Arroyo Maldonado, con la UTE- Halcrow, Harza, Iatas y Latinoconsult, financiado por el préstamo BIRF 4117 AR
2002	La Ley tarifaria fija la Alícuota aplicable sobre el avalúo oficial atribuido a los inmuebles
2002	Se aprueba el Decreto 1352/2002 que modifica la Ley de Impacto Ambiental Nro. 123/98
2003	Decreto 1873/GCBA y Decreto 2720/03/GCBA Secretaria de Infraestructura y Planeamiento hace el traspaso de la Dirección de Hidráulica Adjunto a Dirección General de Hidráulica
2003	Texto Ordenado del Nuevo Código de Planeamiento Urbano Ley nro. 844/03/GCBA
2004	Presupuesto de la Unidad de Mantenimiento de Desagües Pluviales de la Secretaria de Infraestructura y Planeamiento: 23.136.588 pesos
Mediados del 2004	Se establece el Nuevo Sistema de Limpieza, Mantenimiento y Reparación de Sumideros
2004	Se emite la Resolución Nro. 873/2004 complementaria de la Ley de Impacto Ambiental Nro. 123/98- Decreto 1352/02
2005	Presupuesto de la Unidad de Mantenimiento de Desagües Pluviales de la Secretaria de Infraestructura y Planeamiento: 33.820.994 pesos
2005	El GCBA Hizo el llamado internacional de Preclasificación de Empresas para la construcción de las obras de aliviado del emisario actual del Maldonado, con financiamiento del BIRF, con lo que se concretó el inicio del Plan Director.
2006	Plan Director de Ordenamiento Hidráulico de la Ciudad de Buenos Aires (PDOH)

En este último, cabe señalar que, a pesar que el pliego solicitaba la elaboración de un Plan Director de Ordenamiento Hídrico (PDOH) en la Ciudad de Buenos Aires, el alcance del trabajo no se limitó a los límites administrativos de la Ciudad de Buenos Aires sino que abarco la totalidad del área de las cuencas de los arroyos que atraviesan la ciudad de Buenos Aires, pero no pudiendo mantener una calidad homogénea en su análisis por la disponibilidad de información diferenciada en aquellas cuencas que, como la del Medrano, se extienden al Gran Buenos Aires.

La elaboración del **PDOH** finalizó en el año 2006 y tuvo como conclusión más significativa la insuficiencia en la conducción de los desagües pluviales para precipitaciones mayores a 2 años de recurrencia, tanto en los emisarios principales de las cuencas como en la red de conductos secundarios. Por tal motivo, el plan identificó alternativas para mejorar el nivel de protección y reducir daños a la población, proponiendo como criterio de diseño una protección mínima para eventos de 10 años de recurrencia. Continuando con este criterio, se consideraron prioritarias las obras de la Cuenca del Arroyo Maldonado, las cuales se desarrollaron a nivel de proyecto ejecutivo, pero también se identificaron anteproyectos de las medidas estructurales para el resto de las cuencas. En lo que respecta a las **medidas estructurales seleccionadas para la Cuenca del Arroyo Medrano**, éstas consistieron específicamente en:

1. Túnel Aliviador para incrementar la capacidad del arroyo entubado
2. Reservorio de Villa Martelli
3. Ramal Chivilcoy



4. Ramal General Paz
5. Ramal Parque Sarmiento
6. Ramal Freire
7. Ramales Pinto, P. Saavedra, Yrurtía, Correa, Del Carril, J. V. Gonzalez, Griveo, Llavallol
8. Ramales 3 de febrero, Cuba, Pico, Congreso, Amenábar, Cabildo, FCGBM

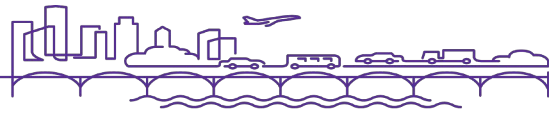
El funcionamiento del sistema analizado en el PDOH consideraba finalizadas y en funcionamiento las obras de los aliviadores Villa Martelli y Holmberg.

En el año 2009, la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas de la Provincia de Buenos Aires desarrolló el Plan Hidráulico de la Provincia, enfocando los problemas y sus soluciones en tres regiones diferentes, el Área Metropolitana (Conurbano Bonaerense), Área Rural y Área Costera. La porción de la Cuenca del Arroyo Medrano pertenecientes a los partidos de Tres de Febrero, San Martín y Vicente López se encuentra englobada en la Cuenca del Río Reconquista y en su Plan de Gestión, pero como es de esperar, todas las obras de mejora relacionadas a esta cuenta comprenden las porciones de dichos partidos que drenan directamente al Río Reconquista, no habiendo mención alguna de mejoras para la cuenca del Arroyo Medrano.



Figura 4: Cuenca Río Reconquista
Fuente: Plan Hidráulico 2009 DPSOH

En el estudio realizado por Halcrow (CH2M) en 2013, fueron listadas una serie de recomendaciones preliminares, las cuales serían necesarias evaluar con mayor profundidad para atender las necesidades de mejoras en el funcionamiento del sistema de drenajes de la cuenca del Arroyo Medrano, siempre articuladas con las medidas propuestas por el PDOH (2006), las cuales fueron indicadas a modo de referencia en los TdR. Además, en coincidencia con lo ya propuesto oportunamente en el PDOH (2006), fue recomendada la necesidad de implementar un plan de medidas no estructurales que puedan llevarse a cabo en el corto plazo. Producto de esto, y la constante preocupación social debido a la alta vulnerabilidad que presente la cuenca del Arroyo Medrano, surge la necesidad de profundizar



los estudios a fin de desarrollar un Plan Maestro de Drenaje Urbano de la Cuenca del Arroyo Medrano. En el marco del presente estudio se plantea un enfoque basado en nuevos lineamientos estratégicos para la gestión hídrica que tome en cuenta la vulnerabilidad estructural creciente de los centros urbanos, la intensificación de los fenómenos meteorológicos y la necesidad de establecer un nuevo paradigma en el que se plasme la imprescindible convivencia de medidas estructurales y no estructurales, en un marco de desarrollo de resistencia y resiliencia de las ciudades y la población ante eventos de inundaciones (Aradas R.D. , Bacchiega, D. y Gaviño Novillo, M. 2015).

3.3.1 Obras de Infraestructura Hidráulica en la cuenca post - PDOH.

Desde el año de finalización del PDOH en 2006 al año 2013, en el cual se produjo la trágica tormenta entre el 1 y 2 de abril, con la irreparable consecuencia de la pérdida de vidas humanas, se encontraban materializadas un puñado de obras en la cuenca tendientes a paliar el impacto de las inundaciones identificadas en la cuenca. Estas obras son:

- a. Aliviador Holmberg por calle Laprida
- b. Aliviador Villa Martelli por la calle Zufriategui
- c. Cuenca Retardador de Villa Martelli con posterior disminución de su área producto de la construcción de Tecnópolis.
- d. Aliviador Estrada en el partido de San Martín y entubamiento del Arroyo Medrano como "avenida de la Ciencia" frente a Tecnópolis.

El 1 y 2 de abril de 2013 se produjo un evento de características extraordinarias con un período de recurrencia estimada entre 100 y 200 años, el cual fue el disparador de estudios adicionales, peritajes y propuestas de mejoras paliativas hasta la elaboración del presente estudio. Las obras realizadas con posterioridad a la tormenta del 2013 comprenden:

- i. Profundización del Cuenca Retardador de Villa Martelli en Tecnópolis (Vte. López)
- ii. Construcción de Cuencas Retardadores en el Parque Sarmiento (CABA)
- iii. Creación de un pequeño reservorio en el predio de DOT / Philips (antiguo estacionamiento sobre calle Arias en CABA)
- iv. Conducciones secundarias en Partido de San Martín (sector comprendido por las localidades de Villa Ballester, Malaver, San Andrés y Villa Maipú; el área de Barrio Independencia, Villa Lanza y Barrio Libertador; y la zona de San Martín, Villa Lynch y Billinghurst)
- v. Conducciones secundarias en Partido de Vicente López (Munro, Florida y Villa Martelli)
- vi. Retenes Hidráulicos de Plaza La Paz, Ferrocarril Belgrano Cargas y U23 (Vte. López)
- vii. Pasos Bajo Nivel (CABA, Vte. López y San Martín)
- viii. Aliviador Holmberg II por calle Lavalle (Vte. López). Esta obra está en construcción en su primera etapa.
- ix. Obras de control y descarga en canal de desembocadura del emisario principal al Río de la Plata por obras de relleno para la relocalización del Tiro Federal (CABA)
- x. Mejora de la eficiencia hidráulica del A° Medrano mediante la ejecución de tabiques en el entubamiento actual del arroyo (CABA). En ejecución.



Obras hidráulicas en la zona más afectada por las tormentas

Amplían el reservorio de Martelli para evitar las inundaciones

06/06/2013 Está en el ex Batallón 601, al lado de Tecnópolis. Así, podrá contener un 50 % más del agua del Arroyo Medrano cuando llueve. También agrandan bocas de tormenta. Buscan que no se repitan los daños que causó el temporal del 2 de abril en el Oeste.

Por SOL TISCORNIA

Imagen



Vista aérea. El reservorio, ubicado en el Batallón 601 ...

En agosto terminan las obras del reservorio en parque Sarmiento

Construyen tres cuencos que permitirán recibir hasta 250.000 m3 de agua en caso de desborde del arroyo Medrano; serán una solución parcial para las inundaciones en Saavedra y Villa Urquiza

Valeria Masse

La Nación

Después de algunos retrasos en su concreción, para fines de agosto se completará el reservorio del parque Sarmiento que, en caso de desborde del arroyo Medrano, permitirá acopiar hasta 250.000 metros cúbicos de agua de lluvia que no pueda ser drenada de manera inmediata. La obra forma parte del plan para mitigar las inundaciones que en los últimos años afectaron especialmente al barrio de Saavedra.

Aunque coinciden con las obras para prevenir futuros anegamientos, algunos vecinos se quejan por que la zona de obra no está vallada y "vienen pelando los chicos que juegan por ahí".

Habría que cercar el terreno regulador con una valla de alambre de púas y, pese a que se había anunciado que en abril estaría concluido, se prevé ahora que durará al menos un año más, según indica el jefe de la oficina técnica del Ministerio de Ambiente y Espacio Público.

El reservorio, en realidad, está conformado por tres depósitos de importantes dimensiones donde el agua quedará almacenada hasta que pueda encontrarse a través de un canal de conducción que regresará a un derivador que la llevará nuevamente al curso del Medrano, que,



El reservorio será parqueable y se podrá utilizar como espacio verde mientras no esté ocupado por el agua

FABRIZIO MULLER

Jorge Macri recorrió la obra del Conducto Lavalle

guiadenoticias.com.ar/diario/jorge-macri-recorrio-la-obra-del-conducto-lavalle/

3 octubre, 2018

"Hicimos enormes avances, como el Retén Belgrano Cargas y el U23, pero sabemos que siempre podemos hacer un poco más. Por eso trabajamos en conjunto con Provincia para llevar adelante este conducto que está cada vez más cerca de terminarse y va a beneficiar a más de 200 mil vecinos de Munro y Florida", señaló el intendente de Vicente López, Jorge Macri, luego de recorrer la desembocadura del Conducto Lavalle, en el Río de la Plata, a la altura de la calle Las Heras.



Se desarrolla a través de una sección de 7 metros de ancho por 2,40 metros de altura. A su vez, esto se complementa con la protección de la desembocadura, de acuerdo a los caudales evacuados por el conducto. Para ello ejecutarán el revestimiento con bloques de hormigón, rematados en un muro autoportante de hormigón armado.

El secretario de Planeamiento, Obras y Servicios Públicos, Sergio Botello, explicó que la obra llega hasta el municipio de San Martín, recogerá caudales desde el extremo del distrito en Avenida Constituyentes, y tiene "un diseño muy particular, para que la sudestada no nos afecte".



Obra: Mejora de la Eficiencia Hidráulica del Arroyo Medrano

Estado: En ejecución.

La obra consiste en la ejecución de tabiques entre columnas en el Arroyo entubado, específicamente en los tramos de 2 y 3 celdas. Según los modelos matemáticos de la Universidad Nacional de La Plata, estas mejoras aumentarían el caudal de conducción entre un 10% y un 20% y se disminuiría la acumulación de basura, lo que impactaría positivamente en el porcentaje de mejora.





Continúan la realización de obras hidráulicas en San Martín

eldia.com/nota/2017-5-29-11-51-34-katopodis-superviso-nuevas-obras-hidraulicas-en-san-andres-la-provincia

5/29/2017

El Municipio trabaja en la construcción de sumideros y cámaras de inspección en distintas calles del sector de San Andrés, para evitar la acumulación de agua en la zona

29 de Mayo de 2017 | 11:51

A7 SA



El intendente de San Martín, Gabriel Katopodis, recorrió las nuevas obras hidráulicas que el Municipio realiza en San Andrés para incrementar la capacidad de drenaje y solucionar el problema de acumulación de agua en el sector.



lunes 27/03/2017

El Plan de Obras Hidráulicas se sigue extendiendo en toda la ciudad

Actualmente, el Municipio trabaja de manera simultánea en Villa Bonich, Villa Ballester, San Andrés y San Martín centro, con el objetivo de paliar las inundaciones.

Jorge Macri inauguró el retén hidráulico Plaza

25 Marzo, 2015.



© 23/07/2017 - 00:01 | Clarín.com | Sociedad

Contenido patrocinado

Vicente López implementó obras públicas para evitar inundaciones

El municipio también puso en marcha un plan de obras hidráulicas para asegurar el acceso total a agua potable.



Nuevo plan de obras en Vicente López

Con el objetivo de prevenir inundaciones, el distrito de Vicente López comenzó una serie de obras públicas, para contar con cobertura total de redes de cloacas y proveer acceso a agua potable.

Figura 5: Noticias de Obras Hidráulicas en la Cuenca
Fuente: recortes periodísticos

3.3.2 Obras de Infraestructura Hidráulica proyectadas

Las siguientes obras están proyectadas, pero no se han construido o licitado aún:

3.3.2.1 Ramal Ciudad de la Paz (CABA)

La obra comprende un ramal de 1410 metros de longitud, por debajo de la calle Ciudad de la Paz entre las avenidas Congreso y García del Río. Esta obra es equivalente a la incluida en el Plan Hidráulico



como Ramal Cabildo, pero se readecúa el proyecto tomando en consideración las obras ejecutadas del Metrobús Cabildo y la extensión de la Línea D de subterráneos.

Este ramal funciona como complemento del Ramal Cabildo y aprovecha la mejora en la capacidad de conducción del Emisario Principal y la mayor capacidad de los tramos de 4 y 5 celdas. El conducto será de cañería tipo PEAD con sección circular que va desde 0,60m a 1,40m.

Esta obra se encuentra en anteproyecto.



Figura 6: Conducto Ciudad de la Paz

Fuente: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

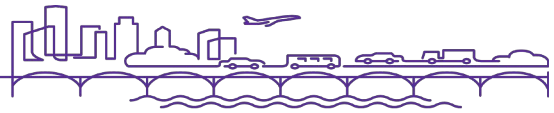
3.3.2.2 Ampliación del Ramal Freyre (CABA)

La mejora de la eficiencia hidráulica del emisario principal permitirá ampliar la capacidad de desagüe del tercer ramal secundario de la Cuenca. La ampliación del ramal permite proteger el PBN de Av. Congreso y mitigar los anegamientos con epicentro en Asís y Quesada. Este conducto tendrá una longitud de 2100m y será de cañería tipo PEAD, con sección circular que va desde 0,80m a 1,80m (según prefactibilidad).

Esta obra se encuentra en anteproyecto.

3.3.2.3 Seguridad Hidráulica del Paso Bajo Nivel Balbín (CABA)

La obra consiste en dos sifones ubicados bajo la traza de las calles Holmberg y Tronador, a ambos lados del paso bajo nivel. Estos sifones captarán los excedentes hídricos ocasionados por eventos de



lluvias de 100 años de recurrencia y los conducirá hacia el Emisario Principal del Arroyo Medrano ubicado debajo de la traza de la Av. Ruiz Huidobro.

Esta obra se encuentra en estudio.



Figura 7: Sifones para PBN Balbín en calles Holmberg y Tronador
Fuente: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

3.3.2.4 Cruce Arias (CABA)

Se propone, para reducir los excedentes hídricos en el Cruce a nivel de la calle Arias, la obturación del conducto, construido para drenaje del DOT, que transporta los excedentes desde la calle Olaf Palme hacia el conducto debajo de la calle Plaza y el transporte de caudales, a través de un nuevo conducto, desde la calle Arias hacia el emisario principal, a través de la red pluvial existente en las calles Posta, Tronador y Plaza, ubicado debajo de la Av. Ruiz Huidobro.

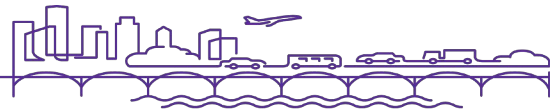


Figura 8: Cruce Arias

Fuente: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

3.3.2.5 Ampliación de la capacidad de Cuenca Retardadora de Villa Martelli y conexión al Parque Sarmiento (Vte. López)

Esta obra consiste en aumentar la capacidad existente en el Cuenca Retardadora de Villa Martelli, mediante la construcción de una serie de reservorios adicionales en Tecnópolis y en el Centro Recreativo y Barrio Militar de Villa Martelli. Este incremento de capacidad se daría con la construcción de nuevos reservorios (A, B y C) en la zona aledaña al actual Reservoirio de Villa Martelli.

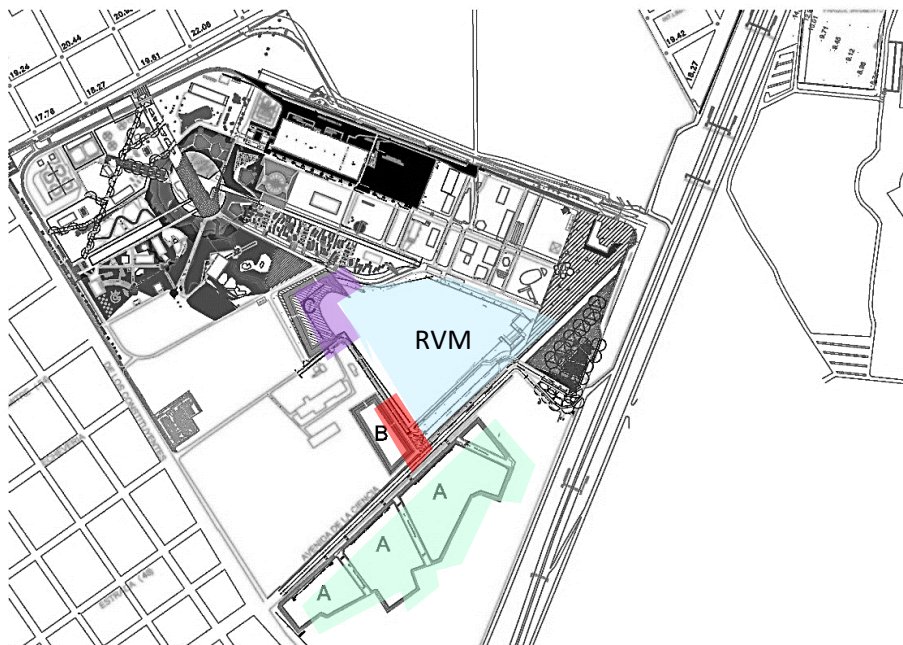


Figura 9: Reservorios Adicionales en Villa Martelli

Fuente: Provincia de Buenos Aires

Estudios de Base

4.1 Recopilación y Análisis de Antecedentes

En coordinación con las autoridades del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (GCBA) y de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de La Nación, en correspondencia con la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas (DIPSOH) (actualmente DPOH, Dirección Provincial de Obra Hidráulica) y los municipios de Vicente López, San Martín y Tres de Febrero, se recopilaron antecedentes referidos a la Cuenca del Arroyo Medrano.

Los antecedentes solicitados complementan aquéllos que la consultora ya posee de estudios recientes, como ser el Plan Director de Obras Hidráulicas de la Ciudad de Buenos Aires, el estudio de la misma CAM realizado por motivos de la tormenta de abril de 2013 y más recientemente, el estudio hidrológico e hidráulico realizado para la obra del Paso Bajo Nivel en la calle Balbín.

Los antecedentes se han referido a: cartografía, topografía, hidrología, geología, geotecnia, hidrogeología, edafología, aspectos ambientales, urbanísticos, sistemas de desagües existentes, redes de servicios públicos que podrían ocasionar interferencias con nuevas obras, instalaciones de sumideros nuevos, proyectos de obras hidráulicas, encuestas socio-económicas, evaluaciones de daños por inundaciones y marco legal e institucional.

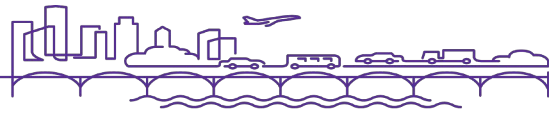
Todos los antecedentes han sido archivados en la base de datos y han sido actualizados y completados con los estudios básicos complementarios desarrollados.

En los sucesivos capítulos del diagnóstico se realizan evaluaciones de antecedentes específicas para el abordaje de cada temática y a continuación se presenta de modo general un listado, no limitativo, de la información recopilada para realizar el estudio.

- Caracterización física básica del área de estudio, incluyendo las dimensiones geológicas, geotécnicas geomorfológicas e hidráulicas,
- Información orográfica, relevamientos topográficos y catastro, Información cartográfica en formato digital a diferentes escalas, fotografías aéreas, planchetas y registros catastrales
- Zonas de riesgo a inundaciones, registro de inundaciones y catástrofes, etc.
- Red de desagües pluviales de la CABA y municipios en el área de la cuenca,
- Identificación de Interferencias y obstáculos al escurrimiento (FFCC, Avenida General Paz, redes cloacales, redes de gas, servicios eléctricos subterráneos, tendidos de fibra óptica, asentamientos precarios, etc.),
- Modelos matemáticos desarrollados en estudios previos,
- Información básica sobre red existente y proyectada de infraestructura de servicios públicos (red vial y ferroviaria, tendidos eléctricos, desagües pluviales, agua potable y saneamiento, etc.).
- Información sobre tipo y uso del suelo,
- Información sobre arbolado público.
- Tendencias locacionales de usos del suelo y niveles socioeconómicos en los últimos 10 años.
- Planes de ordenamiento de uso y ocupación del suelo, así como reglamentaciones de edificación, sobre retención de agua en los predios (si es que lo hubiera) y de infraestructura vial, como parte de la Normativa de la CABA y Municipal de los municipios de General San Martín, 3 de febrero, y Vicente López,



- Sitios ilegales de disposición de los residuos sólidos y ubicación y caracterización de los sitios autorizados para la disposición final de los residuos sólidos dentro de la Cuenca. Informes sobre el relleno sanitario, caracterización del sistema de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la CABA y los municipios de General San Martín, 3 de febrero, y Vicente López, organismo a cargo de la prestación del servicio, área servida, frecuencia de recolección, tratamiento y disposición final,
- Procesos de gestión de los RSU en la CABA y municipios.
- Áreas ocupadas sin servicio de desagüe cloacal,
- Plan Maestro de Gestión de Espacios Verdes y Plan Maestro de Arbolado Público Lineal de la CABA,
- Planes públicos de vivienda y proyectos urbanísticos privados y públicos (nacionales, provinciales o municipales), especialmente asociados a la red de drenaje. Trabajos diversos (a incluir en bibliografía) sobre el AMBA y CABA, incluyendo cartografía, imágenes satelitales,
- Antecedentes sobre estimaciones de daños producidos por inundaciones registradas en la zona
- Información catastral sobre los inmuebles afectados por las inundaciones: Se solicitará a la CABA, a los Municipios y a la Provincia, la base de información catastral georreferenciada sobre los inmuebles localizados en las áreas inundables. Dicha base deberá contener, a nivel de parcela, la siguiente información: superficie del terreno, superficie cubierta total, cantidad de plantas, superficie cubierta en planta baja y subsuelo, destino del inmueble: vivienda unifamiliar o multifamiliar, actividades comerciales y de servicios y actividades industriales, categoría del inmueble; valuación fiscal.
- Aspectos Demográficos y Socio Económicos a nivel de radio censal, tales como estado y tendencias de crecimiento poblacional, -analizando por lo menos los Censos Nacionales de Población, Hogares y Viviendas de 2001 y 2010 (INDEC), nivel socio económico por zonas mediante indicadores como necesidades básicas insatisfechas (NBI) de los hogares u otros, actividades de los sectores primario, secundario y terciario. Parte de estas informaciones serán complementadas por recorridos de campo,
- Villas Miseria y asentamientos, localización, proceso de densificación, asociación con la irregularidad de tenencia, planes municipales, provinciales y nacionales para los mismos (localización, fecha efectiva realizada o estimada a futuro). Se relevará particularmente Información sobre los asentamientos informales localizados en las áreas inundables: localización y delimitación, cantidad de viviendas, antigüedad, tipo de asentamiento, trazado de calles y tipo de amanzanamiento, equipamiento público y redes de infraestructura,
- Estudios, informes, estadísticas relacionadas con diagnósticos o estudios específicos en los temas político administrativo, biofísico, social y económico, realizados con anterioridad y antecedentes, identificación y descripción de los problemas ambientales del área
- Normativa vigente de aplicación al proyecto,
- Información sobre la estructura y organización institucional principalmente en lo referente a acciones ante la emergencia y la defensa contra las inundaciones;
- Información sobre patrimonio natural y patrimonio histórico,
- Plan Director de Ordenamiento Hidráulico (PDOH) de la Ciudad de Buenos Aires (Halcrow y otros, 2006) y Planes Maestros existentes, Proyectos de Manejo y control de Inundaciones existentes, obras ejecutadas o en vías de ejecución y estudios de saneamiento hidráulico,
- Planos conforme a obra o proyectos de las obras realizadas o planeadas posteriormente al PDOH (Aliviador Holmberg, entubamiento del A° Medrano en Villa Martelli, ampliación del cuenco amortiguador en Villa Martelli y obras accesorias, entre otros) y relevamiento batimétrico del A° Medrano entre el puente ferroviario y el puente Int. Cantilo realizado por EVARSA en 2013,



- Programa de Gestión de Riego Hídrico de la CABA (BIRF 7298-AR),
- Información climática e hidrometeorológica,
- Información hidrológica, hidrogeológica e hidráulica (registros de niveles de marea, niveles freáticos, etc.),
- Patrones de comportamiento relacionados con la dinámica hídrica de la zona frente a las diferentes variables climáticas,
- 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 Ingeniería -Departamento de Hidráulica. Mayo de 2013,
- Informe de las precipitaciones ocurridas en la Provincia de Buenos Aires– abril 2013 (Servicio Meteorológico Nacional - 3 de abril de 2013),
- Registro de lluvias en la Estación Observatorio Central Buenos Aires - Villa Ortúzar, para el evento del 1 y 2 de abril de 2013 (Servicio Meteorológico Nacional),
- Informe de máximos pluviográficos registrados en la Estación Observatorio Central Buenos Aires - Villa Ortúzar. Servicio Meteorológico Nacional. 10 de abril de 2013,
- Características Meteorológicas del Evento de Precipitaciones Intensas ocurridas el 2 de abril de 2013. Servicio Meteorológico Nacional. 25 de Abril de 2013,
- Datos de niveles de marea correspondientes al evento de tormenta registrado en enero de 2001 y al registrado en abril de 2013 (Mareógrafo del Riachuelo),
- Proyectos Ejecutivos para varias Cuencas de la CABA y Estudios Complementarios del Riachuelo. Programa de Gestión del Riesgo Hídrico de la CABA. Préstamo BIRF N° 7289-AR. Estudio Hidrodinámico del Riachuelo, Serman – Grimaux – Atec – DHI. 2014,
- Sistema Hidrometeorológico de Observación, Vigilancia y Alerta (SIHVIGILA),
- Análisis Hidráulico del Paso Bajo Nivel Balbín. CH2M Hill para AUSA, marzo 2017.

4.2 Reconocimiento de campo

En los meses de agosto, septiembre y octubre de 2017 se realizaron visitas a diferentes áreas de la cuenca; algunas fueron de reconocimiento general y otras fueron planificadas por dependencias públicas. Estas visitas sirven para complementar los relevamientos detallados que se hicieron luego de la tormenta del año 2013. Los estudios previos de referencia, como ser el PDOH 2006 y el estudio de la CAM para la tormenta del 2013, han ya identificado zonas de riesgo de inundaciones con serios problemas, muchas de estas zonas han sido documentadas durante la trágica tormenta del 2013 y su evidencia está disponible tanto en la prensa gráfica como audiovisual. Los mismos corresponden a los mostrados en la siguiente figura.

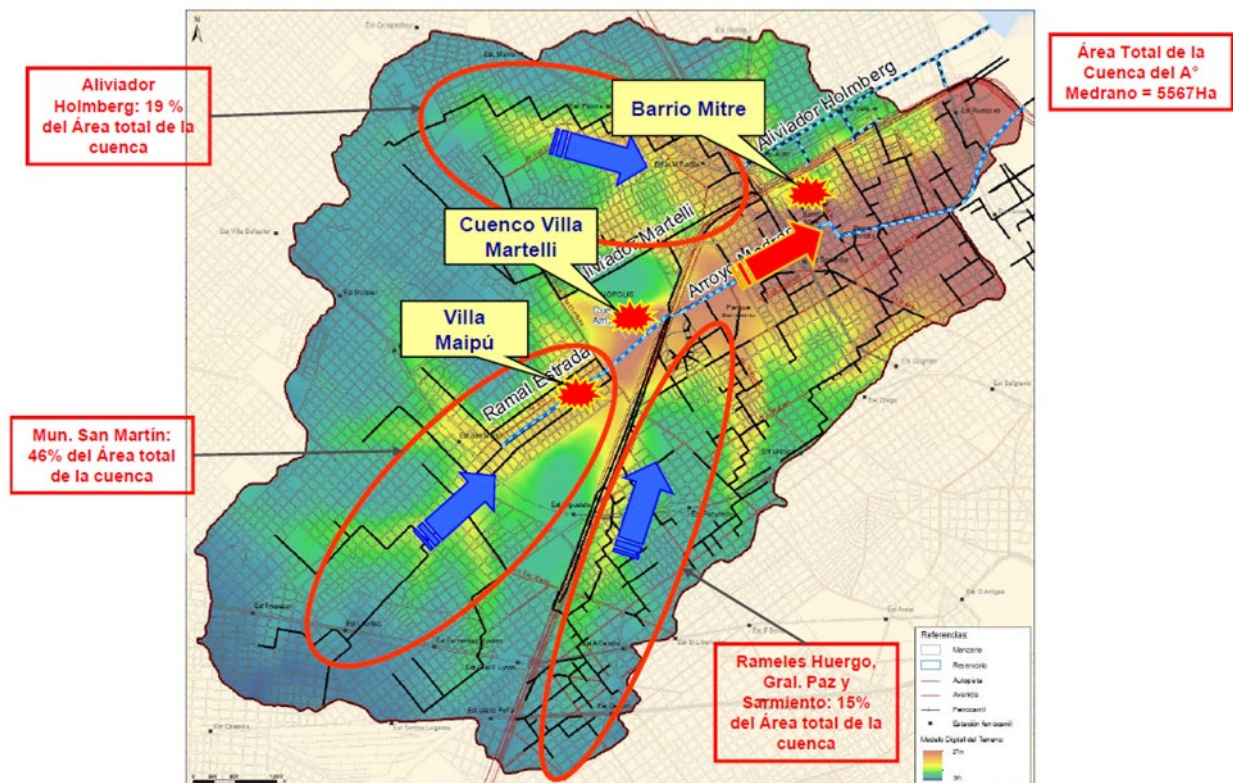


Figura 10: Dinámica Hídrica de la Cuenca
Fuente: Estudio CAM 2013 Halcrow

Las visitas al sitio del proyecto incluyeron la realización de un relevamiento visual y documentado de las áreas que fueron identificadas previamente con afectaciones por inundaciones en forma directa o indirecta y permiten la validación en campo de la información antecedente recopilada y analizada. En el Anexo I se realiza un registro fotográfico.

4.2.1 Visita al entubamiento del Arroyo Medrano

El día 11 de octubre de 2017, la consultora, junto con personal de la CABA y su subcontratista Automat, pudieron recorrer y observar los reservorios de Parque Sarmiento y se descendió al conducto entubado a la altura de General Paz, recorriendo hacia aguas abajo el conducto por poco más de 2 km, saliendo del mismo a la altura de Parque Saavedra. Ese mismo día se hizo también un recorrido vehicular siguiendo la traza del conducto por la calle Ruiz Huidobro, pasando por Parque Saavedra y continuando por el Blvd. García del Río y Comodoro Rivadavia hasta la culminación del entubamiento, pasando la Av., Libertador. En esta recorrida se pudo constatar con claridad la poca pendiente que tienen el emisario en el valle de la cuenca, lo que contrasta con las grandes pendientes de las calles laterales que desembocan en el curso.

Se culminó visitando la zona de la desembocadura y accediendo hasta su extremo, frente al relleno que ubicará el traslado del Tiro Federal.



Figura 11: Reservorio en Parque Sarmiento (Conexión con M15)
Fuente: ch2m



Figura 12: Emisario Entubado Arroyo Medrano
Fuente: ch2m

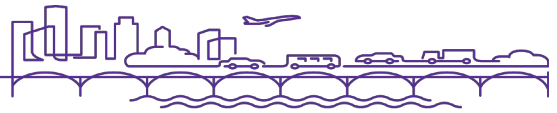


Figura 13: Puente sobre desembocadura de A° Medrano
Fuente: ch2m



Figura 14: Desembocadura de A° Medrano (Vista a Río de la Plata)
Fuente: ch2m



Figura 15: Obras de relleno en margen izquierda de desembocadura de A° Medrano

Fuente: ch2m

El mismo día que se realizó la recorrida por el arroyo entubado, personal de esta consultora visitó las instalaciones del Cuenco de Villa Martelli y realizó un corto recorrido vehicular hacia aguas arriba por la zona de Villa Maipú.



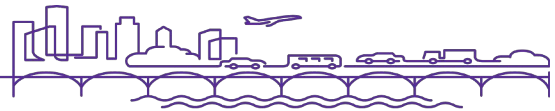


Figura 16: Obras de control del A° Medrano en Cuenca Villa Martelli

Fuente: ch2m



Figura 17: Cuenca Villa Martelli

Fuente: ch2m

Al día de la fecha no se ha podido coordinar con éxito una visita oficial a zonas de la Provincia de Buenos Aires. Actualizaciones sobre estas visitas serán tenidas en cuenta en futuros avances del informe.

4.2.2 Visita a subcuenca del Aliviador Holmberg

Personal de la consultora recorrió en un par de ocasiones algunas zonas de la cuenca del aliviador Holmberg, desde su cuenca de aporte en el barrio de Munro y Florida Oeste hasta la desembocadura del aliviador en la calle Laprida y el río. En dichas recorridas se pudieron observar dos de los 3 retenes hidráulicos construidos recientemente por la Municipalidad de Vicente López y que servirán de paliativo frente al fenómeno de inundaciones en la zona. La solución más integradora se logrará con el Aliviador Holmberg II que irá paralelo al anterior, pero sobre la calle Lavalle; el mismo está proyectado y su construcción está próxima.

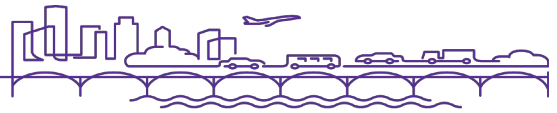


Figura 18: Retén Hidráulico Plaza La Paz
Fuente: ch2m



Figura 19: Retén Hidráulico Belgrano Cargas
Fuente: ch2m



Figura 20: Desembocadura del Aliviador Holmberg

Fuente: ch2m

4.3 Elaboración del Modelo Digital de Elevaciones

4.3.1 Introducción

Un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) es la representación simplificada de la topografía del terreno y es una de las capas temáticas clave para el desarrollo del proyecto, tanto para la mejor comprensión del paisaje de la región, proveyendo una visión integrada del mismo, como para la obtención de productos y el desarrollo de actividades del proyecto, tales como:

- Comprensión de las condiciones hidráulicas generales del área de estudio,
- La obtención de mapas de relieve y de aspecto,
- La asistencia en el proceso de delimitación de cuencas hidrográficas y delimitación de ambientes o regiones de funcionamiento hídrico,
- La obtención de las características físicas de las cuencas de aporte (cota máxima, media, mínima),
- La asistencia en la interpolación geoestadística para obtener productos derivados del mismo.

Existen diferentes tecnologías para la generación de un MDE que represente de manera acabada la superficie. En este proyecto y de acuerdo a los objetivos que lo guían, se optó por la utilización de LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging - detección por luz y distancia).

Con esta tecnología, además de la generación del MDE, se obtuvo un mosaico de imágenes ortorectificadas del área de estudio. En el siguiente apartado se describen las principales tareas y procesos llevados a cabo, junto con las características de los productos obtenidos.



4.3.2 Relevamiento topográfico

En el área de estudio se utilizaron tres tecnologías de relevamiento topográfico diferentes y complementarias: LiDAR aerotransportado, mediciones GNSS (Global Navigation Satellite System), y fotogrametría aérea.

A continuación, se describen las mismas, se resumen los trabajos realizados y se exponen en los sucesivos apartados los resultados de control de calidad obtenidos.

4.3.2.1 LiDAR

El sistema LiDAR incluye básicamente un Sensor Laser que realiza los registros del área relevada; y un Sistema de Navegación que permite precisar la posición espacial del instrumento en cada instante.

El Sensor Laser determina el tiempo transcurrido entre la emisión de una señal laser y la recepción de la misma, luego de ser reflejada en un punto. De esta manera es posible calcular la distancia entre el sensor y el punto reflejado para el instante de medición.

El Sistema de Navegación se compone de un receptor GNSS y una Unidad Inercial de Medición (IMU²). La posición espacial provista por el GNSS, en el sistema de referencia terrestre, es complementada por la orientación espacial que resulta de la unidad inercial. El IMU mide 200 veces por segundo los 3 ángulos que definen la actitud del sensor láser y su relación con el vector de la gravedad.

Integrando la posición y la altitud del sensor láser con la distancia entre este y el punto reflejado, se puede resolver la ubicación de este último. Se obtienen así las coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altura) de cada punto registrado por el sensor láser, en el marco de referencia terrestre.

La frecuencia de emisión del LiDAR utilizado es de hasta 1000 KHz. Por lo tanto, en muy poco tiempo la realidad visible se convierte en una nube de puntos de alta densidad que permite representar el terreno, las construcciones y la vegetación en el área relevada.

A modo de resumen, algunas de las ventajas de esta tecnología LiDAR son las siguientes:

- Los datos se pueden recopilar rápidamente con una precisión altimétrica muy alta,
- Los datos de la superficie tienen una densidad de muestra más alta. La alta densidad de muestra mejora los resultados para determinadas aplicaciones, como la delineación de cuencas hidrográficas,
- La utilización de un sensor de iluminación activo que puede llevar a cabo el relevamiento de día o de noche en comparación con las técnicas fotogramétricas tradicionales,
- No tiene ninguna distorsión geométrica como un radar con vista lateral,
- La posibilidad de determinar puntos altimétricos en zonas ocultas (por ejemplo, en zonas de edificios muy altos donde se generan grandes sombras),
- Se puede integrar con otras fuentes de datos.

Las mediciones con tecnología LiDAR fueron realizadas los días 3 y 4 de agosto de 2017. En tales fechas la meteorología en la zona de interés garantizaba las condiciones mínimas de relevamiento para ambos sensores, quedando de esta manera relevada la cuenca del Arroyo Medrano. A los fines de cumplimentar con la normativa aeronáutica argentina, se solicitó el permiso correspondiente ante la Central de Control Aerofotográfico, el cual al finalizar las tareas de relevamiento aéreo debió ser firmado por el jefe del aeródromo, el cual en este caso corresponde al Aeropuerto Internacional de San Fernando (Provincia de Buenos Aires).

² IMU: Inertial Measurement Unit



La altura de vuelo, la velocidad del avión, el ángulo de cobertura láser, la frecuencia de barrido transversal y la frecuencia de emisión láser utilizada, son parte de los parámetros que definen las características de la nube de puntos obtenida. En este trabajo, los valores adoptados dieron como resultado una densidad promedio de 3.3 pt/m².

Esta densidad de información es inédita para relevamientos 3D. Sumada a la precisión centimétrica obtenida en este trabajo, ambos elementos convierten a esta tecnología en una herramienta muy poderosa y efectiva para la obtención de información topográfica de gran calidad.

Se utilizó un equipo Leica ALS80 transportado en un avión Aerocommander 500S propiedad de la empresa proveedora del servicio. En la Figura 21, se presenta una figura con las líneas de vuelo realizadas.



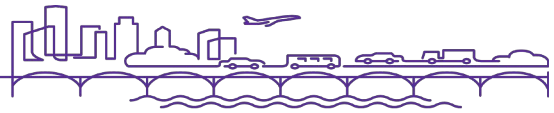
Figura 21: Disposición aproximada de las líneas de vuelo efectuadas
Fuente: Consular

En la Figura 22 se presenta una fotografía del avión utilizado para el relevamiento.



Figura 22: Avión Aerocommander 500s utilizado para la realización del vuelo
Fuente: Consular

Las observaciones fueron apoyadas en todo momento por receptores GNSS fijos ubicados en puntos de la Red Geodésica General. De esta manera, la posición del avión fue resuelta con calidad centimétrica; precisión que se traduce en las coordenadas finales de los puntos del terreno relevado.



El relevamiento se efectuó a una altura de vuelo promedio de 1100 metros sobre el nivel del terreno en el área de interés, de manera de asegurar la densidad de puntos estimada en la planificación del vuelo. La cobertura fotográfica se obtuvo mediante imágenes, asegurando una superposición entre fotogramas de al menos 60% longitudinal y 35% lateral.

En las Figura 23 y Figura 24 se presenta a modo de ejemplo la nube de puntos correspondientes a la intersección de la Av. Gral. Paz con el Acceso Norte, y la zona del predio de Tecnópolis respectivamente.

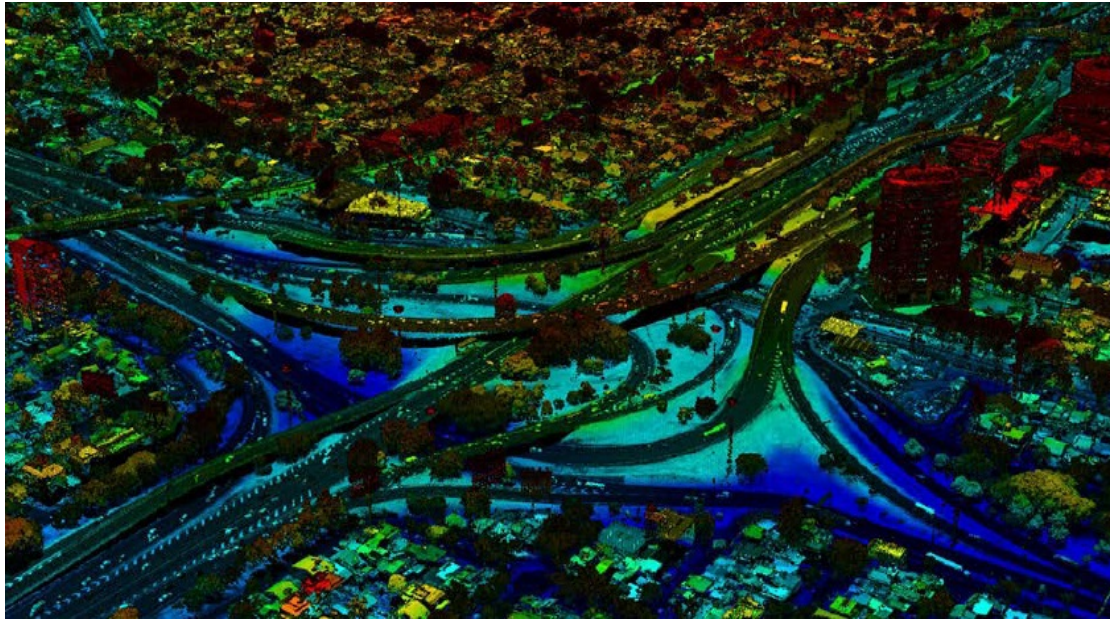


Figura 23: Nube de puntos LIDAR de Av. Gral. Paz y Acceso Norte

Fuente: Consular

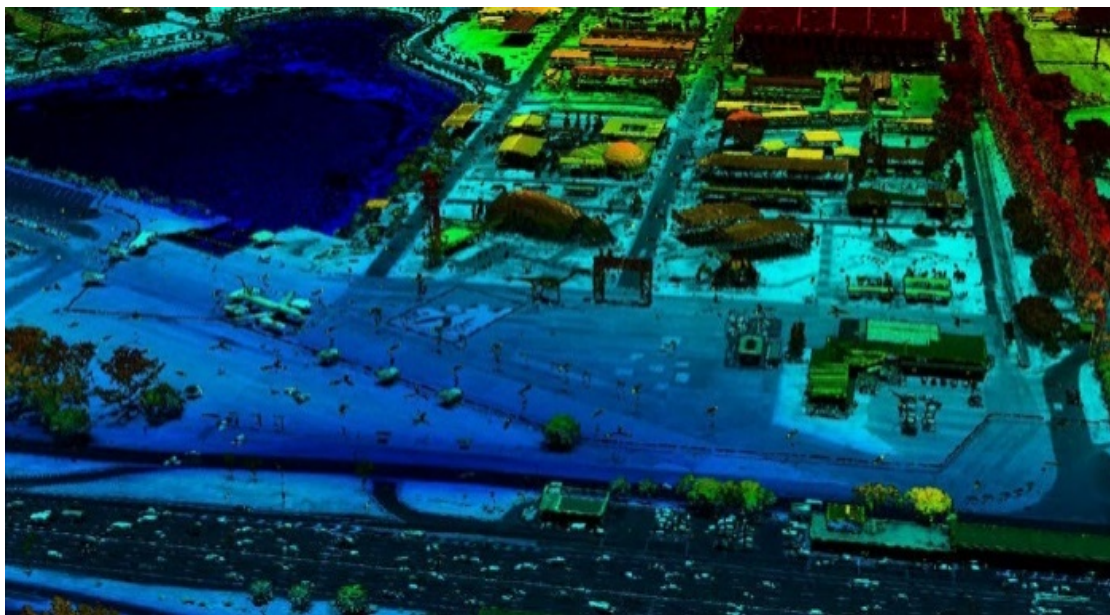


Figura 24: Nube de puntos LIDAR zona predio Tecnópolis

Fuente: Consular



4.3.2.2 Mediciones GNSS

Las observaciones GNSS (Global Navigation Satellite System) fueron realizadas con receptores Trimble, Ashtech y Topcon doble frecuencia. En las tablas 1 y 2 se presentan el detalle de los tipos de receptores y de las antenas GNSS de doble frecuencia utilizados. La puesta en estación se realizó con trípode y plomada óptica.

Tabla 3. Detalle del tipo de receptores GNSS doble frecuencia utilizados.

Fuente: Consular

Receptor	Descripción del receptor
R7 GNSS	Trimble L1, L2, L5, C1, C2, P-GPS/GLONASS/Galileo
ASHTech UZ-12	Ashtech, Z Surveyor/Micro Z/Z-fx/iCGRS
HIPER V	Topcon HIPER V, L1, L2, GPS/GLONASS

Tabla 4. Detalle del tipo de antenas GNSS utilizadas.

Fuente: Consular

Antena	Descripción de la antena
TRM55970.00	Trimble Zephyr GNSS Model 2
ASH701975.01A	Geodetic IV, Rev A. GPS
HIPER_V	Antena integrada

Con el objetivo de evitar la ocurrencia de errores originados en la medición de la altura instrumental, las mismas fueron medidas al comienzo y al final de cada sesión, incluyendo la toma de fotografías de la regla al momento de la lectura.

De todos los casos, las soluciones permitieron calcular ambigüedades fijas. Cada solución fue controlada a través de la distribución de residuos de cada satélite en la solución de dobles diferencias L1.

4.3.2.3 Fotogrametría aérea

El levantamiento fotogramétrico se realizó en simultáneo con el relevamiento LiDAR aerotransportado, utilizando una cámara fotogramétrica Leica RCD30 (ver Figura 25). Al realizarse el relevamiento en forma simultánea, se asegura la temporalidad de los datos, es decir que la nube LiDAR y las ortofotos se corresponden perfectamente, además de optimizar los costos, ya que se realiza un solo vuelo. La cámara se encuentra integrada al sistema de navegación del equipo LiDAR, el cual registra el instante de toma de cada foto en la escala de tiempo del relevamiento, haciendo posible la obtención de las coordenadas y actitud del centro de proyección de cada toma con alta precisión en post-proceso.



Figura 25: Cámara fotogramétrica Leica RCD30
Fuente: Consular

A continuación, se describen las características técnicas de la cámara utilizada:

Tabla 5. Detalle de la cámara.

Fuente: Consular

Parámetro	Detalle
Distancia focal	83 mm
Dimensión del sensor (píxeles)	10320 x 7752
Tamaño de pixel	5.2 μm
Bandas registradas	4, Rojo, Azul, Verde e infrarrojo

4.3.3 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

Como producto del relevamiento con la tecnología descrita, se obtuvo el “Modelo Digital de Elevaciones” (MDE) del Proyecto. Como se mencionó al inicio, el MDE es una forma numérica de representación simplificada de la superficie real del terreno. Los archivos entregados se organizan en forma de grillas regulares. Cada punto se identifica a través de las coordenadas horizontales proyectadas (POSGAR07) y la cota referida a la red altimétrica del IGN.

La cota de cada punto es calculada a partir de la expresión: **$H = h(\text{LiDAR}) - N$ (modelo geoidal)**. Se presenta en la Figura 26 el MDE del área de estudio.

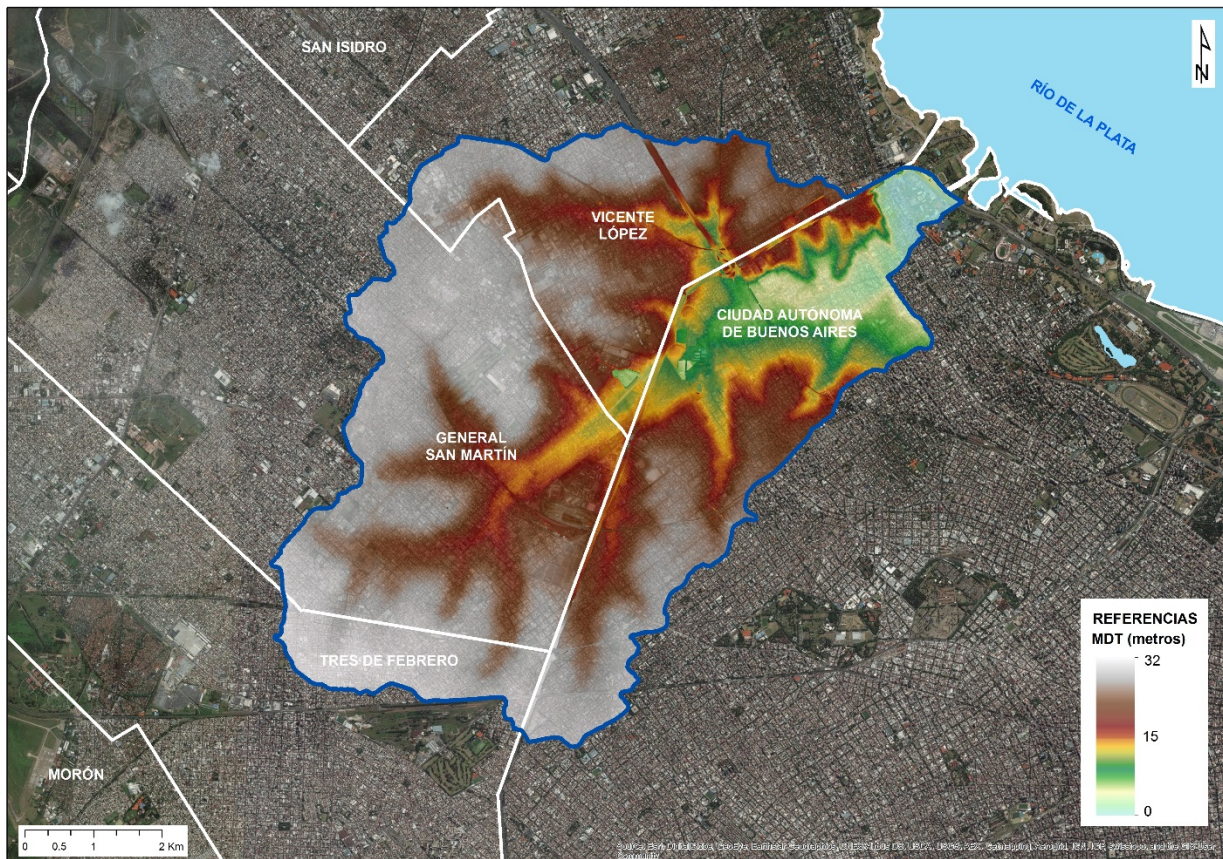
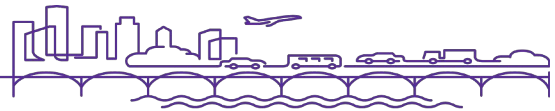


Figura 26: MDE del Área de Estudio
Fuente: Consular

4.3.4 Productos derivados del MDE

En base al MDE es posible construir un conjunto de modelos digitales que representan variables derivadas directamente de la topografía.

- Curvas de nivel. Isolíneas con equidistancias de 1m, 0.5m y 0.25m.
- Grilla de sombreado o hillshade. Se trata de un ráster que contiene un sombreado de la superficie o grado de iluminación de cada uno de los píxeles respecto a la orientación y al ángulo de elevación solar o cenital. Los mapas de sombreado tienen utilidad fundamentalmente para realizar un análisis visual de los rasgos geomorfológicos del terreno, ya que producen una exageración de los mismos.

Todos estos productos derivados del MDE también han sido incorporados a la base de datos del proyecto.

4.3.5 Mosaico de Imágenes

4.3.5.1 Aerotriangulación y ortofotos

El método utilizado para la aerotriangulación del bloque fotogramétrico fue el de “haz de rayos” permitiendo integrar de forma eficiente las coordenadas de los Puntos de Apoyo Fotogramétrico, junto con las coordenadas obtenidas del proceso GNSS + Unidad Inercial de Medición (IMU) de la trayectoria del avión. Esta técnica permite procesar el bloque como si tuviera un punto de apoyo por cada foto (la coordenada del centro de proyección).



Finalmente, la aerotriangulación arrojó como resultado la orientación externa de las imágenes (tres coordenadas y tres giros), compensando los errores residuales del sistema de navegación.

A partir del resultado de la aerotriangulación, se realizó la generación de ortofotos. Las mismas son fotos aéreas corregidas por las diferencias de altura presentes en el terreno, generándose una imagen de calidad métrica en la cual es posible realizar mediciones y tiene la calidad de una carta topográfica. En este caso la precisión horizontal de la misma es de 0.10 m.

4.3.5.2 Mosaico ortorectificado

En base a la unión de las ortofotos individuales (formato TIFF) se elaboró un mosaico de imágenes ortorectificadas de color homogéneo, en formato ECW (Enhanced Compression Wavelet). La Figura 27 presenta dicho mosaico para el área de estudio.

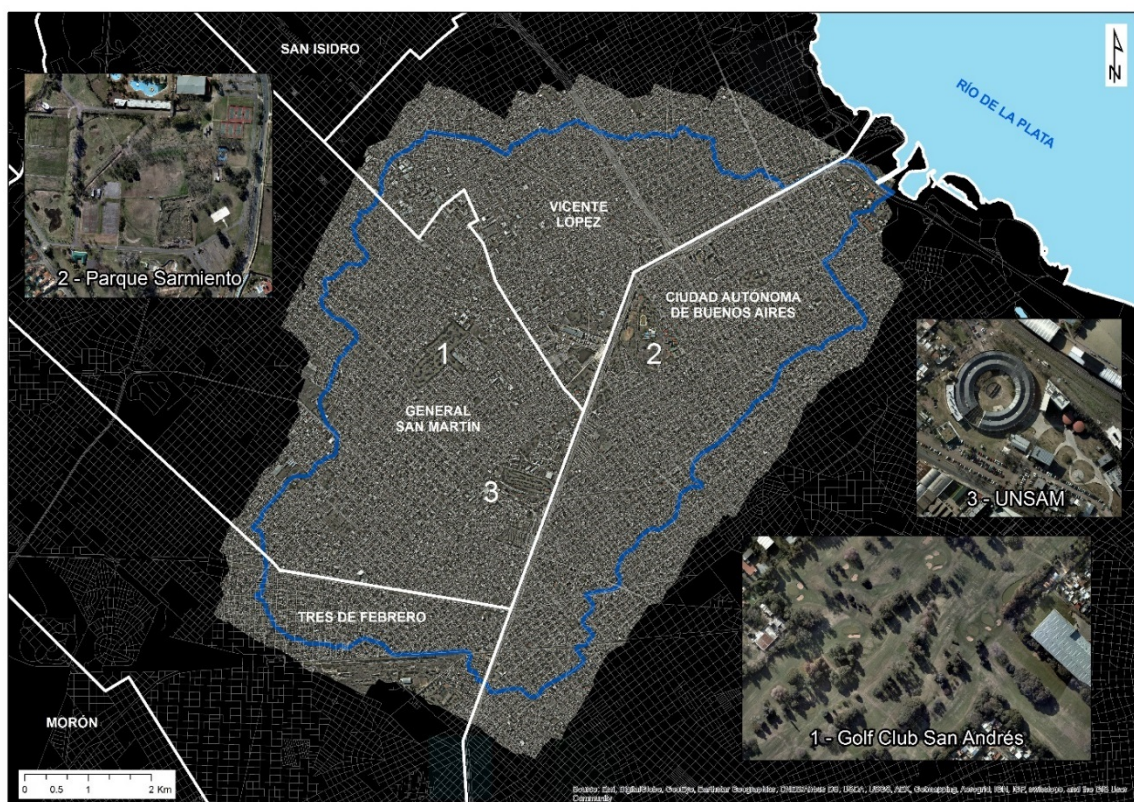


Figura 27: Mosaico del área de Estudio

Fuente: Consular

Como puede visualizarse en la figura precedente, áreas como la UNSAM (Universidad de San Martín), Golf Club de San Andrés y Parque Sarmiento, por tan sólo ejemplificar algunas, pueden visualizarse con una precisión y resolución de calidad óptima, a lo cual se suma que las mismas son de fecha reciente a la realización de este estudio.

La necesidad de trabajar con información actualizada y de una resolución adecuada hacen de este producto una herramienta de análisis poderosa en el estudio de la cuenca. Y el formato en el cual se elabora el mosaico (ECW), permite parámetros de compresión muy altos y eficientes (desde 10:1 hasta 50:1) y una rápida visualización/manipulación de dicha información.



4.3.6 Marco de Referencia Geodésico

Con el objeto de validar el MDE generado, se llevó a cabo la construcción de la Red de Apoyo Planialtimétrica Primaria o RAP conformada por de 3 (tres) mojones localizados en sitios estratégicos de la Cuenca, y una Red de Apoyo Secundaria o RAS conformada por 5 (cinco puntos) densificando la cantidad de puntos construidos en las zonas de mayor interés para el Proyecto.

Se llevó a cabo también la medición de Puntos de Apoyo Fotogramétrico (PAF) de acorde a la configuración del plan de vuelo para ajustar el MDE y las imágenes obtenidas. A continuación, se describen estas tareas.

4.3.6.1 Red de Apoyo Primaria y Secundaria

La planificación de los trabajos de construcción de la Red Primaria y Red Secundaria comenzó con el reconocimiento de las zonas propuestas inicialmente para la colocación de los vértices de la red o vértices geodésicos, con la premisa de encontrar las zonas aptas para la colocación de los mojones. Para ello, se seleccionaron zonas donde fue posible la colocación de los mismos y que además presentaran cielo despejado.

Los mojones colocados fueron confeccionados con hormigón colado dentro de un tubo de PVC de 10 cm de diámetro y 50 cm de largo, con una marca para realizar el centrado del instrumental topográfico y una placa identificatoria como se esquematiza en la siguiente figura. Debido a las condiciones del entorno, se llevó a cabo una excepción en el punto RP01. El mismo se materializó mediante un bulón inserto en el cordón en la plazoleta cercana a Avenida General Paz y Lugones.

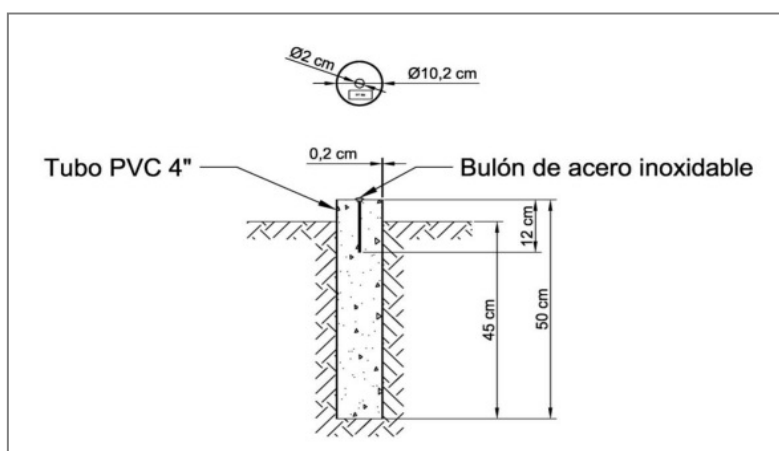


Figura 28: Mojón tipo utilizado para los vértices de apoyo

Fuente: Consular

El equipamiento utilizado para la realización de las tareas de medición fueron GNSS geodésicos de doble frecuencia:

- Dos receptores geodésicos doble frecuencia Trimble R7
- Dos receptores geodésicos doble frecuencia TopconHiper V

Las características de estos instrumentos (receptores y antenas) se resumen en las Tablas 4 y 5.

Tabla 6. Detalle del tipo de receptores GNSS doble frecuencia utilizados.

Fuente: Consular



Receptor	Descripción del receptor
R7 GNSS	Trimble L1, L2, L5, C1, C2, P-GPS/GLONASS/Galileo
Hiper V	Topcon, L1, L2, L5, C1, C2, GLONASS

Tabla 7. Detalle del tipo de antena GNSS.

Fuente: Consular

Antena	Descripción de la antena
TRM55970.00	TrimbleZephyr GNSS Model 2
HIPER_V	Antena integrada al equipo Topcon

4.3.6.2 Observación de la red y vinculación

Dado que la red materializada responde en realidad a una configuración de Red – Subred (primaria y secundaria), la observación se planificó siguiendo esta premisa, es decir dando más peso a las observaciones de la red primaria (RAP) y luego vinculando la red secundaria (RAS) a ésta.

En una primera instancia se realizó la observación de la RAP, mediante la utilización de tres receptores de manera simultánea, con una sesión de observación de dos horas de tiempo común para todos los receptores. Esta configuración generó una figura cerrada de tres lados, que fue vinculada a la estación permanente IGM1 ubicada en el edificio del IGN.

La observación de la RAS se realizó mediante vectores desde los puntos IGM1 y RP02, es decir que las coordenadas de esta red se calculan a partir de las coordenadas de estos dos puntos.

4.3.6.3 Procesamiento y obtención de coordenadas

Los vectores observados fueron procesados utilizando el software Trimble Business Center (TBC), con una máscara de elevación de 14°.

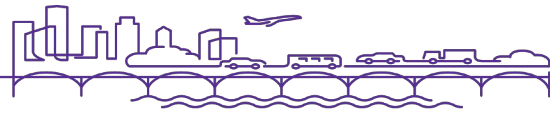
Una vez procesados todos los vectores pertenecientes a la RAP, se realizó la compensación por mínimos cuadrados, utilizando las coordenadas de la estación IGM1 como fiduciaras para el ajuste, de manera que las coordenadas de los nuevos vértices quedaron expresadas en el marco POSGAR07. Antes de realizar el ajuste se verificó el cierre geométrico de las figuras generadas, verificando que el error se encuentre por debajo de 1 ppm.

Para calcular las coordenadas de la RAS, se utilizaron como coordenadas conocidas las de la estación IGM1 y las obtenidas en el ajuste de la RAP para el punto RP02. A continuación, una tabla con las coordenadas de dichos puntos.

Tabla 8. Tabla resumen de coordenadas.

Fuente: Consular

Punto	Latitud	Longitud	h	σh	Este	σEste	Norte	σ Norte	Cota
RP01	S34°32'06.38717"	O58°27'37.34066"	21.931	0.004	6365930.445	0.001	6177977.538	0.001	5.83
RP02	S34°32'29.93529"	O58°31'52.45645"	40.417	0.005	6359435.089	0.001	6177155.504	0.001	24.29
RP03	S34°35'53.59725"	O58°31'19.69158"	43.724	0.004	6360365.283	0.001	6170891.565	0.001	27.58
RS01	S34°33'52.94786"	O58°28'53.10772"	31.654	0.006	6364046.29	0.001	6174665.395	0.001	15.53
RS02	S34°32'54.32449"	O58°29'34.51313"	26.836	0.008	6362963.974	0.001	6176456.522	0.001	10.72
RS03	S34°33'32.97637"	O58°32'43.75458"	41.936	0.005	6358156.626	0.001	6175192.747	0.001	25.80
RS04	S34°35'36.93807"	O58°32'51.60040"	42.403	0.004	6358015.164	0.002	6171369.343	0.002	26.26
RS05	S34°34'17.32721"	O58°30'36.25443"	34.175	0.004	6361427.855	0.001	6173875.104	0.002	18.04



La ubicación de la RAP y RAS se aprecian en la Figura 29.



Figura 29: Ubicación de los vértices geodésicos

Fuente: Consular

4.3.6.4 Marco de Referencia Vertical

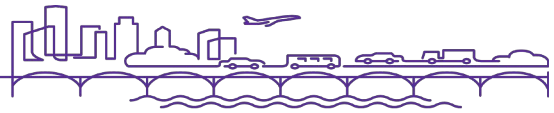
El marco de referencia vertical utilizado fue el marco definido por la red de nivelación del IGN a partir del último ajuste oficializado en enero del 2017. Debido a la tecnología empleada en el relevamiento (GNSS), se hace indispensable la generación de un modelo de transformación o reducción de alturas, para vincular de manera unívoca las alturas determinadas en el relevamiento al marco de referencia vertical.

Como modelo de transformación se utilizó el GEOIDE-Ar16, cuya documentación puede consultarse en la página <http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Geoide-Ar16>

4.3.6.5 Puntos de Apoyo Fotogramétrico

Se llevó a cabo la medición de Puntos de Apoyo Fotogramétrico (PAF). La planificación de la distribución de los mismos fue realizada teniendo en cuenta la geometría del vuelo a realizar y la distribución de pasadas. Debido a las características del terreno, los puntos utilizados fueron detalles del terreno que cumplieran con dos condiciones: que fueran fácilmente identificables y que sean planimétrica y altimétricamente inconfundibles.

Esta etapa tuvo como objetivo obtener coordenadas planimétricas y altimétricas de los puntos planificados, que fueron utilizados en la aero-triangulación. El relevamiento de estos puntos fue



realizado con GPS doble frecuencia en modo cinemático diferencial utilizando como puntos de referencia los pertenecientes a la red geodésica implementada en el área de trabajo.

Se midieron entre dos y cinco PAF por cada zona identificada, de manera de asegurar la posterior visibilidad de los mismos en las fotografías aéreas. Se presenta en la Figura 30 la ubicación de los puntos PAF medidos.

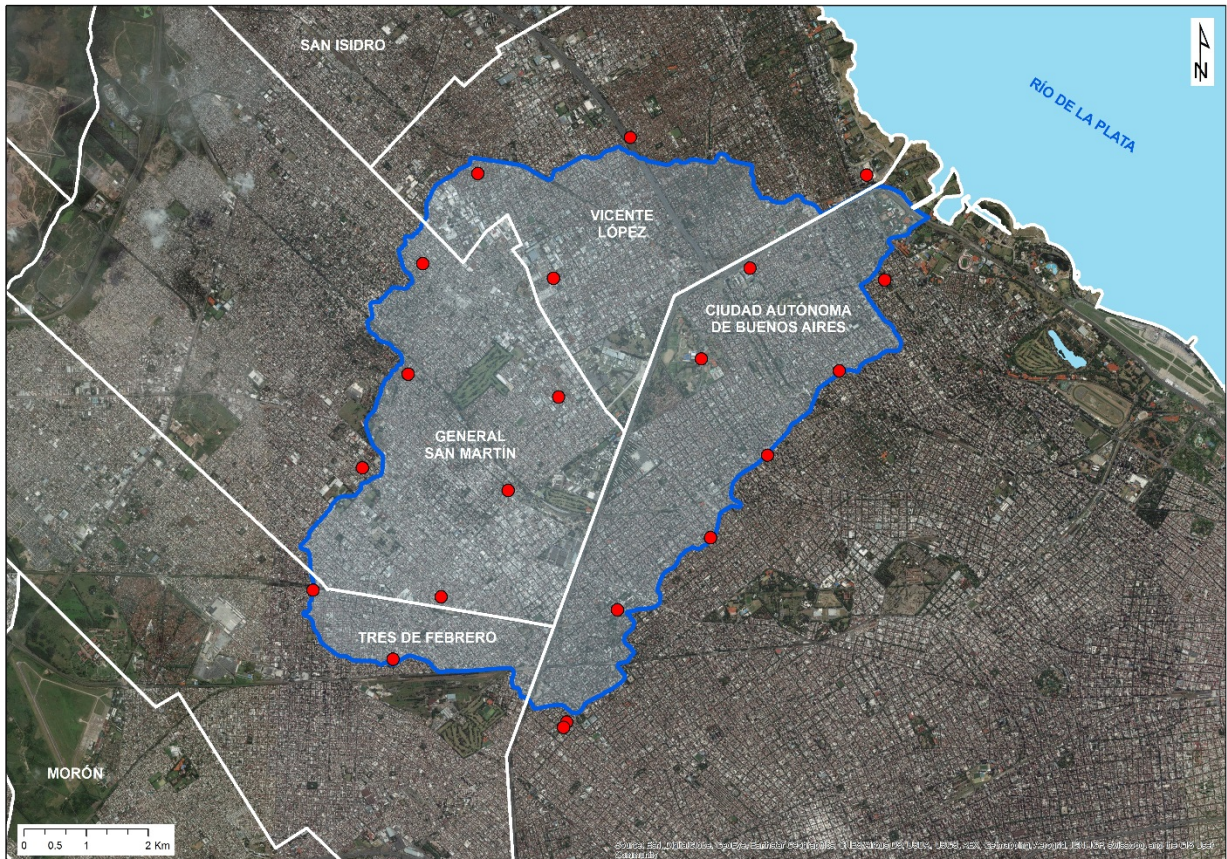


Figura 30: Ubicación de los puntos de apoyo medidos
Fuente: Consular

4.3.7 Control de Calidad del Modelo

La nube de puntos generada por el sistema LiDAR representa la superficie de los objetos impactados por los disparos Laser. No obstante, la posición de cada punto está sometida a la influencia de un conjunto de errores vinculados con la ubicación del avión y la actitud del equipo LiDAR (orientación espacial) al momento de la observación.

La manera de minimizar el efecto de estos errores es realizando una serie de ajustes a puntos de coordenadas bien conocidas.

Por eso, se determinaron las coordenadas de un conjunto de “puntos de control” convenientemente distribuidos en la zona de relevamiento. Para ello se utilizó GNSS en modo cinemático, con receptores Trimble modelo R7, doble frecuencia.

Los puntos fueron seleccionados en lugares estratégicos para poder ser observados con GNSS y para que permitan chequear en forma confiable el estado de la nube de puntos LiDAR; tanto en vertical como en horizontal. La calidad resultante de los puntos de control fue estimada en 1 cm y 2 cm en las componentes horizontales y en la componente vertical respectivamente.



En cada punto de control se calcula la diferencia (desvío) entre las coordenadas del punto y la correspondiente a la información LiDAR. Estas diferencias son analizadas y minimizadas a través de una solución de mínimos cuadrados, que incluye el ajuste de los parámetros de orientación del IMU y de cada trayectoria aérea.

La Figura 31 muestra los desvíos altimétricos obtenidos en cada punto de control luego del ajuste de parámetros. Las diferencias en la componente vertical analizadas sobre 226 puntos de control, no superan los 0.07 m; la desviación estándar es de 0,025 m y el promedio de los desvíos 0,002 m (ver Tabla 4). Tampoco muestran tendencias en alguna dirección preferencial.

Tabla 9. Estadística de las diferencias entre la Nube de puntos LiDAR y los puntos de control en la componente vertical.

Fuente: Consular

Estadística LiDAR-Pts Ctrl	
Promedio (m)	0.002
DesvEst (m)	0.025
Máx. (m)	0.062
Mín. (m)	-0.069
Nro.pts	226

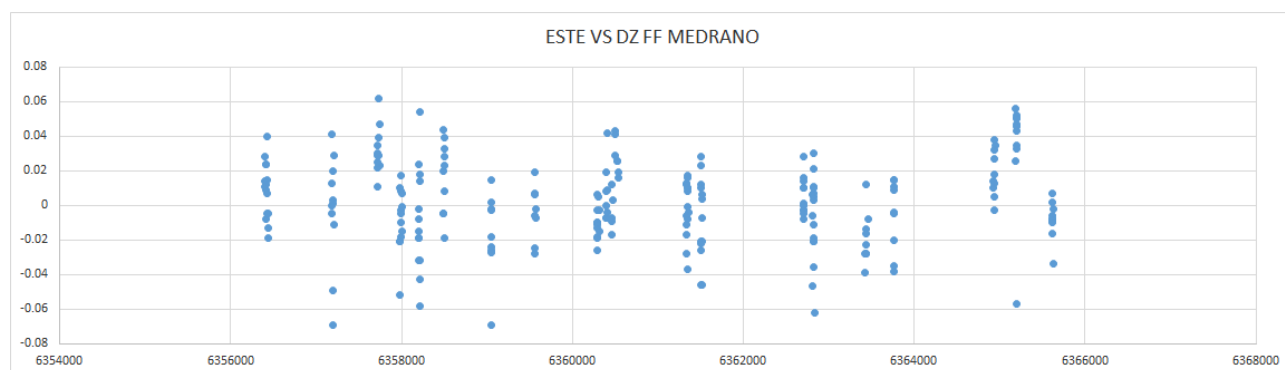


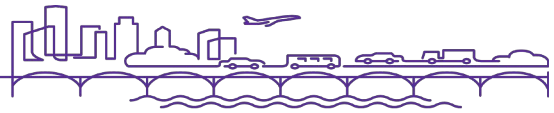
Figura 31: Desvíos observados de los puntos de control respecto de la superficie topográfica relevada.

Fuente: Consular

4.3.8 Archivos entregables

Se entregan adjuntos al siguiente informe, los siguientes archivos entregables:

- Listado de coordenadas finales (formato Excel);
- Informes de procesamiento de líneas de base (formato PDF);
- Informes de ajuste de red (formato PDF);
- Monografías de puntos de la red (formato PDF);
- Archivos de observaciones (formato RINEX);
- Informe de aerotriangulación (formato TXT);
- Planillas de campo (formato PDF)
- Fotos aéreas en tres bandas (RGB), con compresión sin pérdida LZW (formato TIF);
- Fotos aéreas, con un radio de compresión de 1:15 (formato ECW);



- Mosaico total de fotos aéreas, con las mismas características que los bloques (formato ECW).
- Foto-índice correspondiente al mosaico fotográfico (formato KML)

4.4 Revisión de estudios hidrológicos

4.4.1 Objeto

Teniendo en cuenta las necesidades de modelación hidrológica e hidráulica del proyecto, y sobre todo considerando la necesidad de lograr un adecuado diagnóstico y propuesta de soluciones en una cuenca altamente intervenida, en particular en lo referente a aspectos hidráulicos, donde las obras (conductos, calles, reservorios, etc.) responden tanto frente al caudal máximo producido por un evento (real o de diseño), como a la distribución en el tiempo de los caudales, resulta necesario por lo tanto la determinación completa de hidrogramas para el diseño y verificación de las obras o medidas no estructurales que se planteen. La determinación adecuada de los hidrogramas es clave cuando se plantean obras de regulación o retención de caudales y/o sistemas de bombeo.

Para una correcta estimación de los hidrogramas a utilizar en el diseño y/o verificación de las obras y medidas que se planteen, y no disponiéndose de series de caudales sistemáticos observados en las redes pluviales de la cuenca, resulta necesaria su estimación utilizando metodologías de transformación lluvia – caudal.

A continuación, se detallan los pasos principales a seguir para obtener las condiciones de contorno a la simulación hidrológica - hidráulica: por un extremo las precipitaciones (tormentas) como input al modelo y por el otro extremo las condiciones del cuerpo receptor (Río de la Plata) como condición aguas abajo.

Las tareas realizadas en este capítulo se resumen en:

- Análisis del régimen de precipitaciones de la cuenca y su evolución
- Análisis de informes antecedentes
- Actualización de información relativa a tormentas intensas
- Actualización de curvas Precipitación – Duración – Recurrencias (PDR) e Intensidad – Duración – Recurrencia (IDR)
- Determinación preliminar de la precipitación máxima probable (PMP)
- Recomendaciones sobre tormenta/s de diseño

Este informe constituye un avance dentro del cronograma y a efectos de permitir iniciar las tareas de diagnóstico hidrológico – hidráulico.

4.4.2 Información recopilada - precipitaciones

Se acompañan a continuación, informes y documentos a partir de los cuales se han obtenido datos de utilidad para el análisis de eventos pluviométricos:

- Plan Director de Ordenamiento Hídrico de la Ciudad de Buenos Aires (PDOH), (Halcrow – IATASA – Latinoconsult, 2006),
- Informe de las Precipitaciones Ocurridas en el País Durante el mes de abril 2013 (Servicio Meteorológico Nacional),
- Características Meteorológicas del Evento de Precipitaciones Intensas ocurridas el 2 de abril de 2013 (Servicio Meteorológico Nacional -25 de abril de 2013),



- 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 Ingeniería. Departamento de Hidráulica. Mayo 2013.
- Proyectos Ejecutivos para varias Cuencas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Estudios Complementarios del Riachuelo. Programa de Gestión del Riesgo Hídrico de la Ciudad de Buenos Aires. Préstamo BIRF N° 7289-AR. Estudio Hidrodinámico del Riachuelo, Serman & Asoc. – O. Grimaux & Asoc. – ATEC – DHI. 2014.
- Informe de máximos de precipitación registrados en la Estación Observatorio Central Buenos Aires - Villa Ortúzar, desde enero 2000 a diciembre 2016 (formato Excel).

Teniendo en cuenta que el PDOH (2006) utilizó información de tormentas hasta el año 1998, se adquirió información de precipitaciones máximas en 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180, 360, y 720 minutos, así como precipitaciones diarias en la Estación Villa Ortúzar del Servicio Meteorológico Nacional (Observatorio Central Buenos Aires – OCBA), para todos los eventos hasta diciembre de 2016. Asimismo, se obtuvo información de precipitación diaria en estaciones próximas a la cuenca.

La siguiente tabla presenta el listado de estaciones y variables disponibles, mientras la siguiente figura presenta la ubicación de las mismas en el contexto de la cuenca del A° Medrano.

Tabla 10. Listado de datos de precipitaciones disponibles.

Variable	Estación / Período	Comentario / Fuente
Precipitaciones diarias	Villa Ortúzar, período 1906 – 2016	SMN
	Aeroparque, período 1961 - 2016	
	San Fernando, período 1990 – 2016 (c/datos faltantes)	
	Don Torcuato, período 1970 - 2006	
	Morón, período 2006 - 2016	
	El Palomar, período 1956 - 2016	
	Castelar, período 1951 - 2016	INTA
Precipitaciones máximas anuales para duraciones de 30min a 720min	Estación Villa Ortúzar Período 1937 – 2016	Período 1937 – 1998 datos obtenidos del PDOH (2006), Período 1999 – 2000 datos obtenidos de Serman y otros (2014), Período 2000 – 2016 datos adquiridos en SMN
Precipitaciones cada 5 minutos. Estación Aeroparque	Período 1961 – 1998	Fuente: SMN – PDOH (2006)

La siguiente figura presenta la ubicación de las estaciones pluviométricas de organismos oficiales con longitudes de series aptas para análisis, en el contexto de la cuenca del A° Medrano. El Observatorio



Central Buenos Aires (Villa Ortúzar), se encuentra muy próximo a la cuenca. La estación de la UNSAM tiene muy pocos registros, no siendo útil a los fines de análisis estadísticos.

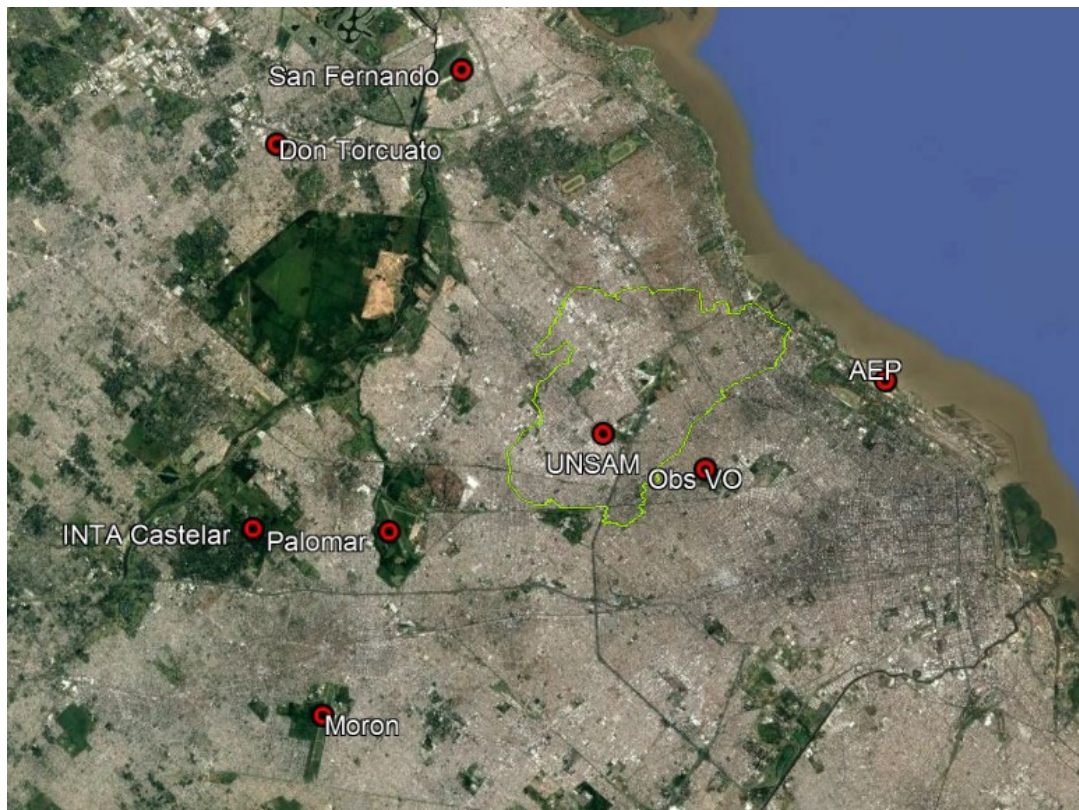


Figura 32: Ubicación estaciones pluviométricas

Se destaca asimismo la existencia de otros pluviómetros registradores en la cuenca, como los existentes en la página web <http://www.asambleasaavedra.com.ar/estaciones.html> (Villa Ballester, Parque Saavedra, Ciudad Universitaria, Villa Urquiza, Núñez). Los mismos no han sido utilizados en este informe debido a que no presentan suficiente longitud para los análisis estadísticos que se realizan en este capítulo.

4.4.3 Relaciones Precipitación-Duración-Recurrencia – Antecedentes Recientes

Como parte del PDOH (2006) se realizó un estudio de precipitaciones máximas para su utilización en la modelización de drenaje pluvial, con el objetivo de obtener estimaciones de la recurrencia de láminas de precipitaciones para varias duraciones seleccionadas, basado en los máximos anuales combinando registrados en el Observatorio (Villa Ortúzar) y Aeroparque. En la tabla siguiente se presenta la relación precipitación-duración-recurrencia producto de dicho análisis para lluvias de 5 min hasta 3 horas.



Tabla 11 - Buenos Aires: precipitación(mm) - duración (min) – recurrencia (PDOH, 2006)

Duración minutos	Intervalo de Recurrencia (años)					
	2	5	10	20	50	100
5	11	14	17	19	23	25
10	17	22	26	30	35	39
15	21	28	33	38	44	50
20	24	31	37	42	50	56
25	26	35	41	47	55	62
30	29	39	45	52	61	68
60	37	49	58	66	78	87
90	44	59	69	79	93	104
120	48	64	75	86	103	113
180	52	69	81	93	110	123

Posteriormente, en el informe realizado dentro del Programa de Gestión del Riesgo Hídrico de la Ciudad de Buenos Aires, (Serman y otros, 2014), se actualizan las mencionadas relaciones en base a la estación Villa Ortúzar con datos hasta el año 2012. Se encuentran diferencias sólo entre el 1% al 10% respecto a la propuesta del PDOH (2006), cuyas relaciones se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Buenos Aires: precipitación (mm)- duración (min) – recurrencia (años) (2014)

Duración (minutos)	Intervalo de recurrencia (años)					
	2	5	10	20	50	100
5	12	16	18	21	24	27
10	18	24	28	32	38	41
15	23	31	36	41	48	53
20	26	34	40	46	53	59
25	28	38	45	51	59	65
30	31	41	48	54	63	69
60	40	54	63	72	84	92
90	46	62	73	84	97	108
120	50	68	80	91	105	116
180	54	72	84	96	110	122
360	61	82	96	110	127	140
720	83	110	129	146	169	200

4.4.4 Análisis del régimen de precipitaciones de la cuenca y su evolución

4.4.4.1 Precipitaciones anuales

Se dispone de información pluviométrica diaria en la estación Villa Ortúzar desde el año 1906. Para el análisis de esta información se ha considerado un año hidrológico que comienza el 1° de Agosto y termina el 31 de Julio, de manera de agrupar el período lluvioso dentro de un mismo año o ciclo.

La Figura 33 presenta las precipitaciones anuales en el período disponible, junto con su precipitación media anual y la evolución de las precipitaciones medias cronológicas incrementales (incorporando un nuevo año en cada cálculo), como primer indicador de tendencia de la serie.

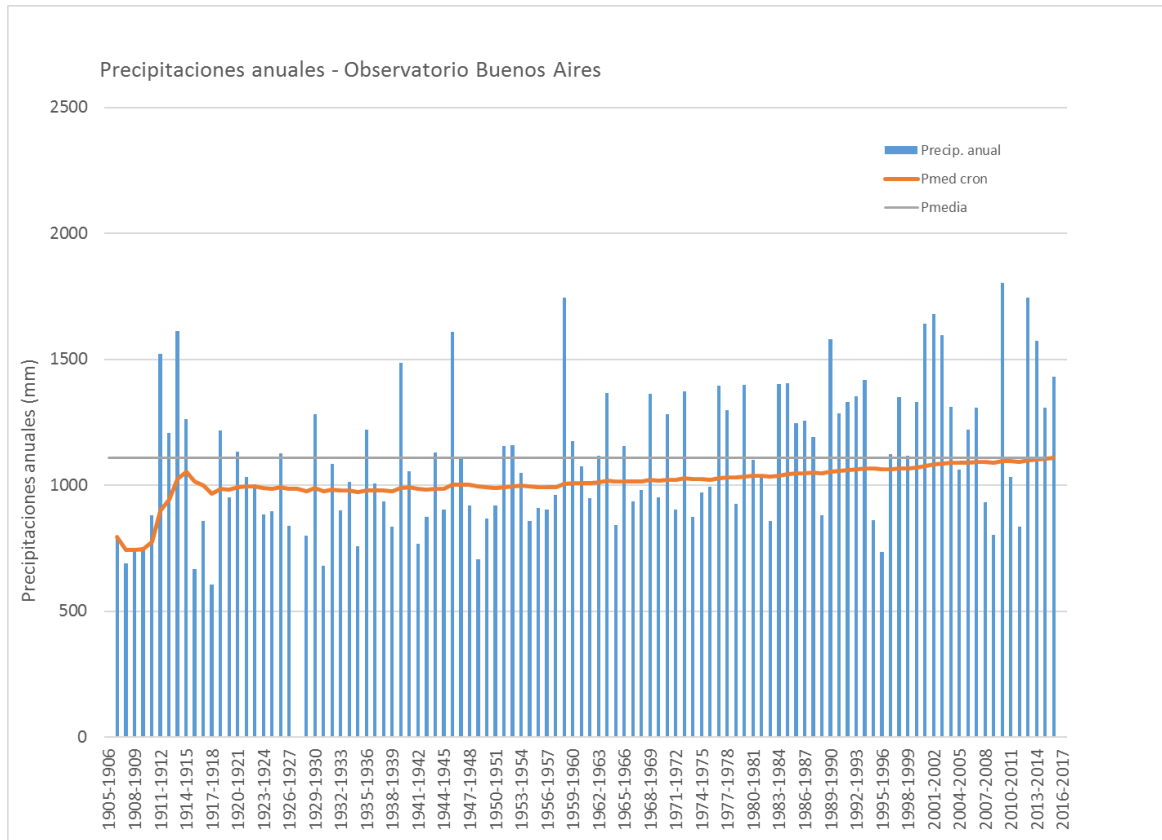


Figura 33 Precipitaciones anuales Observatorio Villa Ortúzar (SMN))

La precipitación media del período completo es de 1107mm, presentándose en la Tabla adjunta las precipitaciones medias anuales en diferentes subperíodos

Tabla 13. Variación de Precipitaciones medias anuales

Periodo	Precip. media anual (mm)
1905/06-2016/17	1107
1936/37-2016/17	1154
1960/61-2016/17	1201
1970/71-2016/17	1229
1980/81-2016/17	1254

Claramente se observa un incremento en la Precipitación media, en la medida en que la misma se obtiene para un período más reciente, tendencia observada en la figura de la variación de las medias cronológicas de la Figura 33. La diferencia entre la serie completa y la serie que se inicia en 1980 es de prácticamente 150mm.

La Figura 34 presenta precipitaciones medias anuales para subperíodos de 40 años. Se observa con mayor claridad cómo a medida que el período de análisis es más reciente, se incrementan los valores de precipitaciones medias anuales.

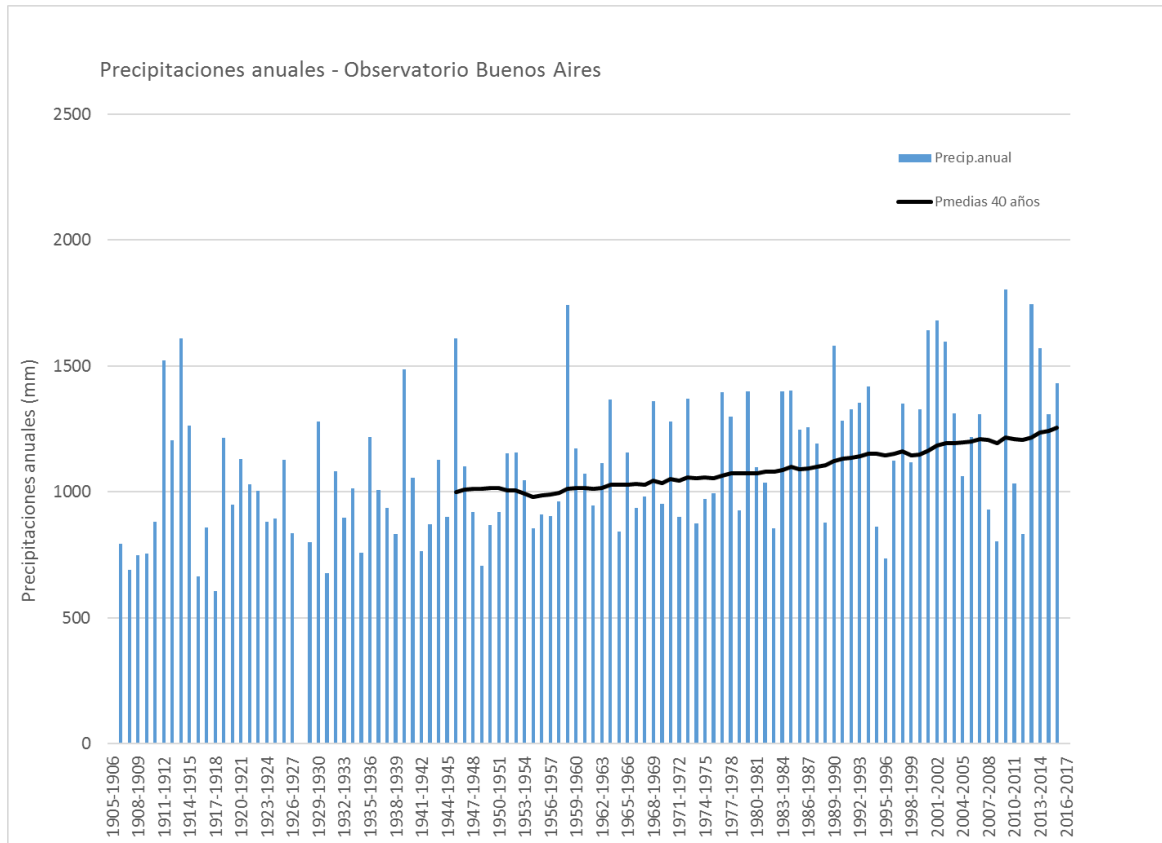
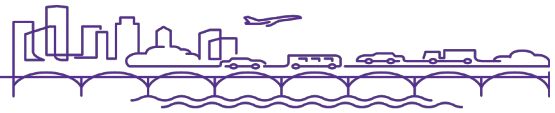


Figura 34 Precipitaciones anuales Observatorio Villa Ortúzar (SMN). Precipitaciones medias anuales cada 40 años

4.4.4.2 Precipitaciones medias mensuales

La Figura 35: presenta las precipitaciones medias mensuales, para diferentes subperíodos. Mientras en los meses menos lluviosos, de junio a septiembre, no se observan variaciones significativas entre los subperíodos analizadas, es claro el incremento de precipitaciones en los meses de octubre a abril. En este período se concentra el 70% de la precipitación anual.

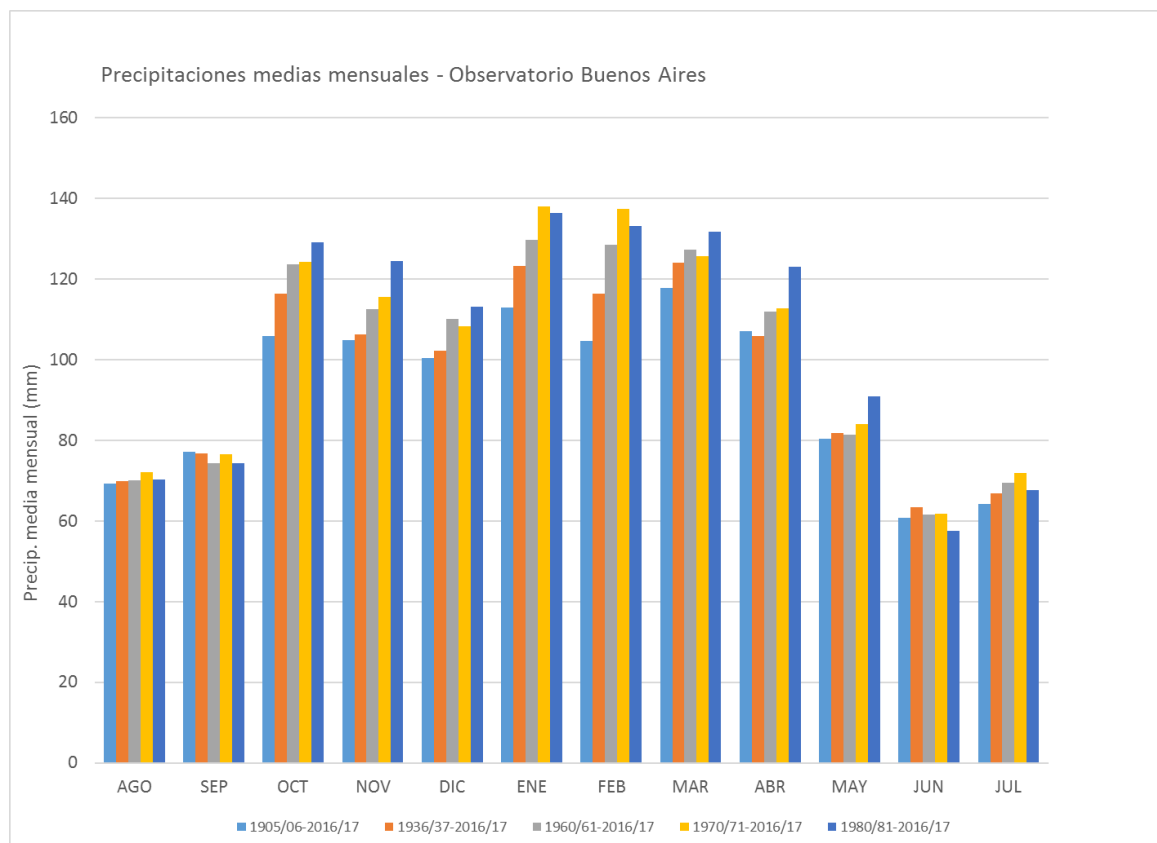


Figura 35: Precipitaciones medias mensuales Observatorio Villa Ortúzar (SMN).

4.4.4.3 Cantidad de días de lluvia

Considerando día de lluvia a aquél con registros mayores a 0.1mm, la cantidad de días al año con precipitaciones en la ciudad de Buenos Aires fue de 91 días en el período 1906/07 - 2015/16, 93 días en el período 1936/37 – 2015/16 y 95 días en el período 1970/71 – 2015/16.

De mayor interés resultan los días en los cuales se tienen eventos de pluviosidad más importante o días con tormentas. Si se toman la cantidad de días en la cual se tuvieron precipitaciones mayores a 20mm y 50 mm, los resultados se observan en la Tabla adjunta

Tabla 14. Buenos Aires. Cantidad de días con precipitaciones

	P>0.1mm	P>20mm	P>50mm
1905/06-1945/46	85	16	3
1905/06-2016/17	91	18	4
1936/37-2016/17	93	19	4
1960/61-2016/17	94	20	4
1970/71-2016/17	95	20	4
1980/81-2016/17	95	21	5

Ahora bien, si se analiza la evolución de las medias (de cantidad de días de lluvia) en el tiempo, se tiene una tendencia creciente, pasando de 16 días con precipitaciones mayores a 20mm en el período 1906/07 – 1945/46, a 21 días en el período que se inicia en 1980.

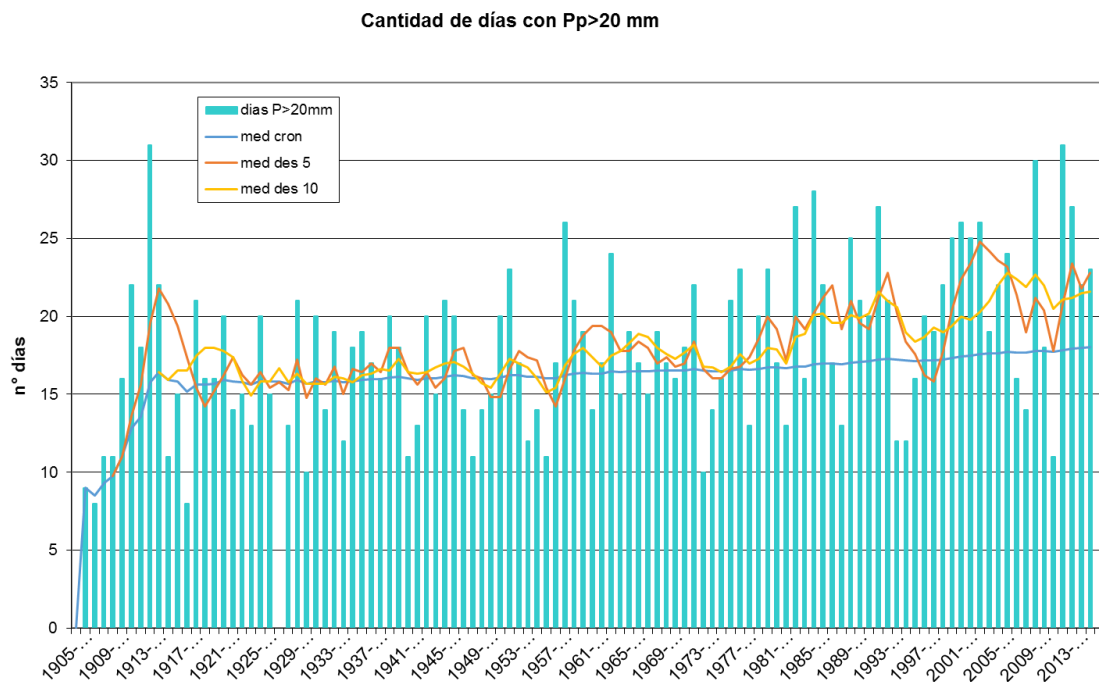


Figura 36 Cantidad de días con Precipitaciones mayores a 20mm. Observatorio Villa Ortúzar (SMN).

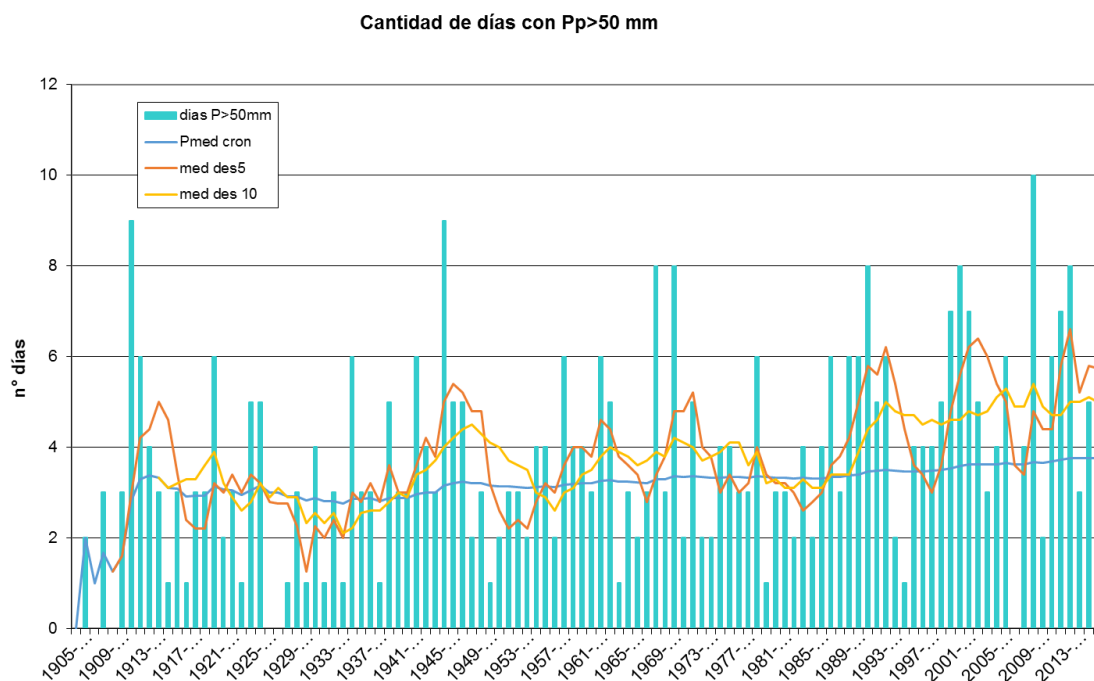


Figura 37 Cantidad de días con Precipitaciones mayores a 50mm. Observatorio Villa Ortúzar (SMN).

La Figura 36 y Figura 41 también muestran evidencia respecto a que la cantidad de días con tormentas está en aumento, con un patrón que se manifiesta a partir de la década del 60. En el punto siguiente se analizará si también se observa en aumento la cantidad de precipitaciones durante las tormentas.

En este contexto, en el Plan de Acción frente al Cambio Climático 2020. Buenos Aires Ciudad. 2015, se analiza la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos de precipitación acumulada en el Observatorio Central Buenos Aires (Villa Ortúzar) en distintos períodos de tiempo para las diferentes décadas entre 1961-2010. Para los casos analizados en los que la lluvia acumulada supera 30



milímetros en 30 y 60 minutos, “se observa un marcado incremento de estos eventos a lo largo del tiempo en los que su ocurrencia prácticamente se duplica (eventos de 100 mm en 24 horas y 30mm en 60 minutos) y hasta se triplica (eventos de 30mm en 30 minutos)”.

La mayor parte de los eventos extremos de precipitación en los que se acumulan 30 mm en cortos períodos de tiempo ocurren en el semestre cálido (octubre a marzo) en coincidencia con la época del año en la que se registra la mayor frecuencia de tormentas en la CABA. Esto se debe a que las tormentas que dan lugar a las precipitaciones intensas analizadas son mayormente de origen convectivo...”

4.4.4.4 Precipitaciones máximas anuales y su evolución

Por medio de la compilación de trabajos antecedentes, en particular del PDOH (2006) y la adquisición de información al SMN, se constituyeron series de precipitaciones máximas, en intervalos de 30min a diaria, para la estación Villa Ortúzar, las que se indican en Anexo I.

Para analizar la evolución en el tiempo de las precipitaciones máximas anuales se seleccionaron las duraciones de 1 hora y 3 horas.

La Figura 38: presenta las precipitaciones máximas anuales en 1 hora, en el período completo disponible, junto con las medias cronológicas incrementales determinadas para el período completo y con inicio en 1961 y 1971. En todos los casos se observa una tendencia creciente en los valores de la precipitación máxima media en 1 hora (la media para el período 1937-2016 es de 42mm y la media para el período 1971-2016 es de 45mm). De los primeros 10 máximos de la serie 9 se dieron de 1969 en adelante, destacándose el máximo registrado en 2001.

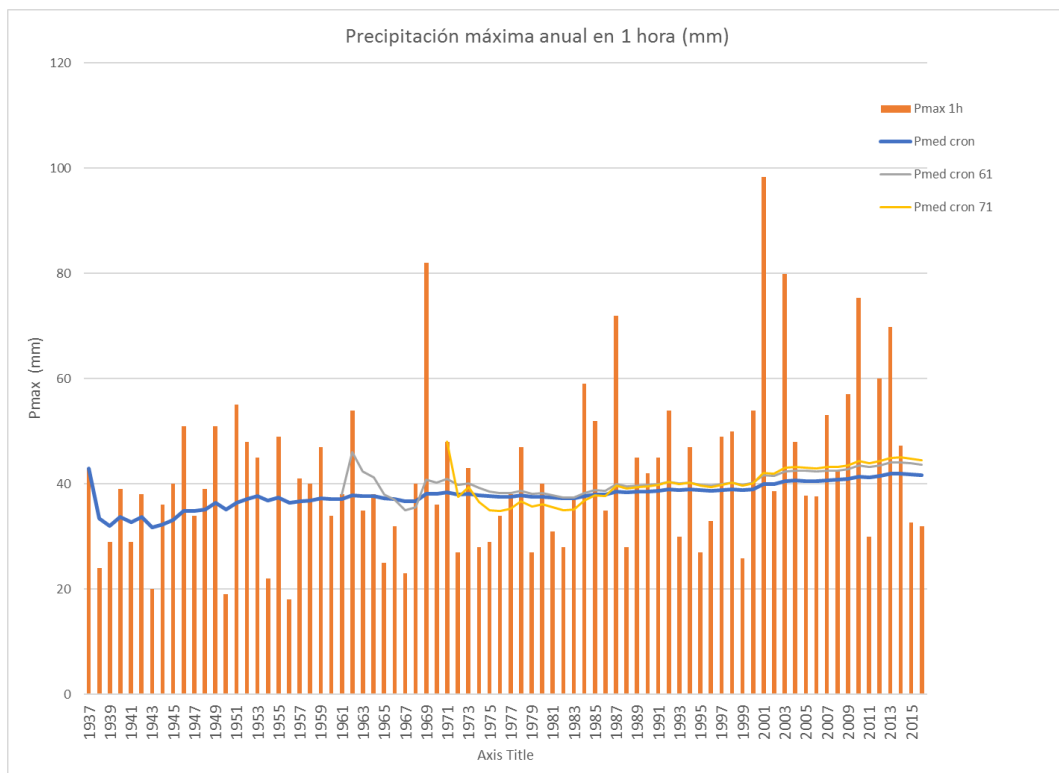
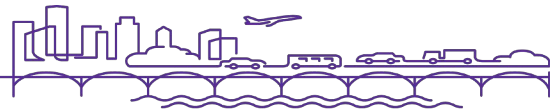


Figura 38: Precipitación máxima anual (1 hora)

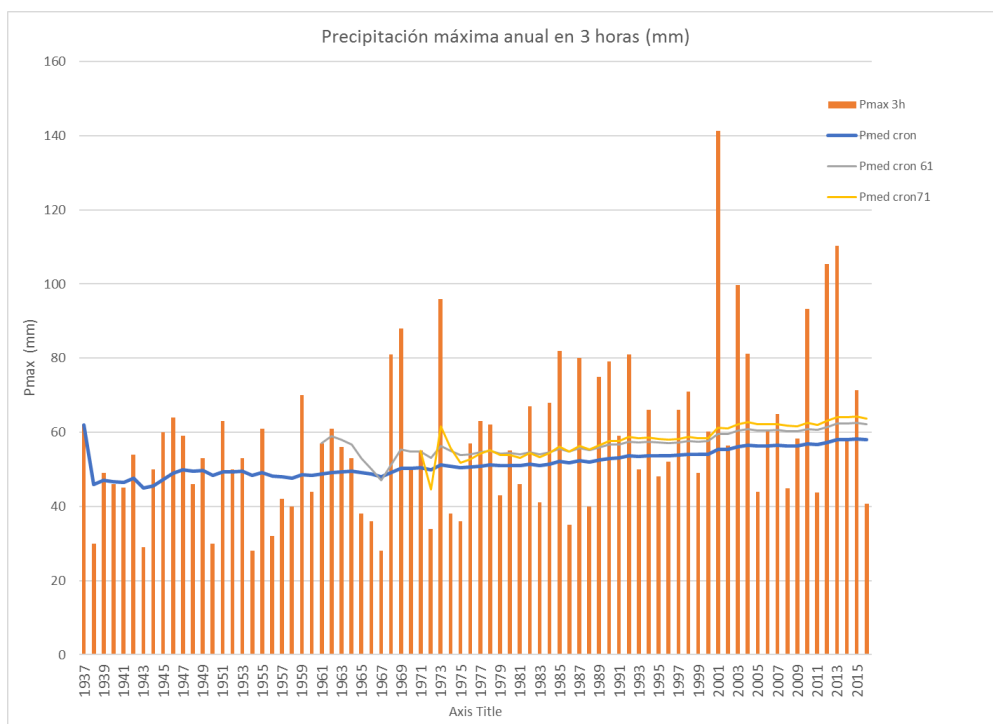
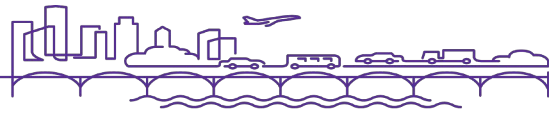


Figura 39: Precipitación máxima anual (3 horas)

En forma similar, la 43 presenta las precipitaciones máximas anuales en 3hs, y las respectivas medias cronológicas. La tendencia creciente en el valor de la media es clara, resaltándose los importantes eventos de 2001 y 2013. En este caso los primeros 10 valores de la serie ordenada (máximos) se dieron a partir de 1969.



4.4.4.5 Test de homogeneidad en precipitaciones extremas

En general los test estadísticos para análisis de homogeneidad que pueden utilizarse se basan en suponer la hipótesis nula (H_0) de que no existe interferencia (por lo tanto, los datos son homogéneos) y rechazar o no esta hipótesis con un cierto nivel de confianza. Varios test estadísticos están disponibles en la bibliografía, siendo en general el procedimiento usado, según Kite G. (1988):

- a) Establecer la hipótesis nula (H_0) de que no hay diferencias entre las submuestras;
- b) Elegir un test estadístico;
- c) Seleccionar un nivel de significación (α);
- d) Asumir la distribución muestral del test estadístico bajo H_0 ;
- e) Definir la región de rechazo;
- f) Calcular el valor del test. Si el valor está en la región de rechazo, rechazar H_0 .

Existen dos tipos de test estadísticos, paramétricos y no paramétricos. Los test paramétricos están asociados con ciertas suposiciones acerca de la muestra que está siendo testeada:

- las observaciones deben ser independientes,
- las observaciones deben ser obtenidas a partir de poblaciones normalmente distribuidas,
- estas poblaciones deben tener la misma varianza.

Dado que la población de precipitaciones máximas no está normalmente distribuida y que los test paramétricos utilizan los mismos estadísticos muestrales, este tipo de test suele ser poco potente para análisis de homogeneidad de series de extremos. Por esta razón es preferible aplicar test no paramétricos, que generalmente necesitan sólo la suposición que las observaciones deben ser independientes. Por otra parte, los test que parten muestras deben trabajar con submuestras aproximadamente iguales (en tamaño).

Entre los test No Paramétricos utilizable en extremos (ELECTROBRAS (1987), KITE G. (1977), PAOLI (2005)) se han seleccionado:

- Test de Mann – Kendall
- Test de Smirnov

Los desarrollos y resultados de estos test se acompañan en el Anexo II.

En el test de Mann – Kendall, para la serie completa en Villa Ortúzar se obtiene una probable mayor falta de homogeneidad respecto a la serie que se inicia en 1961. No obstante, debe tenerse en cuenta que este test no debe utilizarse en forma aislada, sino que deben analizarse sus resultados en conjunto con otros test y análisis.

El Test de Smirnov es de interés cuando se sospecha a priori a partir de qué año se presentan interferencias, por lo tanto, se prueban diferentes años de separación, tratando que los tamaños de submuestras no resulten muy diferentes. Los resultados muestran que, en duraciones de 1 hora, no



es significativa la falta de homogeneidad tanto en la serie completa como en la serie que se inicia en 1961 y en 1971. En cambio, para la duración de 3 horas, los niveles de rechazo de homogeneidad son mayores en la serie completa respecto a la serie que se inicia en 1961 y en 1971.

Del conjunto de análisis realizados se tiene:

- Existe evidencia que las precipitaciones en la región de la ciudad de Buenos Aires están en aumento, tanto a nivel de precipitaciones anuales como mensuales, así como para eventos extremos,
- Se han incrementado la cantidad de días con eventos de tormentas, y hay tendencia creciente en las precipitaciones máximas anuales de corta duración,
- Los test no paramétricos utilizados, aunque no resultan contundentes, muestran indicios de falta de homogeneidad en las series completas, en particular para los análisis realizados en duraciones de 3 horas.

En conclusión, y del conjunto de análisis realizados, se deduce que hay indicios de falta de homogeneidad estadística en la serie completa.

4.4.5 Análisis Estadístico del Riesgo de Tormentas

4.4.5.1 Alcance

A partir del análisis de antecedentes y de evolución de precipitaciones extremas realizado, y a efectos de validar y/o proponer modificaciones a las tormentas actualmente en uso, se realiza a continuación un análisis comparativo.

En primer lugar, se realiza un análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales para la estación Villa Ortúzar, del Servicio Meteorológico Nacional, con base en 80 años de registros (desde 1937 a 2016). De 1937 a 1998 se toma la serie utilizada en el PDOH (2006), la cual fuera evaluada y consistida en dicha oportunidad, completándose el registro con precipitaciones máximas anuales hasta 2016.

A partir de evidencias de incremento de la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos, se realizan también análisis para subseries 1961 – 2016 y 1971 – 2016.

Finalmente, se proponen valores de precipitación (lámina) - duración – recurrencia para los estudios de modelización de drenaje pluvial.

4.4.5.2 Metodología estadística para estimar el riesgo de precipitaciones extremas

Existe una gran variedad de modelos estadísticos, a nivel global, posibles de utilizar para obtener relaciones de lámina de precipitación – duración- recurrencia (y/o intensidad – duración – recurrencia), así como procedimientos para estimar sus parámetros. El debate para determinar cuál es el “mejor” modelo y cuál es el procedimiento más eficiente para estimación de parámetros es tedioso y genera algunas controversias entre los especialistas. No obstante, en los últimos años existe suficiente evidencia científica como para demostrar que la estimación de parámetros, de la mayoría de las distribuciones de extremos, realizadas por Momentos Ponderados por Probabilidad (Probability Weighted Moments) resultan una de las maneras estadísticas más eficientes, sobre todo cuando se cuenta con muestras de longitud relativamente reducida. Este método de estimación de parámetros fue utilizado en el PDOH (2006).



En principio se utilizan las series de precipitaciones máximas anuales completas disponibles indicadas en el Anexo I, donde la selección de la muestra se basó en el criterio de serie anual (AM, un valor máximo por año), para luego realizar el análisis de frecuencia para diferentes submuestras, y efectuar análisis tendientes a proponer la serie que mejor se ajuste al diseño a realizar.

Si bien se siguen los procedimientos utilizados en el PDOH (2006), se realizan ajustes con diferentes funciones de distribución (y métodos de ajustes de parámetros), que permitan validar la distribución seleccionada.

A efectos de la representación muestral de los datos disponibles, se utilizó como frecuencia empírica (P_i) a la expresión de Gringorten ($P_i = (i - 0.44) / (n + 0.12)$), recomendada para utilizar en series de valores extremos; donde i es el número de orden de la muestra y n su tamaño.

Para los análisis de frecuencia a las series de precipitaciones máximas, se utilizaron las funciones de distribución probabilística que se indican a continuación:

- Gumbel (GU)
- General de valores extremos (GEV)
- Log normal (2 parámetros) (LN2)
- Pearson III (PIII)
- Log Pearson III (LPIII)
- Exponencial (EXP)

Se obtuvieron los parámetros de estas funciones por: momentos ponderados por probabilidades (GU, GEV), método de máxima verosimilitud (LN2, PIII), momentos mixtos (LPIII) y momentos tradicionales (EXP).

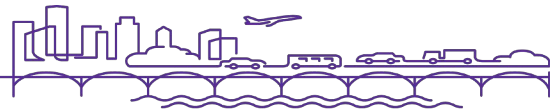
Se realizó finalmente una comparación de resultados y propuesta final de relaciones Precipitación – Duración – Recurrencia a utilizar en la cuenca del A° Medrano.

4.4.5.3 Estadísticos muestrales

Los estadísticos de la muestra: X (media), S (desvío estándar), CS (Coeficiente de asimetría), CV (Coeficiente de variación), para la serie de Villa Ortúzar en el período 1937 – 2016 se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Estadísticos muestrales – Villa Ortúzar (1937 – 2016)

Duración (minutos)	X (mm)	S (mm)	CS	CV
30	32.0	10.78	1.05	0.34
60	41.7	14.9	1.26	0.36
120	52.7	19.38	1.26	0.37
180	58.0	20.48	1.30	0.35



Duración (minutos)	X (mm)	S(mm)	CS	CV
360	64.9	23.18	0.92	0.36
720	84.9	30.18	2.10	0.36
diaria	93.9	26.53	1.18	0.28

X(mm): media de la serie de precipitaciones máximas,

S(mm): desvío estándar de la serie de precipitaciones máximas,

CS: coeficiente de asimetría,

CV: coeficiente de variación ($CV=S/X$)

Las series presentan valores del CV entre 0.28 y 0.37; y valores de CS en general mayores que 1, con un máximo en la serie de 12hs (2.1). Estos coeficientes de asimetría resultan próximos al de la distribución Gumbel (1.14), a excepción de la serie de 12 horas, donde el evento del año 1985 tiene un peso significativo representando un outlier en la muestra.

4.4.5.4 Relación lámina - duración - recurrencia. Estación Villa Ortúzar (1937-2016)

La Figura 40: presenta el análisis de frecuencia realizado para la serie de precipitaciones máximas de 1 hora de duración.

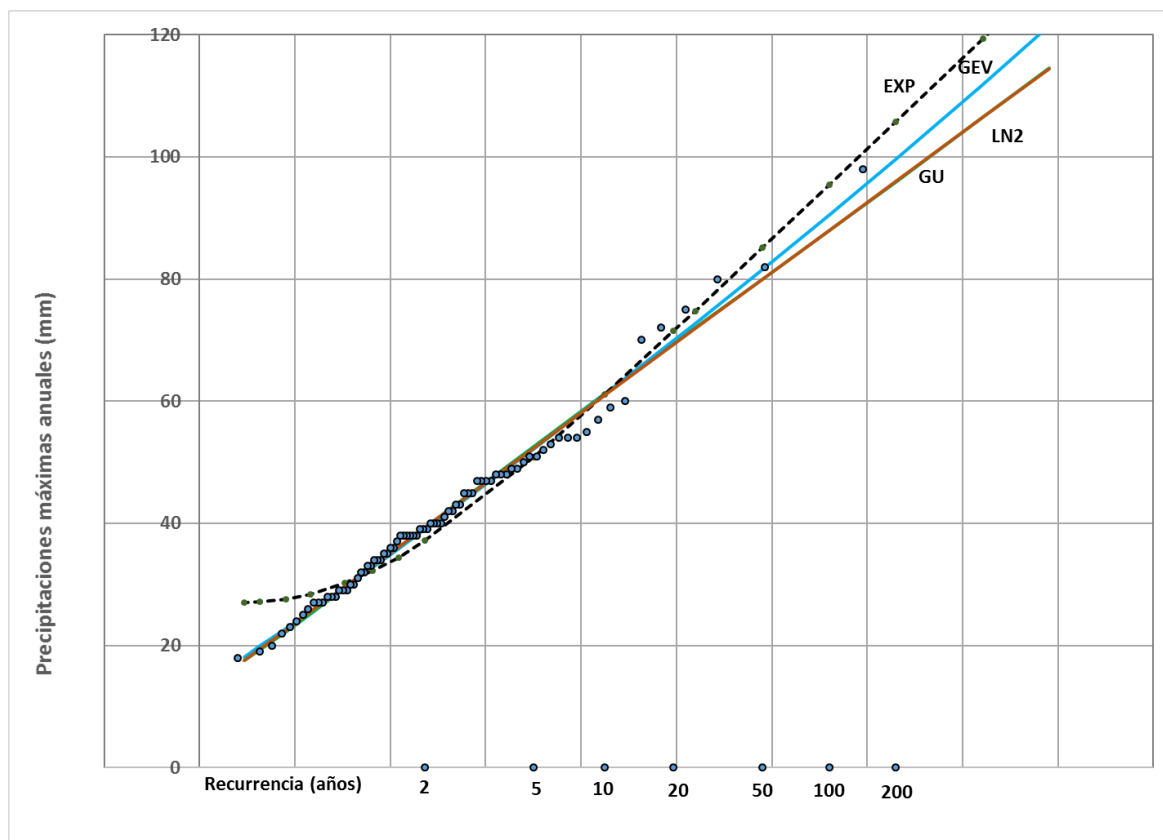




Figura 40: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales d= 1 hora (serie 1937-2016)

Las distribuciones de probabilidad tienen un comportamiento muy similar en la porción central, comenzando a separarse en las recurrencias superiores (a partir de 10 años), como es de esperarse. Los errores cuadráticos medios al ajuste favorecen a las distribuciones GEV y GU, resultando la primera con un buen ajuste visual a la muestra. No se observa la presencia de outliers o valores atípicos en esta muestra.

Se acompañan ejemplos de ajustes visuales a las muestras de 3 horas y 6 horas de duración en la Figura 41: y Figura 42:, donde también la distribución GEV (MPP) resulta un buen ajuste a las muestras.

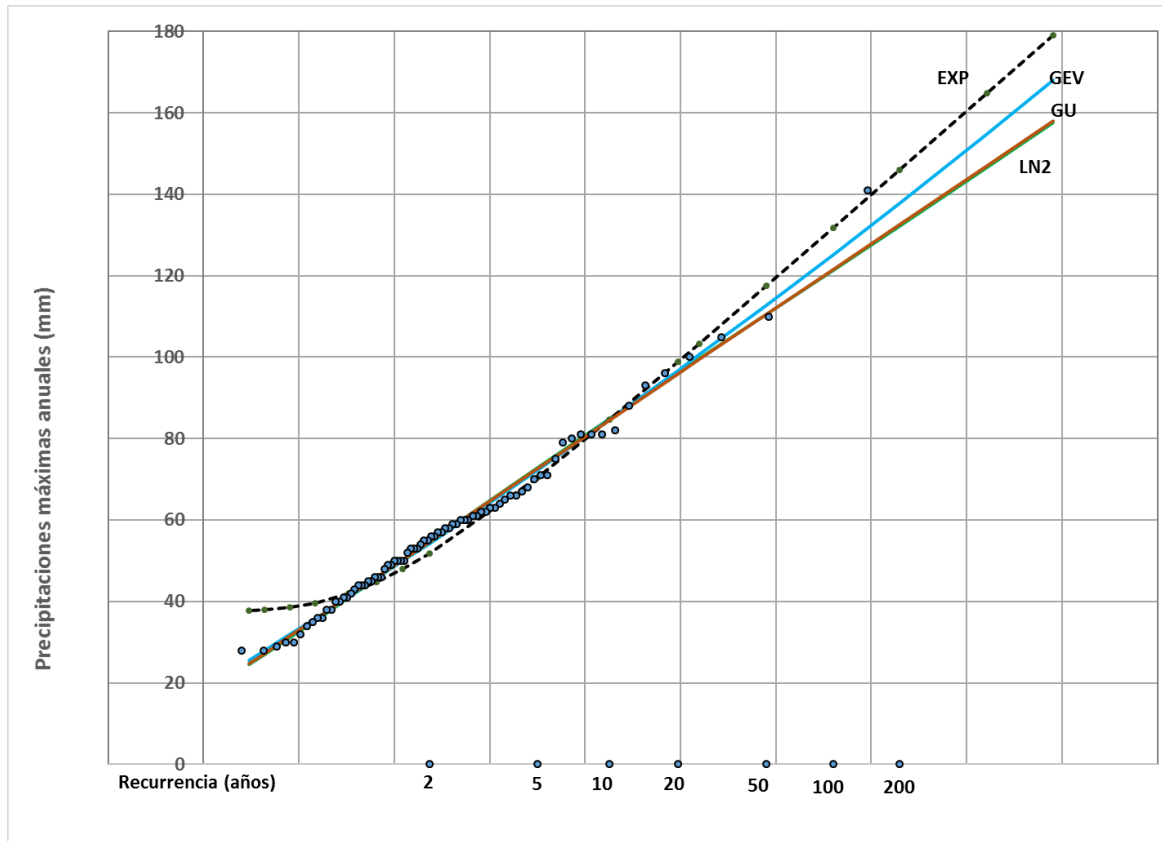


Figura 41: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales d= 3 horas (serie 1937 – 2016)

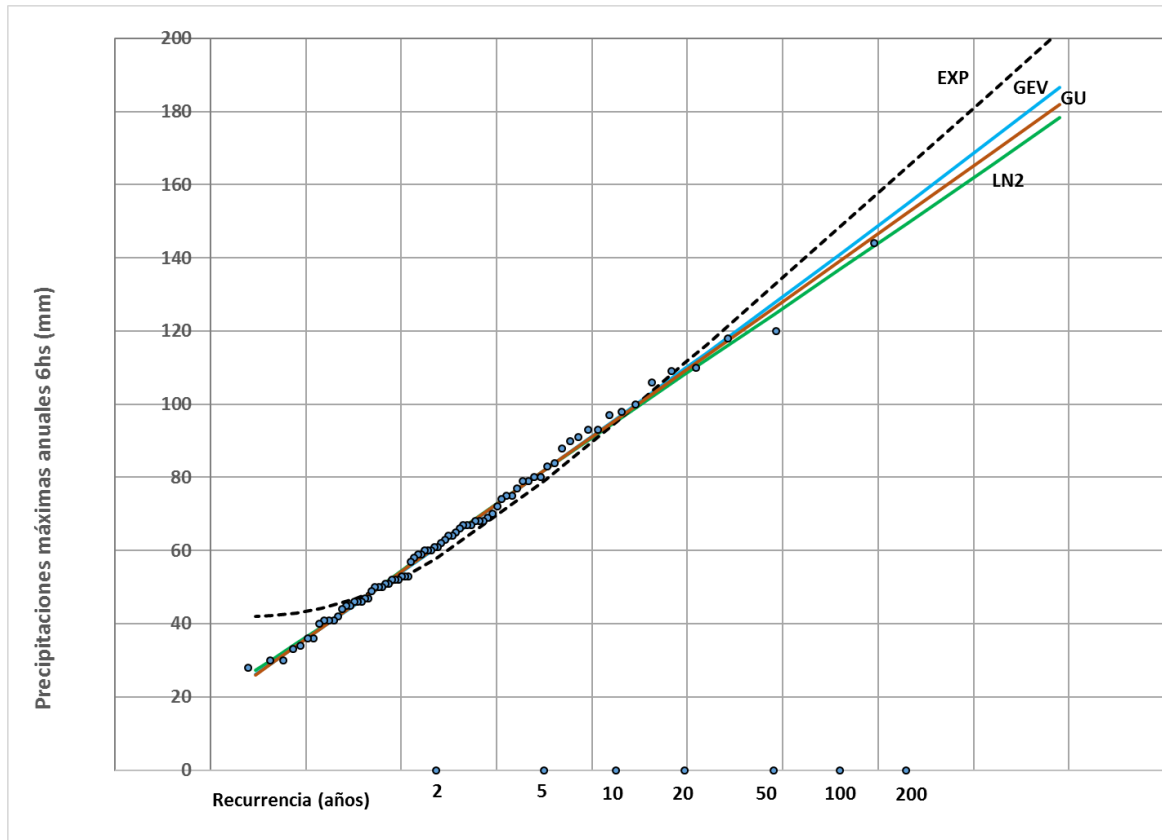


Figura 42: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales d= 6 horas (serie 1937 – 2016)

Respecto a las precipitaciones extremas para duraciones muy cortas, existe evidencia a nivel internacional, para todas las zonas climáticas, que la relación entre precipitaciones menores a 60 minutos respecto a las precipitaciones de 60 minutos (1 hr) es una función fija y que resulta independiente del intervalo de recurrencia T (años). Por ejemplo, el US Weather Bureau (Herschfield. 1961, 1962) recomienda las relaciones indicadas en la segunda columna de la Tabla 16. tomando como base amplios estudios realizados en Norte América.

Bell (1969) amplió el estudio de Herschfield, utilizando datos de diferentes regiones del mundo y elaboró una fórmula, cuyos resultados son muy similares:

$$Dt / D60 = 0.54 t^{0.25} - 0.5 \text{ para } t \text{ menor que } 60 \text{ minutos}$$

La universalidad de estas relaciones ha sido confirmada por diferentes autores, por ejemplo, Adamson y Chong (1992) en un estudio con información de Sudáfrica, Italia, Australia, EEUU y el Reino Unido.

En la cuarta columna de la Tabla 16. se tiene la relación para precipitaciones de 30min/1h en Villa Ortúzar, mostrando consistencia de los valores asumidos por los factores de origen internacional.

Estas relaciones, para duraciones menores a 30 minutos, han sido utilizadas en el PDOH (2006), por lo que se mantiene dicho criterio para esta actualización.



Tabla 16. Relación de profundidad (lámina) de precipitación para duraciones menores a 1 hora respecto a la precipitación en 1 hora

Duración (minutos)	Herschfield Dt / D60	Bell (1969) Dt / D60	Buenos Aires Dt / D60
5	0,29	0,31	
10	0,45	0,46	
15	0,57	0,56	
20	0,64	0,64	
25	0,71	0,71	
30	0,79	0,76	0,76
60	1,00	1,00	1,00

La Tabla 17. presenta los resultados del análisis de frecuencia realizado a los datos de la estación Villa Ortúzar, en base a la distribución GEV y ajustando sus parámetros por el método de momentos ponderados por probabilidades (MPP). La longitud de registro (N) varía entre 79 y 80 valores, según la duración considerada.

Tabla 17. Análisis de frecuencia Precipitaciones máximas anuales (mm). Estación Villa Ortúzar (1937 – 2016),

Dur(min)	Recurrencia (años)						
	2	5	10	20	50	100	200
5	11	15	18	20	24	26	29
10	18	23	27	31	37	41	45
15	22	30	35	40	46	52	57
30	30	40	46	53	62	69	76
60	39	52	61	70	82	91	100
120	49	66	78	90	105	116	128
180	54	72	85	97	113	125	138
360	61	82	96	110	128	141	155
720	80	106	122	138	159	174	189
1día	89	112	129	145	168	185	203

PT(mm): precipitación máxima anual para la recurrencia T, en mm

Estos resultados, para recurrencias entre 2 y 100 años y duraciones de 5 a 180 min, resultan en promedio 4% mayores a los valores propuestas en el PDOH (2006), con diferencias máximas del orden del 6%.

Relación Precipitación - Duración - Recurrencia. Estación Villa Ortúzar (serie 1961-2016)

La Figura 43: presenta el análisis de frecuencia realizado para la serie de precipitaciones máximas de 1 hora de duración.

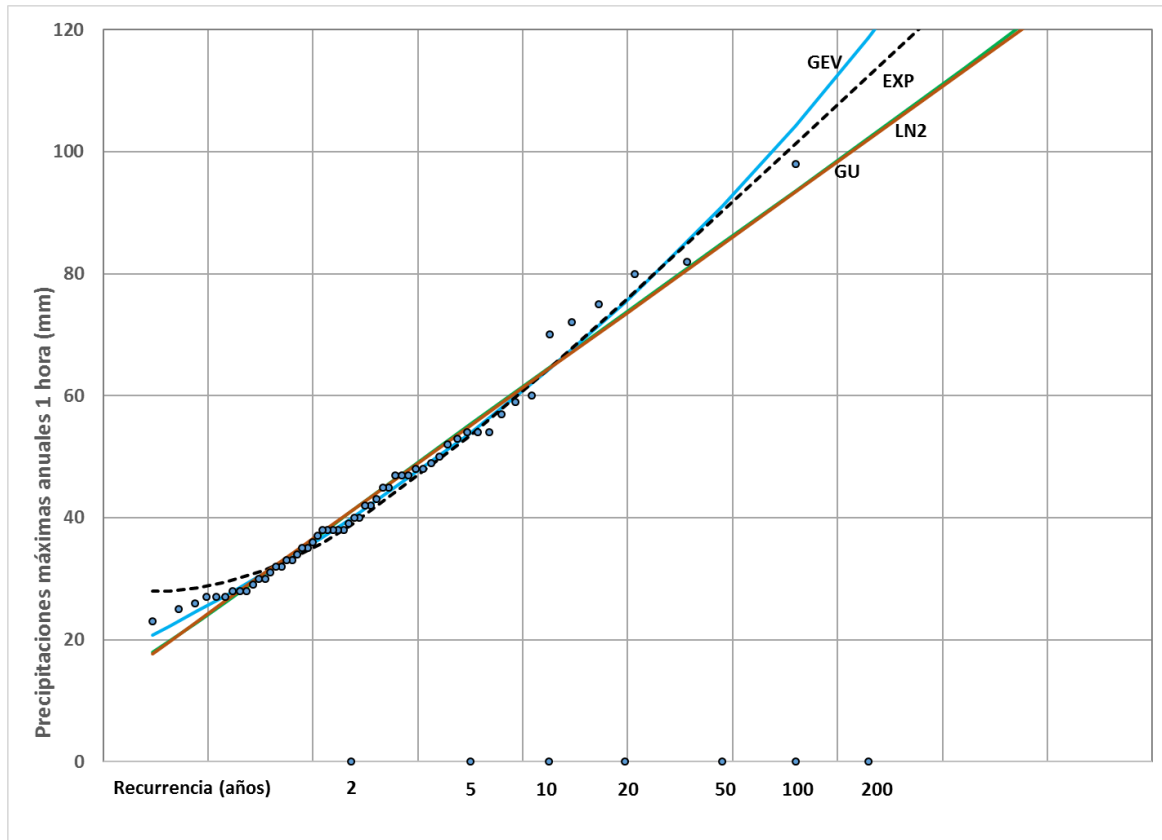
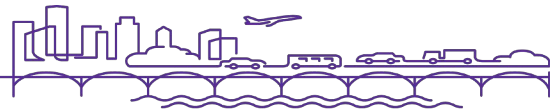


Figura 43: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales $d=1$ hora (serie 1961-2016)

Nuevamente, las distribuciones tienen un comportamiento muy similar en la porción central de la muestra, comenzando a separarse a partir de 10 años de recurrencia. Los menores errores cuadráticos medios al ajuste corresponden a la distribución GEV.

Se acompañan también ajuste visual a la muestra de 3 horas de duración en la Figura 44:, donde también la distribución GEV (MPP) resulta un buen ajuste a la muestra.

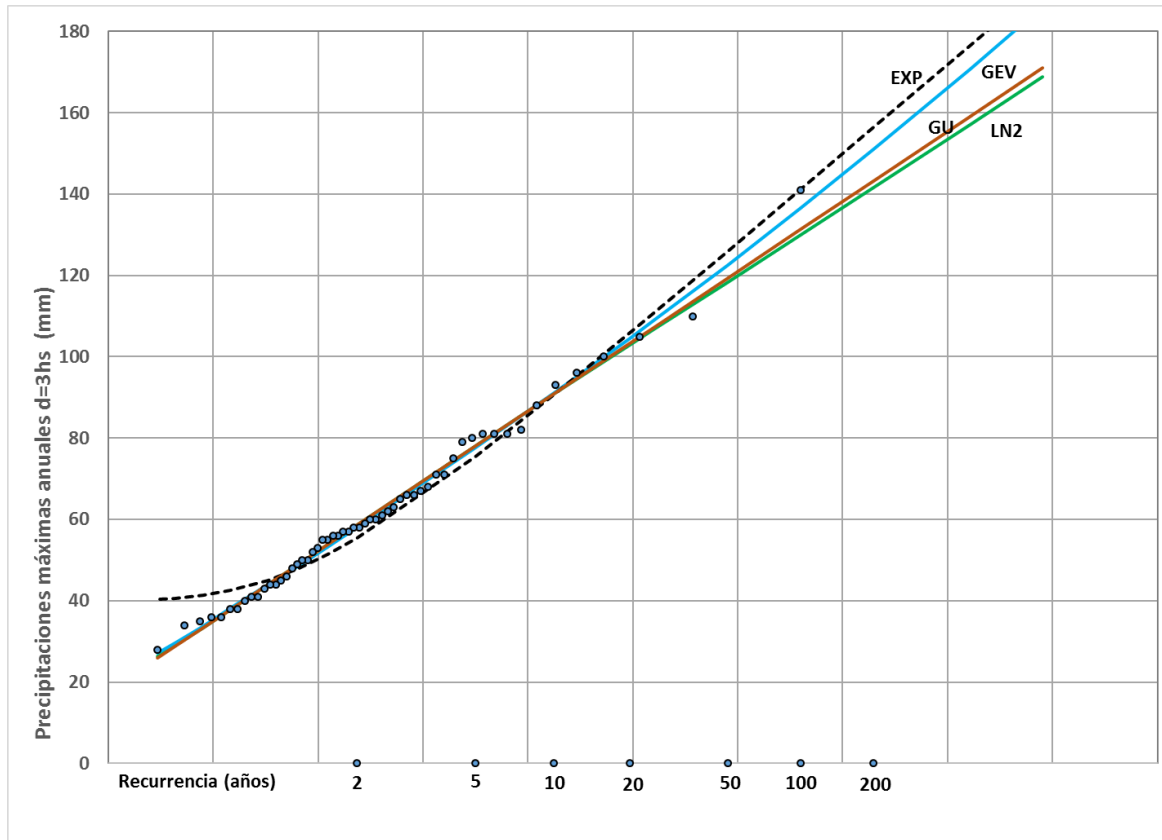


Figura 44: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales d= 3 horas (serie 1961 – 2016)

La Tabla 18. presenta los resultados del análisis de frecuencia realizado a los datos de la estación Villa Ortúzar, para la serie 1961-2016 en base a la distribución GEV. La longitud de registro (N) varía entre 55 y 56 valores.

Tabla 18. Análisis de frecuencia Precipitaciones máximas anuales (mm). Estación Villa Ortúzar (1961 – 2016),

	Recurrencia (años)						
Dur(min)	2	5	10	20	50	100	200
5	12	16	19	22	26	30	34
10	18	24	29	34	41	47	53
15	23	31	37	43	52	59	68
30	31	41	48	56	68	77	88
60	40	54	64	75	91	104	119
120	51	70	83	97	115	130	146
180	58	78	91	105	123	137	151
360	68	90	104	117	133	145	156
720	83	109	127	144	167	184	201
1día	90	116	133	151	176	194	214

Estos resultados, para recurrencias entre 2 y 100 años y duraciones de 5 a 180 min, resultan en promedio 11% mayores a los valores propuestos en el PDOH (2006), con diferencias máximas puntuales del orden del 17%.

Relación Precipitación - Duración - Recurrencia. Estación Villa Ortúzar (serie 1971-2016)



La Figura 45: presenta el análisis de frecuencia realizado para la serie de precipitaciones máximas de 1 hora de duración.

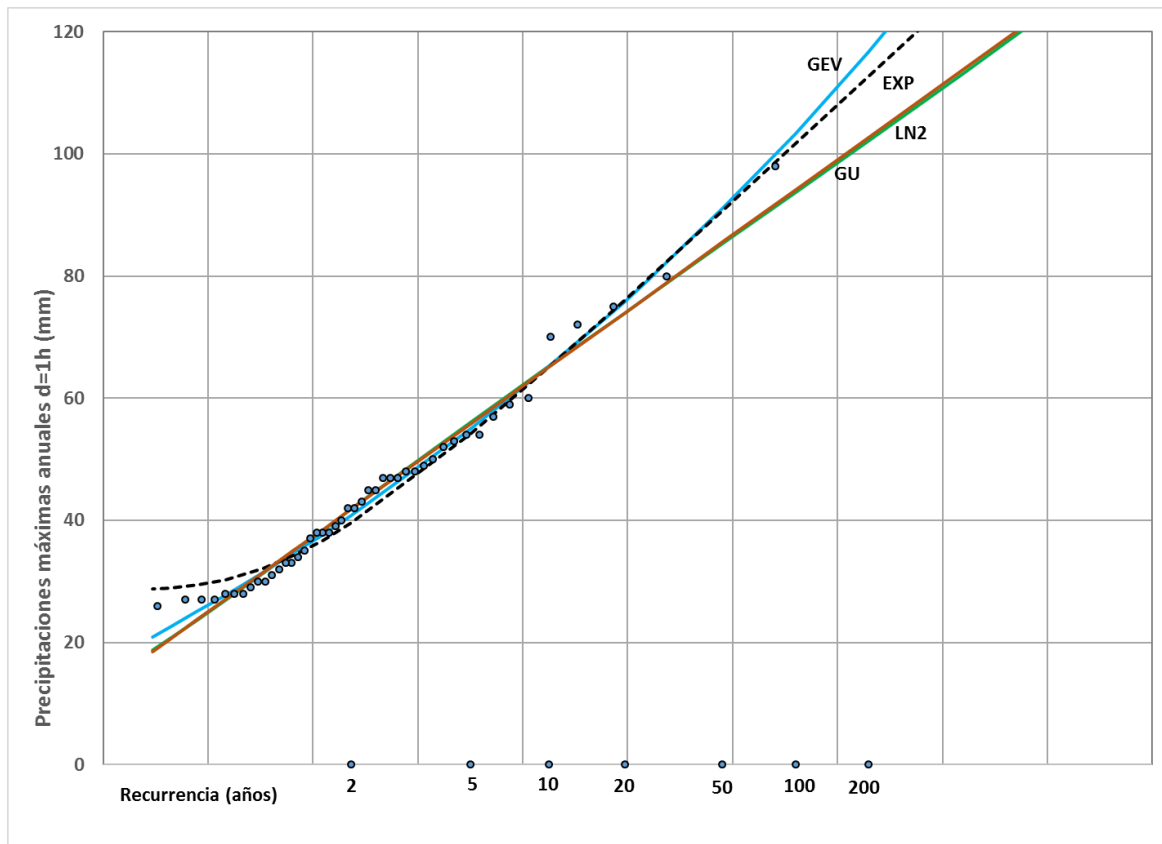


Figura 45: Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas anuales d= 1 hora (serie 1971-2016)

La distribución GEV presenta un buen ajuste a la muestra, correspondiéndole los menores errores cuadráticos medios al ajuste, en comparación con las otras distribuciones.

La Tabla 19. presenta los resultados del análisis de frecuencia realizado a los datos de la estación Villa Ortúzar, para la serie 1971-2016 en base a la distribución GEV. La longitud de registro (N) en este caso varía entre 45 y 46 valores.

Tabla 19. Análisis de frecuencia Precipitaciones máximas anuales (mm). Estación Villa Ortúzar (1971 – 2016),

Dur(min)	Recurrencia (años)						
	2	5	10	20	50	100	200
5	12	16	19	22	26	30	34
10	18	25	29	34	41	47	53
15	23	31	37	43	52	59	67
30	31	41	49	57	67	76	85
60	41	55	65	76	91	103	117
120	53	72	86	100	118	133	149
180	59	79	93	108	127	143	159
360	70	92	107	121	138	151	164
720	82	109	128	146	170	188	207
1día	91	119	138	157	182	202	222



Estos resultados, para recurrencias entre 2 y 100 años y duraciones de 5 a 180 min, resultan en promedio 12% mayores a los valores propuestos en el PDOH (2006), con diferencias máximas puntuales del orden del 16%.

Con respecto a los resultados obtenidos de la serie 1961 – 2016, presentan un incremento medio de tan solo el 1%, con diferencias máximas del 4%.

4.4.5.5 Comparación de análisis de frecuencia diferentes períodos. Estación Villa Ortúzar y Aeroparque

La Figura 46: presenta un análisis comparativo, para precipitaciones máximas de 1 hora de duración, entre diferentes períodos en la estación de Villa Ortúzar, la relación propuesta en el PDOH (2006), la relación propuesta en el estudio de Serman y otros (2014) incluyendo el análisis de frecuencia de la estación Aeroparque en el período disponible.

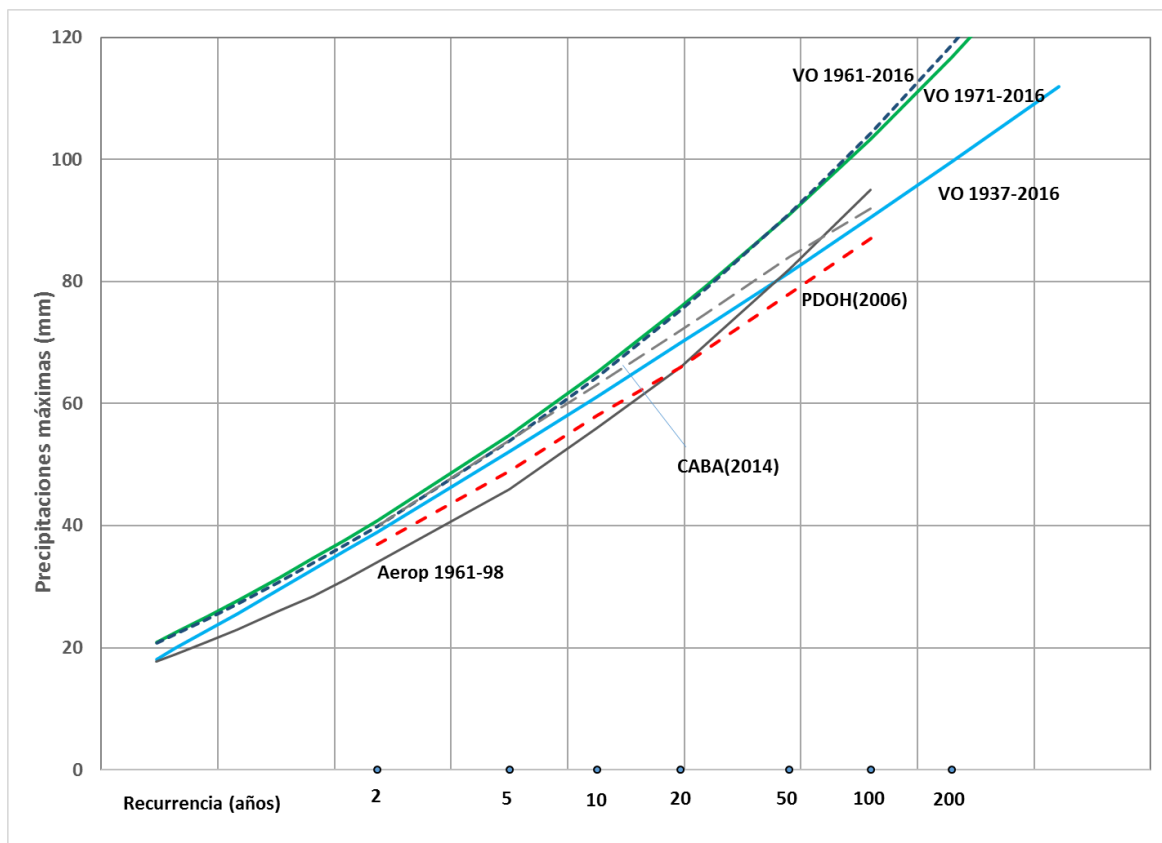


Figura 46: Análisis de frecuencia diferentes períodos – dur= 1 hora – comparación.

Se observa que los análisis para Villa Ortúzar para la muestra completa o subseries consideradas, resultan en valores mayores de precipitación respecto a los propuestos por el PDOH (2006) para todas las recurrencias; asimismo los análisis para los períodos 1961-2016 y 1971-2016 no muestran diferencias prácticas. Asimismo, en recurrencias bajas (2 – 5 años) no hay diferencias significativas entre las distintas series en Villa Ortúzar, así como con los análisis realizados por la Ciudad de Buenos Aires (CABA - Serman y otros, 2014).

Para recurrencias mayores, los análisis de las series 1961-2016 y 1971-2016 brindan los mayores valores de precipitaciones en 1 hora.

De igual manera, la Figura 47: presenta un análisis comparativo para precipitaciones máximas de 3 horas de duración.

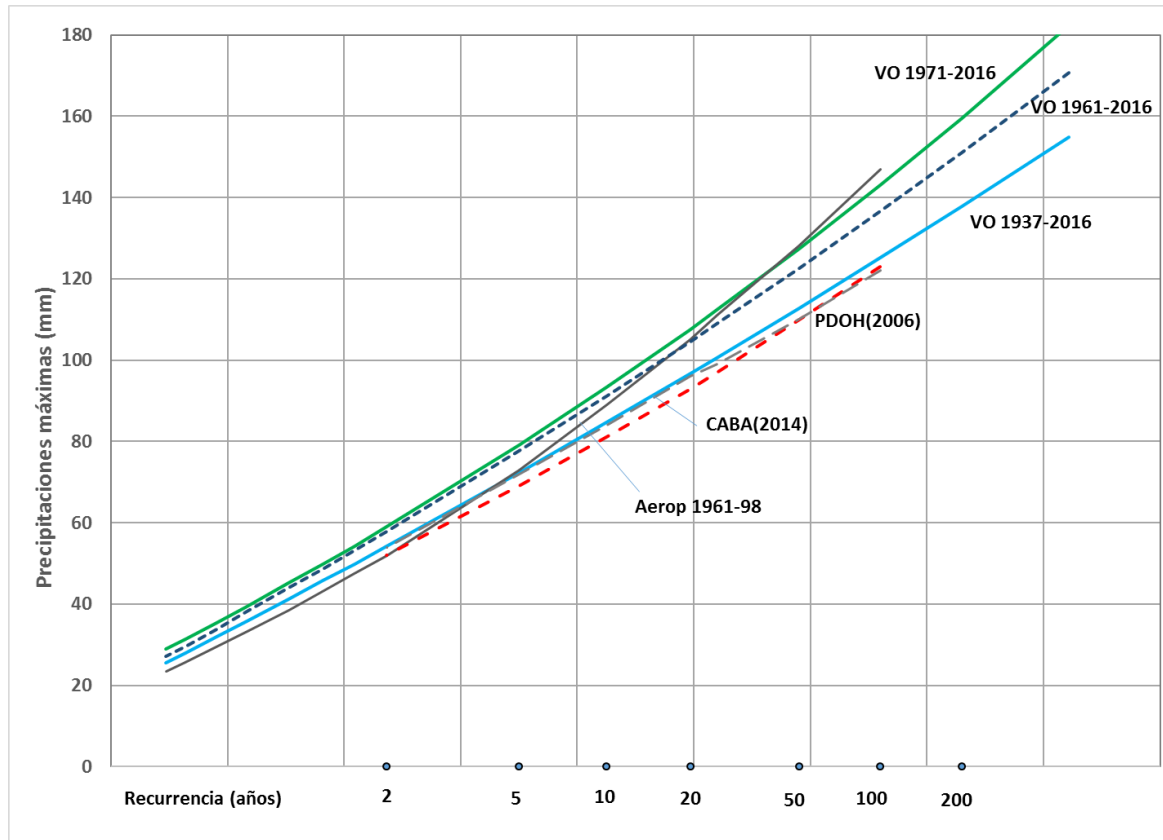
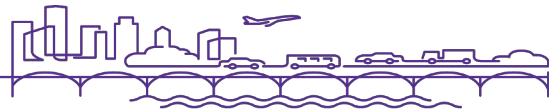


Figura 47: Análisis de frecuencia diferentes períodos – dur= 3 horas – comparación.

En este caso, los resultados para la muestra completa son apenas superiores a los valores propuestos por el PDOH (2006) para todas las recurrencias; y prácticamente iguales con los análisis realizados por la Ciudad de Buenos Aires (Serman y otros, 2014).

Nuevamente los análisis con las subseries “modernas” presentan los mayores valores de precipitación, con la serie 1971-2016 con un 3% por encima de la serie 1961-2016.

4.4.5.6 Relación Precipitación – Duración – Recurrencia propuesta

En función de los análisis de frecuencia realizados para series de diferentes períodos, la evidencia empírica relativa a un incremento en la cantidad de días con precipitaciones extremas, y en las magnitudes de las mismas, así como a la bibliografía existente relativa a que uno de los impactos del cambio climático en la región es el aumento de la frecuencia anual de que un evento sea superado (o de manera inversa, la disminución de la recurrencia de un evento dado) se propone adoptar una serie de trabajo en la estación del Observatorio Central Buenos Aires menor a la totalidad de la longitud disponible, asumiendo que tal serie de trabajo resulta más representativa de los eventos de diseño en el Plan Director de la Cuenca del Arroyo Medrano.

Teniendo en cuenta además que:

- en la medida en que se dispone de mayor longitud de registros confiables, mayor consistencia tienen los resultados,
- en duraciones muy cortas, que tienen efecto en la cuenca del A° Medrano para el análisis y diseño de conducciones, existen registros ocurridos en la década del 60 relevantes en la serie de trabajo,



Se propone utilizar como representativa de las relaciones Precipitación – Duración – Recurrencia, a los análisis de frecuencia realizados en base a la serie 1961 – 2016, que se acompañan en la Tabla 20.

Tabla 20. Relación Precipitación – Duración – Recurrencia recomendada. Estación Villa Ortúzar serie 1961 – 2016, precipitaciones en (mm)

	Recurrencia (años)						
Dur(min)	2	5	10	20	50	100	200
5	12	16	19	22	26	30	34
10	18	24	29	34	41	47	53
15	23	31	37	43	52	59	68
30	31	41	48	56	68	77	88
60	40	54	64	75	91	104	119
120	51	70	83	97	115	130	146
180	58	78	91	105	123	137	151
360	68	90	104	117	133	145	156
720	83	109	127	144	167	184	201
1día	90	116	133	151	176	194	214

A partir de las mismas puede deducirse la relación Intensidad máxima – Duración – Recurrencia, las que se presentan en la Tabla 21. .

Tabla 21. Relación Intensidad (mm/h) – Duración – Recurrencia. Estación Villa Ortúzar serie 1961 – 2016

	Recurrencia (años)						
Dur(min)	2	5	10	20	50	100	200
5	139	188	224	262	317	363	413
10	108	146	174	203	246	282	320
15	91	123	147	172	208	238	271
30	61	81	96	112	135	154	176
60	40	54	64	75	91	104	119
120	25.7	35.1	41.7	48.4	57.7	65.1	72.8
180	19.3	25.9	30.4	34.9	40.9	45.5	50.3
360	11.4	15.0	17.4	19.5	22.2	24.1	25.9
720	6.9	9.1	10.6	12.0	13.9	15.3	16.7

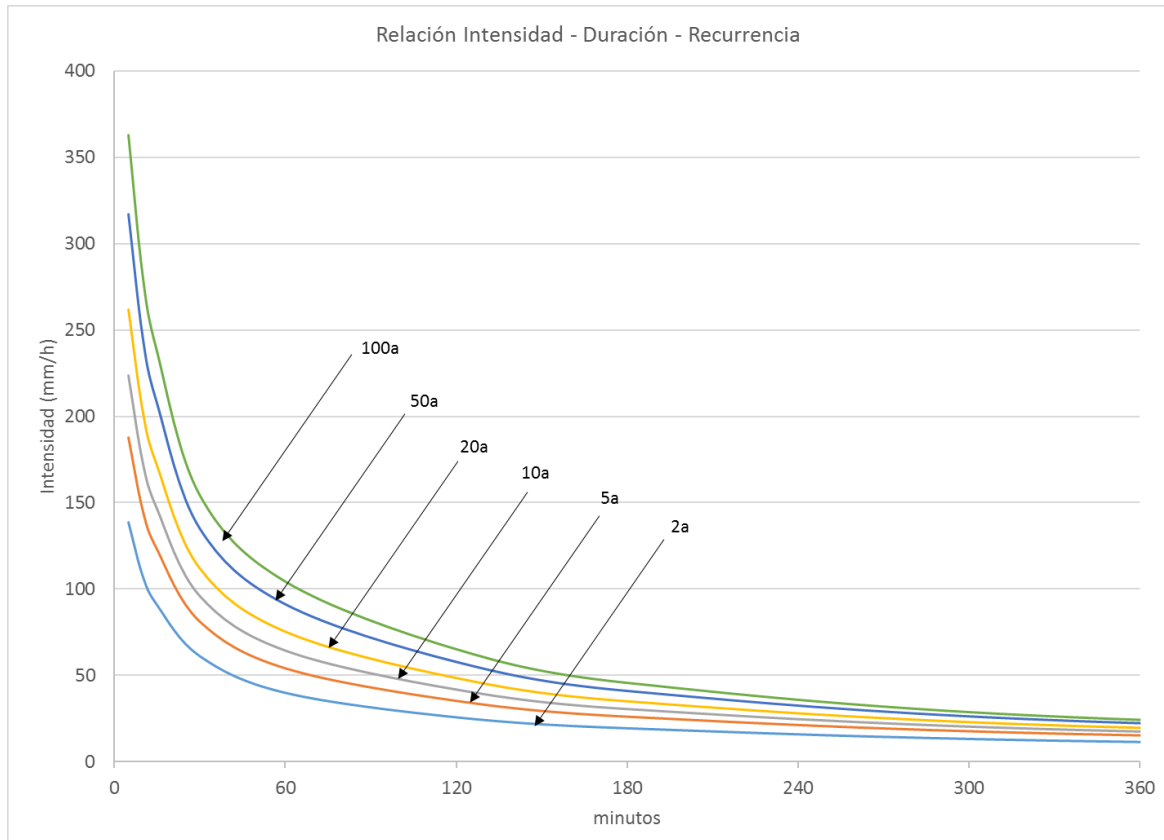


Figura 48: Relación IDF – Villa Ortúzar 1961 - 2016

A efectos de facilitar el uso de la Tabla anterior, se ajustó para cada recurrencia una ecuación del tipo:

$$I \left[\frac{mm}{h} \right] = \frac{A}{(D[min] + B) * C}$$

Donde:

I = intensidad media correspondiente a una duración D y tiempo de recurrencia T (años).

A, B y C = parámetros.

La Tabla 22. muestra los parámetros encontrados para cada recurrencia.

Tabla 22. Parámetros Relación Intensidad – duración – recurrencia

	A	B	C	r
2 años	947.594	8.262	0.747	0.99
5 años	1377.089	9.012	0.762	0.99
10 años	1677.714	9.016	0.769	0.99
20 años	2082.322	9.375	0.783	0.99
50 años	2891.079	10.570	0.813	0.99
100 años	3458.803	10.570	0.827	0.99

Siendo r: coeficiente de correlación



4.4.6 Precipitaciones Históricas Relevantes

Se analizan eventos registrados que fueron muy significativos en la cuenca bajo análisis, y que presentan características hidrometeorológicas diferenciadas en cuanto a intensidades, duración y láminas precipitadas totales, de manera de evaluar las obras proyectadas ante la presencia de eventos observados extremos de características diferentes.

Se analizan 3 eventos extremos relevantes:

Evento del 30 y 31 de mayo de 1985

Evento del 24 de enero de 2001

Evento del 1 y 2 de abril de 2013

4.4.6.1 Evento de mayo de 1985

En el evento de mayo de 1985, la acumulación de las precipitaciones fue relativamente uniforme en el tiempo, como puede observarse en la Figura 49:, con un acumulado total de 308mm en 20hs.

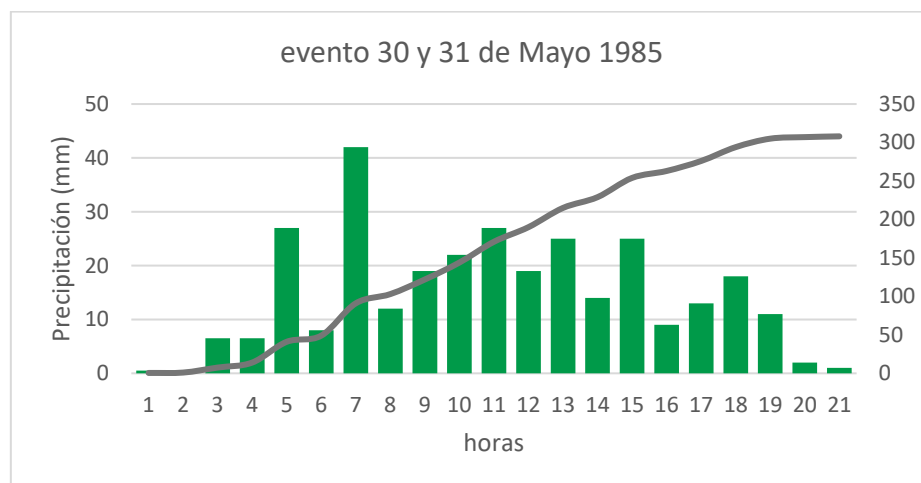


Figura 49: Precipitaciones registradas evento mayo 1985

Este evento fue clasificado meteorológicamente como un “evento en mesoescala”, (Torres y Nicolini. 1999, Velasco, I. 1994). En la duración total del evento, de casi 20 horas, hubo 5 períodos de 1 hora durante los cuales se registraron más de 25mm, aunque la intensidad máxima horaria no fue extrema (42mm/h). Las características de esta tormenta ocasionaron inundaciones severas en toda la ciudad y varias muertes (Schwarzkopf, 1985).

Para duraciones cortas, hasta 3 horas, este evento fue de relativa baja recurrencia (2 a 5 años), incrementándose a más de 50 años de recurrencia para 6 horas de duración y siendo extremadamente significativo para duraciones mayores. Para una duración de 12 horas, sus 248mm superan ampliamente la recurrencia de 200 años y deben tratarse estadísticamente como outlier.

4.4.6.2 Evento del 24 de enero de 2001

La Figura adjunta presenta el evento registrado el 24 de enero de 2001 en la estación Observatorio del SMN.

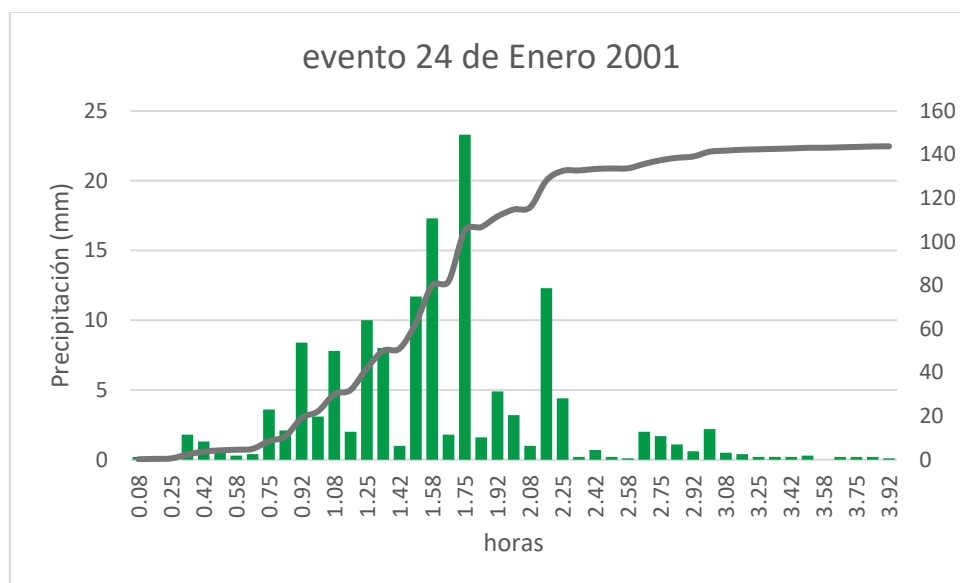


Figura 50: Precipitación registrada durante el evento de enero 2001 (SMN)

Este evento presentó una precipitación total de 144 mm, en menos de 4 horas de duración. La Tabla 23. presenta las láminas de precipitación máximas registradas (información del SMN), y recurrencias asociadas para diferentes intervalos de tiempo para esta tormenta.

Tabla 23. Precipitaciones máximas de la tormenta del 24-01-01 y recurrencia aproximada

Intervalo t	Lámina (mm)	Recurrencia (años)
5min	18	8
10min	27	8
30min	55	18
1h	98	74
2h	132	108
3h	142	125

4.4.6.3 Evento abril 2013

El evento del 2 abril de 2013 registrado en el Observatorio Central Buenos Aires por el SMN (Villa Ortúzar), totalizó 159 mm en más de 12 horas de duración, con una precipitación máxima de 53.9 mm en 1 hora y de 102.9 mm en 2 horas (s/SMN informe abril 2013).

La Figura 51 presenta las precipitaciones parciales y acumuladas de esta tormenta, donde se observan los mayores montos precipitados en el tercio final de la misma.

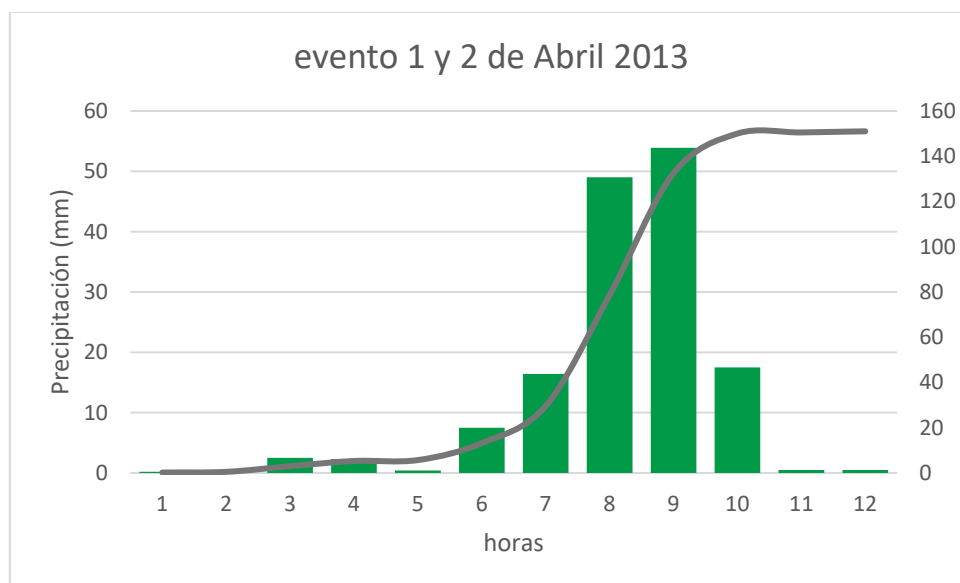


Figura 51 Precipitación parcial y acumulada para el evento de abril 2013

La Tabla 24. presenta las precipitaciones máximas (información del SMN) y recurrencias asociadas, para esta tormenta.

Tabla 24. Precipitaciones máximas de la tormenta del 2-04-13 y recurrencia aproximada

Intervalo t	Lámina (mm)	Recurrencia (años)
5min	12.1	2
10min	20.4	3
30min	48.4	10
1h	53.9(*)	5
2h	102.9(*)	25

(*) Informe SMN abril 2013

Nota: se menciona que la información recibida para este proyecto por parte del SMN presenta diferencias respecto al informe del SMN de abril 2013 (ej. precip. máxima 1 hora 69.8mm y en 2hs, 100mm)

Se menciona que, debido al movimiento propio de la tormenta, los montos y tiempos de ocurrencia variaron punto a punto en la medida que se consideren sitios diferentes al de medición.

El Servicio Meteorológico Nacional publicó el “Informe de las precipitaciones ocurridas en la Provincia de Buenos Aires– abril 2013”, en el cual se comparan diferentes eventos en el contexto histórico.

Del mencionado informe se deduce que para intensidades horarias el evento más importante observado en los últimos 15 años en el observatorio Buenos Aires, fue el que se produjo el 24 de enero de 2001, ubicándose el evento del 2 de abril de 2013 en sexto lugar. Asimismo, si se toman intensidades de 2 horas de duración, el mayor valor corresponde nuevamente al evento de 2001 y el segundo lugar lo ocupa el evento de 2013.

Asimismo, el Servicio Meteorológico Nacional en un informe con fecha 25 de abril de 2013, describe algunas características particulares de las condiciones meteorológicas que contribuyeron al desarrollo de esta tormenta, presentadas a partir de un análisis de observaciones del radar meteorológico ubicado en las cercanías del Aeropuerto Internacional de Ezeiza. Esta información ha permitido



identificar las áreas de precipitación y su evolución, logrando una descripción más detallada del evento en tiempo y espacio.

Del mencionado informe se transcribe parte del análisis de la situación meteorológica sobre el Área Metropolitana de Buenos Aires:

“Sobre esta área comenzaron a registrarse fuertes precipitaciones, aunque de corta duración desde la mañana del lunes 1 de abril. Todas estas tormentas mostraron un desplazamiento hacia el S y el SSE. Pero cerca de la 01:00 HOA del martes 2 se desarrolló una región de lluvias intensas sobre el norte del AMBA en cercanías del partido de Tigre. La misma avanzó hacia el sur y cerca de las 3:30 HOA comenzó a ingresar a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). Esta área de precipitaciones intensas se mantuvo sobre el norte y oeste de la ciudad por más de 2 horas”.

La Figura 52 (extraída del mencionado informe), muestra las zonas más afectadas por las precipitaciones:

“... se puede observar que en la mitad oeste de la ciudad fue donde se registraron las lluvias más fuertes en el periodo, lo que se condice con la diferencia entre los registros pluviométricos de las estaciones meteorológicas del Observatorio Central Buenos Aires (159 mm) y del Aeroparque Jorge Newbery (40 mm), acumulados hasta las 9 HOA del martes 2 de abril.”

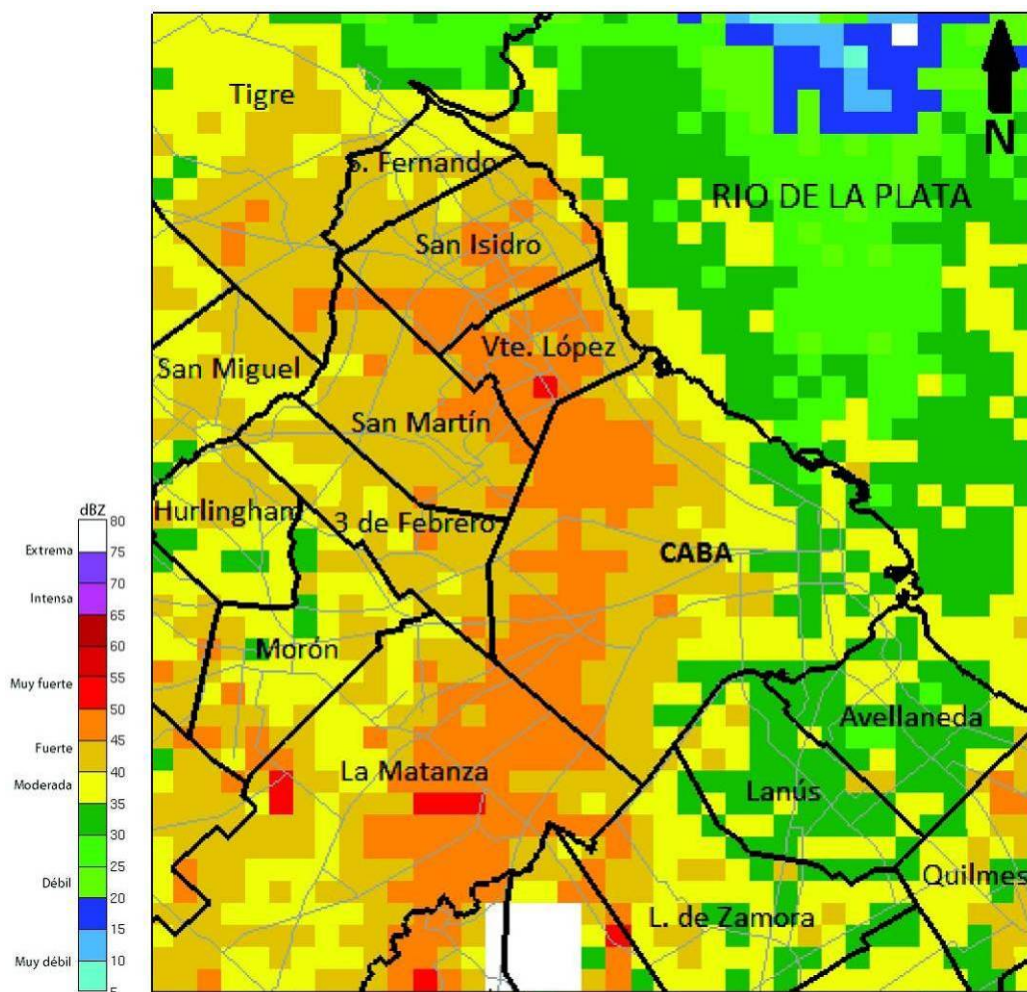


Figura 52 - Reflectividad medida por el radar meteorológico ubicado en cercanías del Aeropuerto Internacional de Ezeiza a diferentes horas del 2 de abril. La escala de colores muestra las diferentes intensidades de precipitación



Las menciones anteriores relativas a las recurrencias de eventos registrados, refieren a que no siempre es sencilla o directa la comparación de tormentas que produjeron eventos de crecidas o inundaciones extraordinarias, porque indudablemente deben analizarse todos los elementos de la misma que tienen peso en la generación de caudales y particularmente la cuenca o sub-cuenca donde se aplican.

4.4.7 Precipitación Máxima Probable

Teniendo en cuenta los eventos relevantes que se han registrado en la cuenca y zonas próximas, una inquietud de los planificadores resulta la relación de los mismos respecto a la denominada “precipitación máxima probable (PMP)”, así como el hecho de analizar los efectos de precipitaciones sobre la cuenca de eventos muy superiores a los habitualmente utilizados para diseño. En este capítulo, si bien no se pretende realizar un análisis exhaustivo, se desarrolla una metodología sencilla para estimar este valor de PMP de manera aproximada.

4.4.7.1 Introducción. Definición de conceptos.

Una de las definiciones más utilizadas para la precipitación máxima probable (PMP) es la propuesta por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), donde la define como la mayor cantidad de precipitación meteorológicamente posible que corresponde a una determinada duración en una cuenca dada y en determinada época del año, sin tener en cuenta las tendencias climáticas que se producen a largo plazo.

Dentro de los métodos posibles para estimación de la PMP se selecciona en este caso un método estadístico, cuyo enfoque tradicional se basa en la utilización de la ecuación general de frecuencias (Chow, 1964), permitiendo una rápida estimación de la PMP y siendo una herramienta de gran utilidad cuando se dispone solamente de datos de precipitación, o éstos resultan los de mayor confiabilidad. En este enfoque la PMP se asume como un evento de probabilidad sumamente baja de ser excedido, utilizando distribuciones de frecuencia asintóticas que admiten una probabilidad de sobrepasar la PMP tendiente a cero, no nula.

Cuando se dispone de suficientes datos de precipitación, y la cuenca es relativamente pequeña, es de amplia difusión la utilización de métodos estadísticos y entre ellos, el más aceptado, corresponde al de Hershfield (1961, 1965).

En la región central de país, Caamaño Nelli y otros (2003) aplicaron la técnica de Hershfield (método de la envolvente), ocupándose tanto de la precipitación máxima probable diaria, como de la variación de la PMP con su duración. Más recientemente (Romanazzi, 2014) realizó una estimación de la PMP en la ciudad de La Plata utilizando este procedimiento.

Como se mencionará, este método se basa en la maximización del factor de frecuencia de la ecuación general propuesta por Chow (1964):

$$PTR = P_n + KTR * S_n$$

Donde:

PTR: precipitación máxima diaria anual con período de retorno TR

P_n: media de la serie de precipitaciones máximas anuales

S_n: desvío cuadrado de la serie de precipitaciones máximas anuales

KTR: factor de frecuencia



Hershfield (1961) analizó las variaciones del factor de frecuencia en base a observaciones pluviométricas de 2700 estaciones (en su gran mayoría en los Estados Unidos), deduciendo la siguiente ecuación:

$$P_m = P_{n-1} + K_m * S_{n-1}$$

Donde:

P_m : máximo valor de precipitación observado de la serie de n precipitaciones máximas anuales

P_{n-1} : media de la serie de $n-1$ máximos anuales de precipitación (excluyendo el máximo valor P_m)

S_{n-1} : desvío de la serie de $n-1$ máximos anuales de precipitación (excluyendo el máximo valor P_m)

K_m : factor que satisface la ecuación.

Hershfield postuló inicialmente el valor 15 como factor de frecuencia máximo en cualquier situación, pero posteriormente reconoció que este valor varía inversamente con la magnitud de las precipitaciones máximas medias anuales. Otros autores adoptaron límites diferentes por ej. en Sudamérica (9 en el sur de Brasil, 10 a 11 en Colombia). También un estudio en Malasia (Desa, M y Rakhecha, P., 2006) propuso adoptar un valor de 7.5 para este factor.

Caamaño Nelli (1998) utilizó 53 series pluviométricas con longitudes entre 30 a 50 años, del noroeste serrano y tras serrano en el Noroeste de Córdoba. Para representar analíticamente la envolvente del factor de frecuencia utilizó una ecuación exponencial negativa. Se calcularon los valores de PMP por estación, obteniéndose valores inferiores a los indicados originalmente por Hershfield. Para la desagregación de la precipitación en intervalos menores al diario recomienda la técnica de cocientes entre láminas de diferente duración, por localidad.

La posibilidad que el factor de frecuencia varíe por otras causas (presencia de outliers, tamaño de la serie) han sido tenidos en cuenta por Hershfield, proponiéndose gráficos que fueron posteriormente publicados por la World Meteorological Organization (WMO) (1973, 2009) que permiten correcciones. Asimismo, el valor final debe corregirse por la diferencia existente entre observaciones diarias y de 24 hs (proponiendo Hershfield el factor de 1.13) y por la influencia del aumento del área en las precipitaciones máximas medias areales.

4.4.7.2 Datos utilizados

A efectos de obtener consistencia en las estimaciones, se utilizaron estaciones disponibles cercanas a la cuenca, con más de 30 años de datos. Se utilizó información de precipitaciones máximas diarias anuales (por año hidrológico), en las estaciones: Observatorio Central Buenos Aires (Villa Ortúzar), Aeroparque, El Palomar, Castelar y Don Torcuato. Su ubicación se presentó en la Figura 32: Ubicación estaciones pluviométricas

Las precipitaciones utilizadas se presentan en el Anexo III

4.4.7.3 Estimación de la PMP

Los estadísticos fundamentales para las estaciones utilizadas se indican a continuación:

Tabla 25. Estadísticos precipitaciones diarias máximas anuales

Villa Ortúzar	Aeroparque	Palomar	Castelar	Don Torcuato
---------------	------------	---------	----------	--------------



Serie	1960/61 – 2015/16	1961/62 – 2015/16	1960/61 – 2015/16	1960/61 – 2015/16	1970/71 – 2004/05
MEDIA (mm)	95.2	95.0	85.4	87.1	100.1
DESUDIO STD (mm)	28.70	32.26	27.47	28.73	39.15
CV (%)	30%	34%	32%	33%	39%
MAX (mm)	188.4	190.8	201.5	189	212.6
N	56	55	55	56	32

A efectos de estimar el valor local que podría corresponder al factor Km del método de Hershfield, siendo:

$$Km = (Pm - Pn-1) / Sn-1,$$

Se utilizaron las 5 estaciones pluviométricas mencionadas, incorporándose también el valor de La Plata (Romanazzi, 2014) y se comparó con la envolvente máxima propuesta inicialmente por Hershfield, apreciándose que la misma estaría sobreestimando el valor correspondiente a esta región, tal cual lo observado también en los estudios antecedentes.

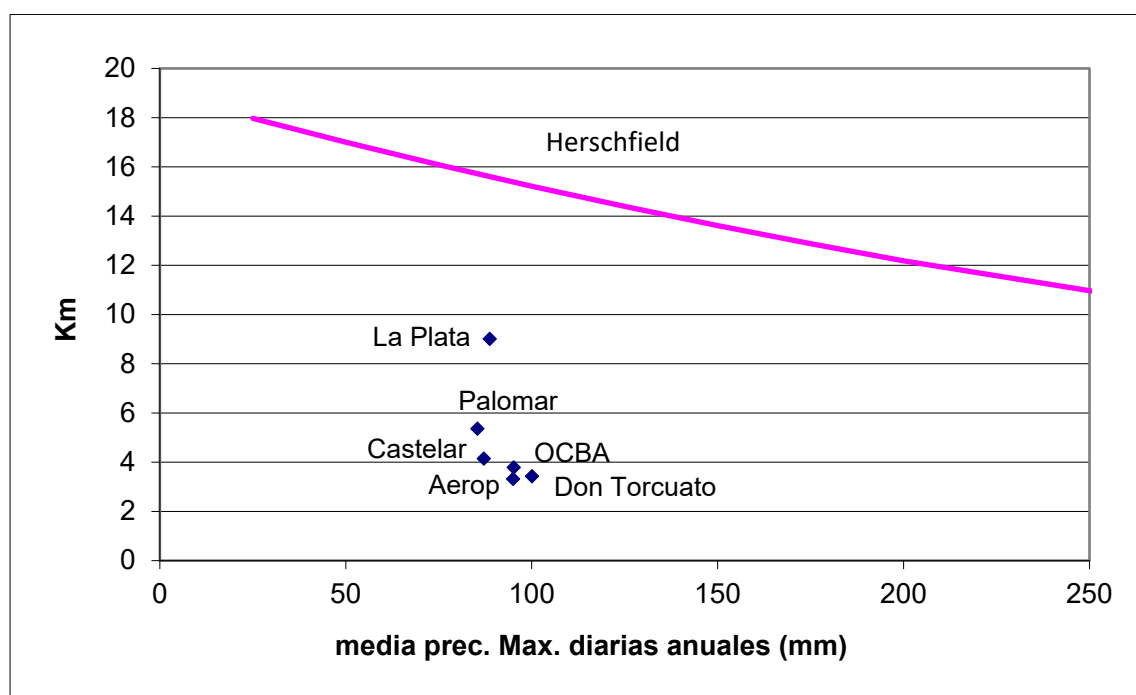


Figura 53 - Envolvente de Factores de frecuencia s/Hershfield vs. media de precipitaciones máximas diarias

Teniendo en cuenta estudios regionales de mayor amplitud, donde se indican valores entre 9 y 11 (Tucci, 1993), estudios de Halcrow en Tucumán (2009), donde para precipitaciones máximas diarias medias anuales de 80mm se obtuvo un K=10 y para precipitaciones medias anuales de 90mm un K=9; así como otros valores obtenidos en zonas próximas (ej, Romanazzi indica para La Plata un Km=9), se propone adoptar un Km=10 como estimador regional para la cuenca del A° Medrano.

Luego, Hershfield propone 3 tipos de correcciones para la media de la serie completa y para su desvío estándar. El primero es para tener en cuenta la presencia de outliers en la media (Fom), el segundo para el efecto de outliers en el desvío (Fod) y luego para tener en cuenta la longitud de la serie considerada y llevar todos los análisis a un período equivalente de 50 años de longitud de serie (F1m y F1d). Se realizan correcciones únicamente en las series menores a 50 años de longitud.



Finalmente se realiza la corrección que permite pasar de un valor diario a un valor medido en 24 hs (independiente de su posicionamiento en el día). A tal fin se utiliza el valor de 1.13 propuesto por Hershfield.

Los factores del método y las precipitaciones máximas probables determinadas para las estaciones ubicadas en la cuenca y en las proximidades son:

$$PMPd = Pn * Fom * F1m + K * (Sn * Fod * F1d)$$

Tabla 26. Determinación PMP diaria y en 24 hs.

	Villa Ortúzar	Aeroparque	Palomar	Castelar	Don Torcuato
Fom	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99
Fod	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98
F1m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01
F1d	1.00	1.00	1.00	1.00	1.03
K adoptado	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
PMPc diaria (mm)	382	418	360	374	493
factor P24hs / Pdiaria	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13
PMPc 24 hs (mm)	432	472	407	423	557

A efectos de obtener un valor de referencia, se adopta el promedio entre las estimaciones, igual a 460mm en 24 hs y 405mm como precipitación diaria.

A efectos de obtener la lámina de precipitación acumulada en intervalos menores, se aplicó el método de relaciones entre precipitaciones de diferente duración, para lo cual se utiliza como base las relaciones que se deducen de la estación OCBA (Villa Ortúzar) y valores deducidos de la experiencia internacional.

La Tabla que se acompaña a continuación muestra los factores adoptados para relacionar precipitaciones de diferente duración, los valores de PMP propuestos en diferentes duraciones, y las máximas precipitaciones registradas en Villa Ortúzar.

Tabla 27. Determinación de PMP en duraciones menores a 24 hs

	factor adoptado	PMP (mm)	Precipitación máx. observada (mm) / año
24hs/24hs	1.0	460	317 (1985)
12hs/24hs	0.82	376	248 (1985)
6hs/24hs	0.67	310	144 (2001)
3hs/24hs	0.61	279	141 (2001)
2hs/24hs	0.56	257	132 (2001)
1hs/24hs	0.43	198	98 (2001)

De esta manera, las máximas precipitaciones registradas en duraciones menores (1 a 6hs) se encuentran en un 50% de la PMP aproximadamente, mientras que, en duraciones mayores, el evento de mayo de 1985 alcanzaría un 69% de la PMP.

A efectos de validar los factores adoptados que relacionan precipitaciones de diferente duración, se menciona que extensos estudios sobre estas relaciones, primariamente en Estados Unidos (Herschfield, 1961, 1962), y posteriormente otros autores (Bell, 1969; Hargreaves, 1988; etc.) han



visualizado que las relaciones entre precipitaciones máximas de diferente duración son prácticamente independientes de la recurrencia y se han tabulado o graficado para diferentes tipos de clima.

La Figura 54 obtenida de Adamson and Chong (1992), originalmente de estudios realizados sobre una amplia variedad de climas en Estados Unidos por Herschfield (1962), donde se han incluido en color rojo las relaciones encontradas en Villa Ortúzar, permite observar que se tienen valores próximos a los promedios sugeridos en esta Figura.

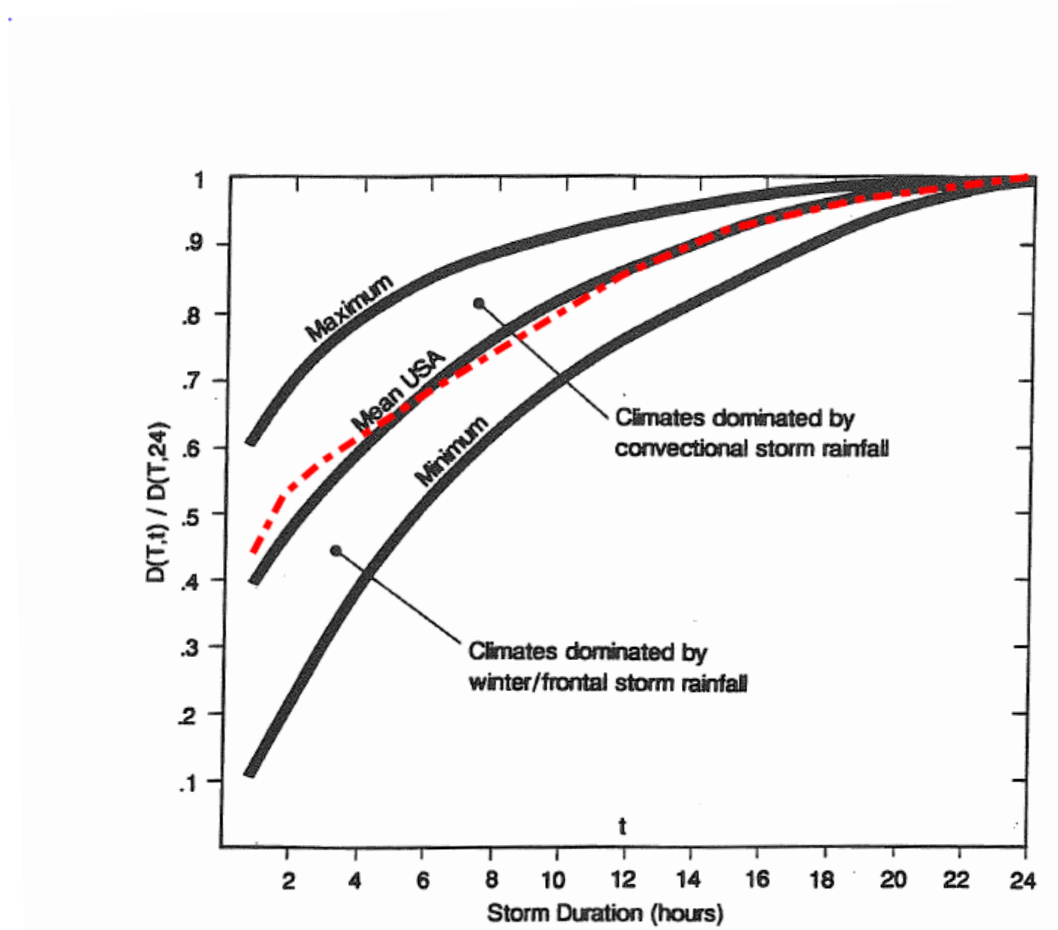


Figura 54 - Relaciones entre precipitaciones de diferente duración (Estados Unidos) y comparación con Estación Villa Ortúzar. Fuente: Adamson and Chong (1992)

4.4.8 Consideraciones respecto a la tormenta de diseño

Los caudales máximos que se tienen en una cuenca altamente impermeabilizada tienen estrecha relación con las características de las tormentas que los producen. Las características más relevantes de una tormenta relacionadas al funcionamiento de un sistema de drenaje son:

- Intensidad de precipitación, láminas precipitadas y recurrencia asociada (para distintos intervalos de tiempo),
- Distribución temporal y duración total
- Variación de la tormenta en el área de la cuenca (distribución areal).

Previamente se describieron elementos salientes observados en las tormentas del 30 y 31/05/1985, 24/01/2001 y 01-02/04/2013, así como las relaciones precipitación – duración – recurrencia actualizadas, los que resultan de interés para el posterior análisis de la respuesta hidráulica del sistema de drenaje.



4.4.8.1 Intensidad, láminas precipitadas y recurrencia asociadas

En forma genérica, a mayores intensidades de las tormentas mayores caudales pueden manifestarse. Se realizó previamente una actualización de las relaciones precipitación – duración – recurrencia, indicándose en la Tabla 20. las relaciones actualizadas y en la Tabla 21. las IDR correspondientes (serie 1961 – 2016).

Distribución temporal y duración total

El patrón o distribución temporal de las tormentas constituye un elemento relevante en el análisis hidrológico, ya que tiene un impacto significativo en la magnitud del caudal máximo obtenido. A partir de los estudios desarrollados en el Plan Director de Ordenamiento Hidráulico de Buenos Aires (2006), donde se analizaron 450 eventos de tormentas de más de 20mm durante un período menor o igual a 1 día, se determinó que el patrón temporal más frecuente (50%) es de tipo adelantado en el desarrollo de la tormenta. Esto significa que se concentra en la primera mitad de la tormenta más del 70% de la lámina total precipitada.

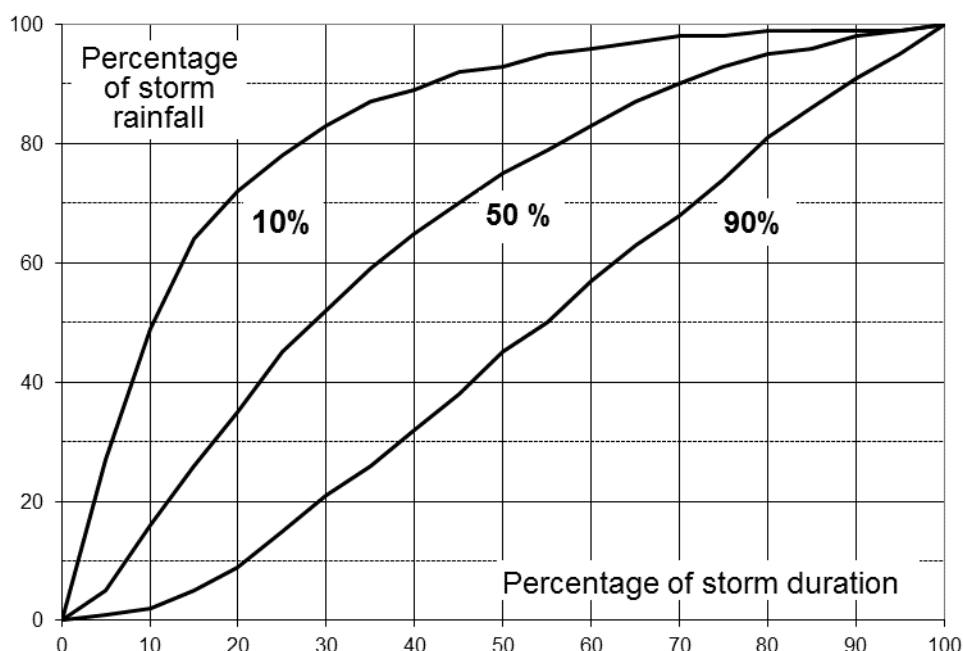


Figura 55 - Percentiles de exceso de la distribución temporal acumulada de precipitaciones

En el PDOH (2006) se adoptó el perfil temporal que presenta el 25% de excedencia.

Si bien los resultados muestran un patrón “adelantado”, para fines de estudios de drenaje pluvial resulta conveniente adoptar algunas consideraciones prácticas, desde el punto de vista ingenieril:

Se considera adecuado que, al momento de producirse la intensidad máxima de precipitación durante un evento de diseño, el sistema de drenaje no se encuentre con niveles mínimos (o vacío),

Asimismo, normalmente como criterio de diseño se considera que las mayores intensidades no se produzcan al inicio de la tormenta dado que el sistema natural se encuentra con mayor disponibilidad de almacenar agua, en los diferentes niveles que se considere (intercepción, almacenamientos superficiales, almacenamiento de humedad de suelo, etc.); lo cual provoca un hietograma de precipitación neta “suavizado”. Este hecho es más relevante en cuencas rurales y suburbanas que en las cuencas urbanas altamente impermeabilizadas,

Las características de los eventos más relevantes, cuya intensidad no se dio al inicio.



Teniendo en cuenta lo mencionado previamente, resulta aconsejable ubicar el valor máximo de precipitaciones algo retrasado respecto o lo que sugieren los análisis de tormentas observadas, ubicando el mismo aproximadamente en un 25% de duración total de la tormenta y no al inicio, a pesar del hecho de que éste parecería ser el patrón dominante. Este fue finalmente también el patrón recomendado en el estudio del año 2006.

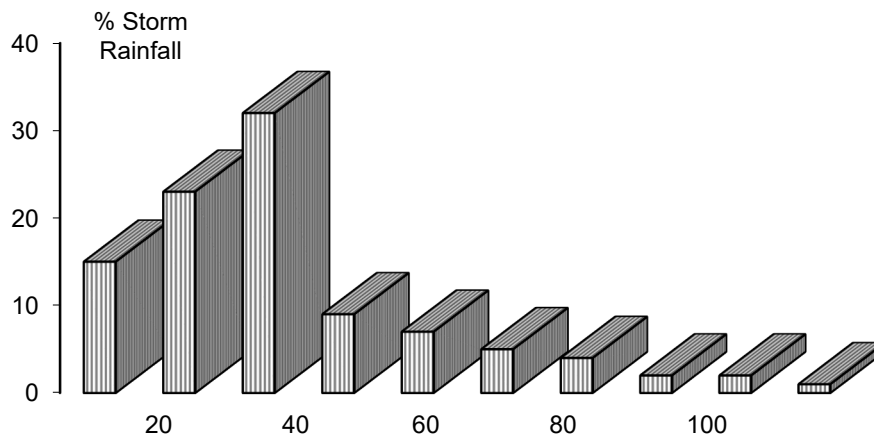


Figura 56—Perfil Recomendado de Tormenta (PDOH, 2006)

Tabla 28. Perfil recomendado de Tormentas

PORCENTAJE DE DURACIÓN DE TORMENTAS									
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
15%	23%	32%	9%	7%	5%	4%	2%	2%	1%

La Figura 57 presenta la tormenta para 10 años de recurrencia y duración 3 horas, la cual presenta una precipitación total de 91 mm.

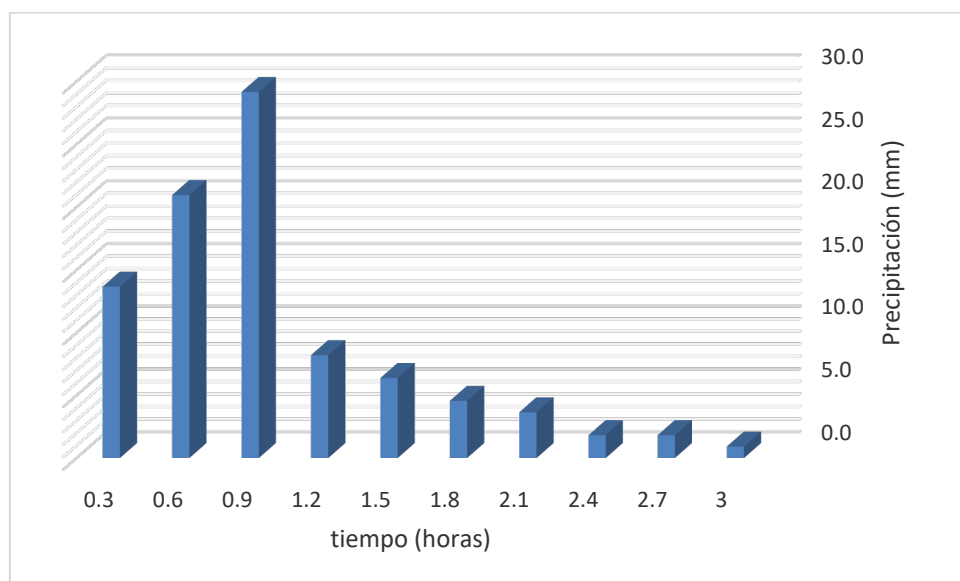




Figura 57–Tormenta R=10 años, duración 3hs

Tabla 29. Tormentas de diseño duración 2 horas

duración:	2		hs				
Recurrencia (años)	2	5	10	20	50	100	200
pp. Total (mm)	51	70	83	97	115	130	146
t(hs)	Precipitación (mm)						
0.00	0	0	0	0	0	0	0
0.20	7.7	10.5	12.5	14.5	17.3	19.5	21.8
0.40	11.8	16.1	19.2	22.3	26.5	29.9	33.5
0.60	16.4	22.4	26.7	31.0	36.9	41.6	46.6
0.80	4.6	6.3	7.5	8.7	10.4	11.7	13.1
1.00	3.6	4.9	5.8	6.8	8.1	9.1	10.2
1.20	2.6	3.5	4.2	4.8	5.8	6.5	7.3
1.40	2.1	2.8	3.3	3.9	4.6	5.2	5.8
1.60	1.0	1.4	1.7	1.9	2.3	2.6	2.9
1.80	1.0	1.4	1.7	1.9	2.3	2.6	2.9
2	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.5

Tabla 30. Tormentas de diseño duración 3 horas

duración:	3		hs				
Recurrencia (años)	2	5	10	20	50	100	200
pp. Total (mm)	57.9	77.6	91.1	104.6	122.6	136.6	151
t(hs)	Precipitación (mm)						
0	0	0	0	0	0	0	0
0.3	8.7	11.6	13.7	15.7	18.4	20.5	22.7
0.6	13.3	17.8	21.0	24.1	28.2	31.4	34.7
0.9	18.5	24.8	29.2	33.5	39.2	43.7	48.3
1.2	5.2	7.0	8.2	9.4	11.0	12.3	13.6
1.5	4.1	5.4	6.4	7.3	8.6	9.6	10.6
1.8	2.9	3.9	4.6	5.2	6.1	6.8	7.6
2.1	2.3	3.1	3.6	4.2	4.9	5.5	6.0
2.4	1.2	1.6	1.8	2.1	2.5	2.7	3.0
2.7	1.2	1.6	1.8	2.1	2.5	2.7	3.0
3	0.6	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5

Tabla 31. Tormentas de diseño duración 6 horas

duración:	6		hs					
Recurrencia (años)	2	5	10	20	50		100	200
pp. Total (mm)	68	90	104	117	133		145	156
t(hs)	Precipitación (mm)							



0	0	0	0	0	0		0	0
0.6	10.2	13.5	15.6	17.6	20.0		21.7	23.3
1.2	15.7	20.7	23.9	26.9	30.6		33.3	35.8
1.8	21.8	28.9	33.3	37.4	42.6		46.3	49.8
2.4	6.1	8.1	9.4	10.5	12.0		13.0	14.0
3	4.8	6.3	7.3	8.2	9.3		10.1	10.9
3.6	3.4	4.5	5.2	5.9	6.7		7.2	7.8
4.2	2.7	3.6	4.2	4.7	5.3		5.8	6.2
4.8	1.4	1.8	2.1	2.3	2.7		2.9	3.1
5.4	1.4	1.8	2.1	2.3	2.7		2.9	3.1
6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3		1.4	1.6

A modo de referencia, se menciona que en el estudio de Serman y otros, 2014, se utilizan parcialmente los análisis del PDOH (2006) y se proponen tormentas de mayor duración (probablemente debido al tamaño de la cuenca Matanza - Riachuelo para la cual se destinó fundamentalmente el trabajo), adoptando un patrón temporal con intervalos cortos y la máxima intensidad al principio del evento, disminuyendo con el tiempo. Como ejemplo, la tormenta denominada 1A en dicho estudio tiene una duración total de 24 horas, intervalos cada 6 minutos y la intensidad máxima en el primer intervalo de tiempo, disminuyendo en el desarrollo de la tormenta.

Por otro lado, las tormentas más impactantes observadas tienen un patrón particular, como el presentado en la Figura 58; donde se observa un patrón relativamente atrasado del evento de 2013 (incrementando de esta manera su criticidad), un patrón adelantado en 2001 (similar a la mayoría de las registradas en Buenos Aires) y un patrón relativamente uniforme en 1985.

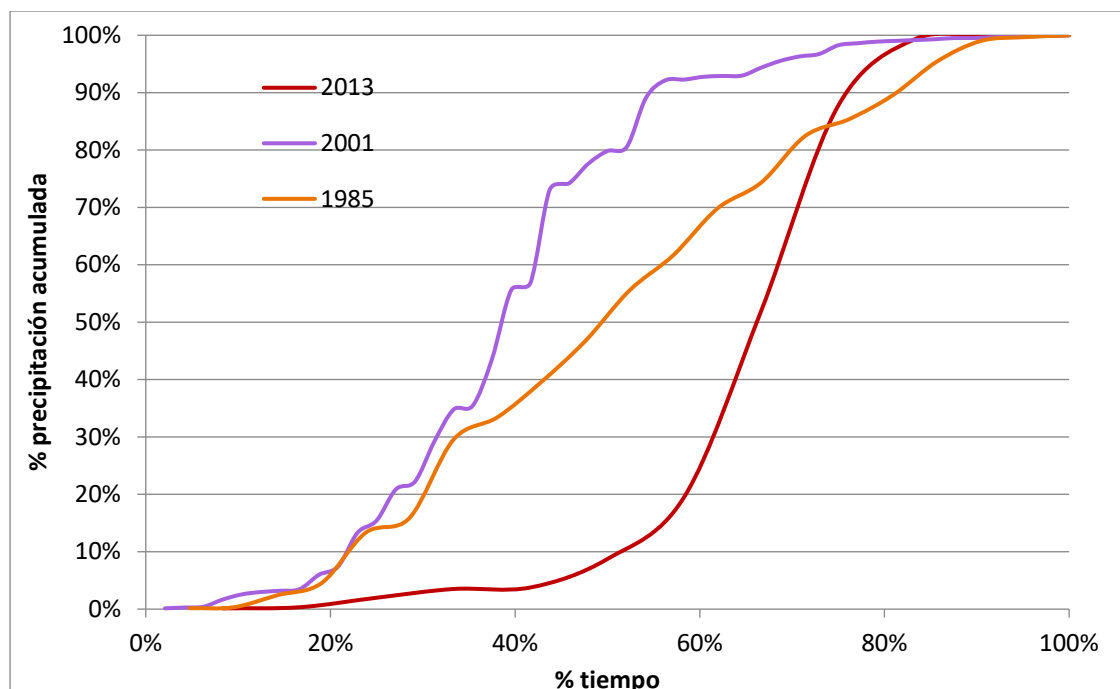


Figura 58- Distribución temporal porcentual. Tormentas 2 de abril de 2013 y 24 de enero 2001

En resumen, la propuesta de análisis de perfiles de tormenta es la siguiente:

Eventos de diseño, se utilizará el perfil temporal recomendado en la Figura 56 y Tabla 28.. En este caso, se analizarán tormentas de diferentes duraciones, en procura de encontrar cual resulta más crítica, tanto para la cuenca completa del Arroyo Medrano, como para subcuencas relevantes.



Eventos de verificación, se utilizarán eventos observados en 1985, 2001 y 2013, ya que teniendo en cuenta las características diferenciadas de estas tormentas críticas observadas, se podrían tener resultados diferentes según las características de las cuencas o subcuencas analizadas.

4.4.8.2 Variación de la tormenta en el área de la cuenca

La variación de los montos precipitados dentro del área de la cuenca y la secuencia o movimientos de la tormenta son de suma importancia (una tormenta que se desplaza desde la cabecera de cuenca a la desembocadura suele ser mucho más crítica que una que se desplaza en sentido contrario).

Para una correcta determinación de la variación espacial de las tormentas, existe la necesidad de contar con mediciones de precipitación en distintos puntos, y/o con seguimientos a través de radar.

En el PDOH (2006), para las tormentas sintéticas, las láminas de precipitación totales fueron aplicadas al modelo en forma espacialmente uniforme, pero afectadas por un coeficiente de reducción areal, siguiendo recomendaciones del UK Flood Estimation Hand Book publicado por el Instituto de Hidrología en el año 2000, Reino Unido. Los factores propuestos de reducción areal se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 32. Factor de reducción areal (Institute of Hydrology, 2000)

Duración	Area. km2						
	1	5	10	30	100	300	1000
5 minutos	0.90	0.82	0.76	0.65	0.51	0.38	-
15 minutos	0.94	0.89	0.85	0.77	0.64	0.53	0.39
30 minutos	0.95	0.91	0.89	0.82	0.72	0.62	0.51
1 hora	0.96	0.93	0.91	0.86	0.79	0.71	0.62
2 horas	0.97	0.95	0.93	0.90	0.84	0.79	0.73
3 horas	0.97	0.96	0.94	0.91	0.87	0.83	0.78
6 horas	0.98	0.97	0.96	0.93	0.90	0.87	0.83
24 horas	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.92	0.89

Para el área total de cuenca (55 Km²) y tormenta de 3 horas de duración, el factor a aplicar sería del orden de 0.90, de la estimación puntual de precipitaciones, disminuyendo a un valor de 0.88 para tormentas de 2 horas de duración e incrementándose a 0.92 para 6hs. Para tormentas de mayor duración el factor se acerca a 1.

Manteniendo el criterio del PDOH (2006), las láminas de precipitación se aplicarán al modelo hidrológico – hidráulico de manera espacialmente uniforme, afectadas por un coeficiente de reducción areal en función del área de la cuenca y de la duración de la tormenta. Este coeficiente, en virtud del tamaño de cuenca y tiempos de concentración involucrados, resultará en general mayor a 0.9.

Por otro lado, en las tormentas relevantes observadas, deberá tenerse sumo cuidado al asumir su distribución areal, si se pretende a partir de las mismas realizar calibraciones o verificaciones apropiadas con el modelo hidráulico. A modo de ejemplo se indican las precipitaciones acumuladas que se registraron en el evento del 1 y 2 de abril de 2013 según Informe del SMN (2013):

- Buenos Aires (observatorio): 159mm
- Aeroparque: 40mm
- El Palomar: 101mm
- San Fernando: 185 mm



Lo cual refleja la alta variabilidad espacial que tuvo esta tormenta, no descartándose que en sitios intermedios pudieran existir valores aún mayores a los observados.

4.4.9 Niveles de descarga

Las condiciones del cuerpo receptor de los excedentes pluviales pueden condicionar la descarga de los mismos, para lo cual resulta necesario analizar en este caso el comportamiento del Río de la Plata.

Los niveles de agua en el Río de la Plata son el resultado de la combinación de diferentes fenómenos hidrometeorológicos:

- Mareas astronómicas
- Vientos (particularmente sudestadas)
- Caudales aportantes de los principales ríos tributarios, en menor medida.

Las mareas astronómicas producen las periódicas (y previsibles) fluctuaciones diarias con extremos máximos y mínimos correspondientes a la pleamar y bajamar respectivamente. El efecto de viento o marea meteorológica, cuya expresión más común es la denominada “sudestada”, que de acuerdo a su intensidad y persistencia puede provocar sobreelevaciones de magnitud en los niveles del río de la Plata.

Los niveles máximos o mínimos que se alcanzan son el producto de la compleja interacción entre los fenómenos mencionados, tratándose de fenómenos posibles de estudiar en términos probabilísticos.

Asimismo, es razonable pensar que la severidad potencial de la inundación que puede originar una tormenta en una cuenca, aumentaría en el caso que se manifieste en combinación con una condición de marea alta. Los niveles de marea que exceden el rango de aquellas causadas puramente por efectos lunares se generan por la ocurrencia de vientos fuertes del sudeste o “sudestadas”.

Si tal condición coincidiera con una tormenta significativa en la cuenca de aportes, el sistema de drenaje tendría una capacidad restringida para descargar libremente en el Río de La Plata, y originaría un efecto de remanso hacia el interior del sistema con el consecuente incremento del riesgo de inundaciones.

Este riesgo combinado de tormentas significativas coincidentes con mareas elevadas ha sido estudiado previamente, concluyéndose que los dos procesos son estadísticamente independientes y que la probabilidad de una ocurrencia conjunta (sudestada más precipitación extrema) es baja. Se menciona como ejemplos los estudios de Alternativas y Proyecto de Obras de Desagües y Control de Inundaciones de la Boca y Barracas. Anexo VIII. Probabilidad Conjunta: Precipitaciones - Sudestada” (Centro Argentino de Ingenieros. Mayo. 1995) o INCYTH (1995).

En la Figura 59 a continuación se presentan los niveles máximos anuales de mareas de 1905 al 2000 y su probabilidad anual de ocurrencia de recurrencia estimada (PDOH, 2006).

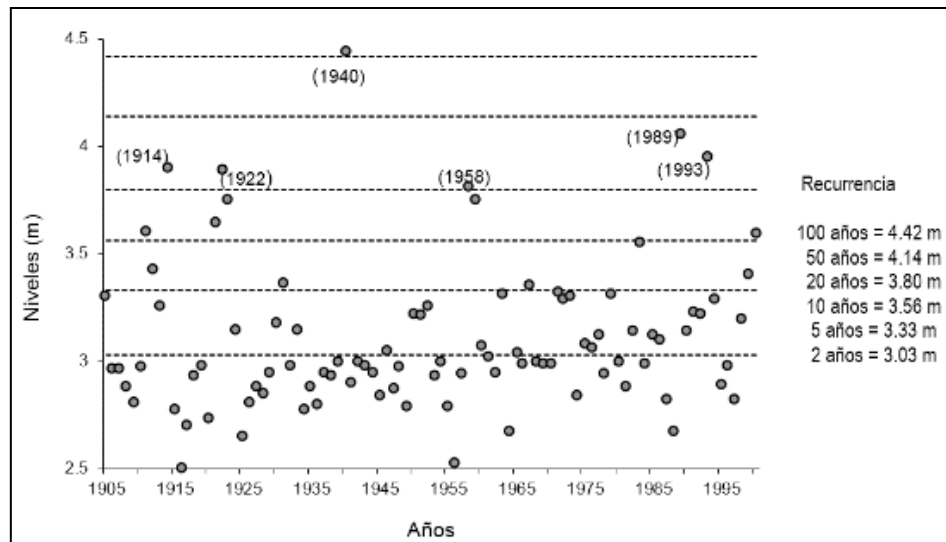


Figura 59 - Río de la Plata. Niveles máximos anuales observados en el Riachuelo (1905 – 2000) junto con sus recurrencias (respecto al cero del Riachuelo)

No obstante, es relevante que, durante los trabajos de modelización hidráulica de la red de drenaje pluvial, se investiguen varios niveles de marea de manera de establecer su efecto en reducir la eficiencia de la red de drenaje.

Como la tormenta y los procesos de sudestadas pueden considerarse independientes, entonces la probabilidad conjunta puede tomarse como el producto de las probabilidades individuales.

En la Figura 60 se presentan los niveles del Río de La Plata durante el evento de precipitación de enero de 2001.

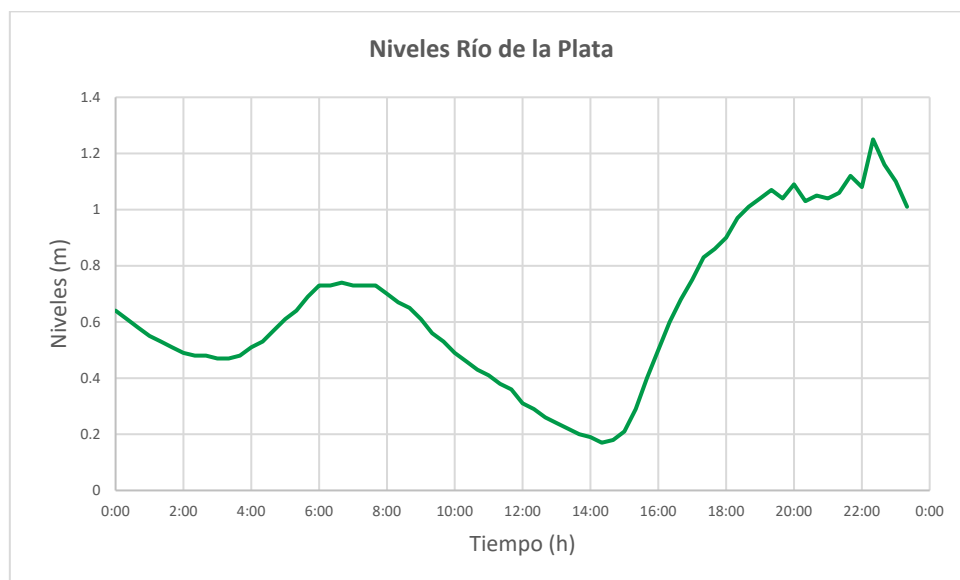


Figura 60 – Niveles (al cero MOP del Riachuelo) en el Río de La Plata durante el evento de precipitación de enero 2001

En la Figura 61 se presentan los niveles del Río de La Plata durante el evento de precipitación de abril de 2013.

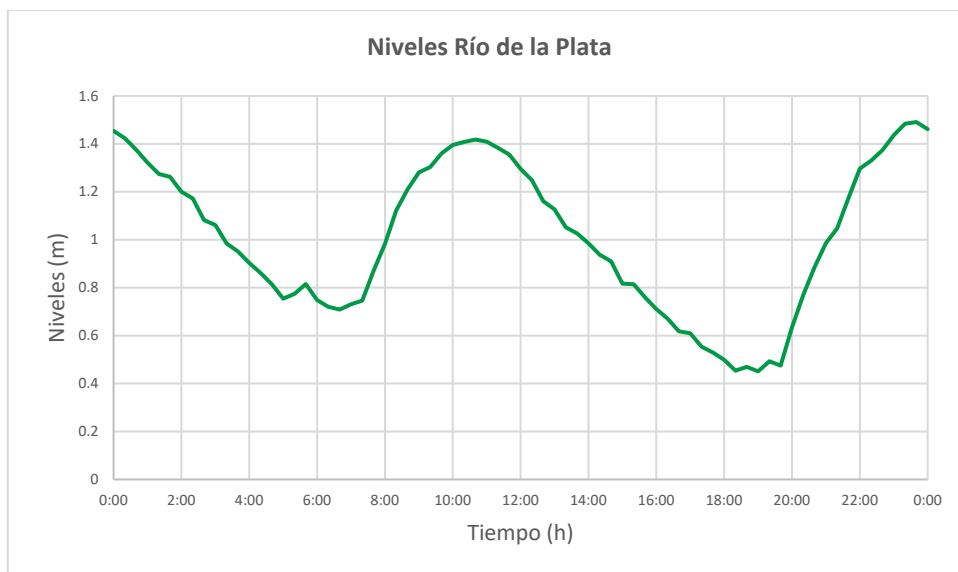


Figura 61– Niveles (al cero MOP del Riachuelo) en el Río de La Plata durante el evento de precipitación de abril 2013

La Tabla adjunta presenta los niveles máximos anuales para diferentes recurrencias, estimadas en el PDOH (2006), para la serie observada en el Riachuelo (1905 – 2000); en metros respecto al cero del Riachuelo.

Tabla 33. Niveles máximos anuales para diferentes recurrencias

Recurrencia (años)	Nivel Max (m) MOP	Nivel Max (m) IGN
2	3.03	2.47
5	3.33	2.77
10	3.56	3.00
20	3.80	3.24
50	4.14	3.58
100	4.42	3.86

Para los eventos de diseño del PDOH (2006) se utilizaron, como condición aguas abajo, niveles constantes en el Río de la Plata igual a + 1,25 m IGN. Se asume que debajo de este valor, los niveles de marea son solamente atribuibles a efectos astronómicos y no a sudestadas.

4.4.10 Escenarios de simulación

Se dispone tanto de tormentas de diseño estadístico (o sintéticas) como de tormentas críticas observadas, así como también de alturas del Río de la Plata. Para analizar los efectos de situaciones combinadas y teniendo en cuenta lo mencionado en puntos anteriores, se propone modelar las siguientes situaciones:



Tabla 34. Escenarios de simulación

LLUVIA	Nivel Río de la Plata (IGN)	Valor Propuesto (IGN)
2, 5, 10 y 100 años	1.25	1.25 ³
2 años	Nivel de Marea 100 años (+3.86)	3.86
10 años	Nivel de Marea media (+0.23)	0.26 ⁴
100 años	Nivel de Marea media (+0.23)	0.26
10 años	Nivel de Marea 10 años (+3.00)	2.974 ⁵
Abril 2013	Marea registrada	
Enero 2001	Marea registrada	
PMP	Nivel de Marea media (+0.23)	0.26
Para análisis de sensibilidad		
10 años	Nivel máximo histórico del Río de la Plata	3.88 ⁶
Cambio Climático		
10 años	Escenario tendencial	0.35 ⁷
10 años de recurrencia en 2060	Escenario actual	0.26
10 años de recurrencia en 2060	Escenario tendencial	0.35

Para las **tormentas de diseño**, se utilizan las curvas IDF o PDF actualizadas para este trabajo (Villa Ortuzar serie 1961 – 2016), Tabla 20 y Tabla 21, con la distribución temporal recomendada en la Tabla 28. Las láminas de precipitación se aplicaron al modelo hidrológico – hidráulico de manera espacialmente uniforme y sin considerar efecto de reducción areal (teniendo en cuenta el alto valor del factor de reducción areal a utilizar y las incertidumbres propias de su determinación), ubicando los resultados del lado de la seguridad.

Los **eventos observados**, se discretizan espacialmente en función de las estaciones de medición de precipitación con información; disponiéndose en particular discretización del evento de 2013.

Adicionalmente, y a efectos de brindar elementos que resulten de utilidad para la preparación de planes de contingencia, se realizaron simulaciones con los valores estimados de **Precipitación Máxima Probable (PMP)** de manera preliminar.

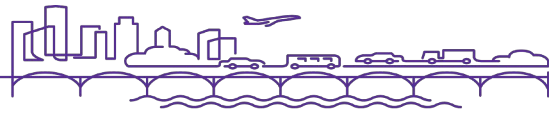
³ Surge de considerar que el valor 1,8 MOP es el umbral inferior de sudestadas (1.8m-0.55=1.25 IGN). Sin embargo, estudios más recientes indican que el valor que separa las sudestadas es 1.6mMOP=1.05 m IGN

⁴ El nivel medio de 0.79m MOP=0.23m IGN corresponde al dato estadístico adoptado por el Servicio de Hidrografía Naval. El valor verdadero del nivel medio en el período 1905-2006 es de 0.82m MOP=0.26m IGN

⁵ Correspondería 2.974 con la serie extendida

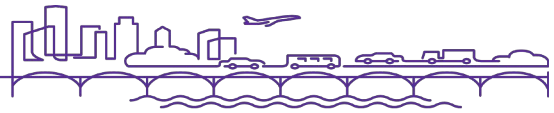
⁶ Corresponde al máximo histórico de 1940 (4.44m MOP=3.884m IGN)

⁷ Nivel medio del Río de la Plata al año 2060 (CC Nivel)



4.4.11 Referencias Bibliográficas

- Adamson. P. T. and Chong T. K. F, 1992. "A Review of Estimation Procedures for Urban Flood Risk". HALCROW WATER. UK. 97 pp.
- Bell. F. C., 1969. "Generalised Storm Rainfall Depth – Duration – Frequency Relationships" American Society of Civil Engineers. Journal of the Hydraulic Division. Vol 95 (1). pp 311-327
- Caamaño Nelly, G., Dasso, C. y García, C., 2003. Lluvias de diseño: conceptos, técnicas y experiencias. Editorial Científica Universitaria, Córdoba.
- Chou SC, Nunes AMB, Cavalcanti IFA, 2000. "Extended range forecasts over South America using the regional Eta Model". J Geophys Res-Atmos 105(D8):10147–10160
- Cunnane C., 1989. "Statistical Distributions for Flood Frequency Analysis". World Meteorological Organization. Operational Report N°.33
- Danish Hydraulic Institute DHI - Inter-American Development Bank, 2012. Climate Change Adaptation Case Study. The Pantanoso River Urban Catchment Montevideo (Uruguay)
- Danish Hydraulic Institute DHI, 2012. Water Resources Climate Change – Guidelines. How to achieve sustainable adaptation
- Electrobras (1987). Guia para cálculo de cheia de proyecto de vertedores. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro. Brasil.
- Halcrow – IATASA – Latinoconsult, Plan Director de Ordenamiento Hídrico de la Ciudad de Buenos Aires (PDOH), 2006
- Herschfield. D. M., 1961. "Rainfall Frequency Atlas of the United States for Durations from 30 minutes to 24 hours and for Recurrence Intervals from 1 to 100 Years". Technical Paper No: 40. US Weather Bureau. Dept of Commerce. Washington DC.
- Herschfield. D. M., 1962. "Extreme Rainfall Relationships". American Society of Civil Engineers. Journal of the Hydraulic Division. Vol 88 (6). pp 73 - 92.
- Institute of Hydrology, 1999. "Flood Estimation Handbook". Centre for Ecology & Hydrology, ISBN: 9781906698003
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. IPCC-AR5, 2013: Twelfth Session of Working Group I Approved Summary for Policymakers. Summary for Policymakers. IPCC WGI AR5 SPM-1 http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27Sep2013.pdf
- Kite G. (1977). Frequency and risk analyses in hydrology. Water Resources Publications. Colorado. U.S.A.
- Paoli C., Cacik P y Bolzicco J. (2005) "Análisis de Frecuencia de variables hidrológicas". FICH – UNL.
- Plan de Acción frente al Cambio Climático 2020. Buenos Aires Ciudad. 2015.
- Servicio Meteorológico Nacional. Características Meteorológicas del Evento de Precipitaciones Intensas ocurridas el 2 de abril de 2013 (25 de abril de 2013).
- Servicio Meteorológico Nacional. Informe de las Precipitaciones Ocurridas en la Provincia de Buenos Aires– abril 2013. 3 de abril de 2013,
- Serman & Asoc. – O. Grimaux & Asoc. – ATEC – DHI. Proyectos Ejecutivos para varias Cuencas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Estudios Complementarios del Riachuelo. Programa de Gestión del Riesgo Hídrico de la Ciudad de Buenos Aires. Préstamo BIRF N° 7289-AR. Estudio Hidrodinámico del Riachuelo, 2014.
- Torres. J. C and M. Nicolini (1999). "Analysis of a Mesoscale Convective System Centered over Rio de La Plata." Australian Meteorological Magazine. Vol. 4. pp 261 – 272.



Tucci, C. (1993). “Hidrología. Ciencia e Aplicacao” UFRGS - ABRH

Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería. 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. Mayo 2013.

Velasco. I (1994). Complejos convectivos de mesoescala en Sud América. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires

WMO No. 1045 Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP)”. 2009

Zamanillo Eduardo A... [et.al.], 2008. “Tormentas de Diseño para la Provincia de Entre Ríos” - 1a ed. - Buenos Aires: Univ. Tecnológica Nacional.

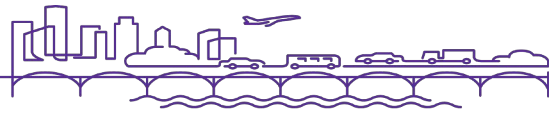
4.5 Modelo matemático de simulación hidrológica-hidráulica

En la presente sección se describe la metodología utilizada en el proceso de actualización y validación del modelo de la cuenca del Arroyo Medrano. Para poder hacer un análisis específico sobre la influencia de las obras más recientes (post evento 2013) construidas en la cuenca, se analizará la red de desagües sin la presencia de éstas, lo que coincide con la situación de obras existentes al año 2013, y se comparará con la situación actual de la red.

4.5.1 Recopilación de Información Antecedente de la Red de Desagües

Hemos recibido la siguiente información referida a las Obras Hidráulicas en la cuenca:

- Informe de relevamiento aéreo LIDAR/fotográfico (“INFORME DE RED.PDF”, Consultores Argentinos Asociados S.A.);
- Informe de configuraciones del ajuste de red primaria y secundaria (“AJUSTE_RAP.PDF” y “AJUSTE_RAS.PDF”, Trimble Business Center);
- Informes de procesamiento de líneas base (Trimble Business Center);
- Formulario de información de la Estación GNSS Permanente IGM1 (“IGM1.PDF”, Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo);
- Monografías de los puntos de GPS (Consultores Argentinos Asociados S.A.);
- Red de desagües pluviales de la municipalidad de Vicente López (“OBRAS HIDRAULICAS.DWG”, Mantelectric I.C.I.S.A.);
- Plano con cotas de centro de esquinas (“COTAS CENTRO DE ESQUINAS.DWG”);
- Planialtimetría y perfiles longitudinales de adecuación de los desagües pluviales de las cuencas Holmberg y Zufriategui (“110-PR-1001-PL01.DWG”, Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas);
- Informe, presentación y presupuesto de la adecuación de los desagües pluviales de las cuencas Holmberg y Zufriategui (“INFORME FINAL HOLMBERG-10-10-2013.DOC”, DISPSOH – Departamento de Proyectos);
- Planialtimetría General de la adecuación y limpieza de conductos de la cuenca del A° Medrano (“110-2017-01-PL01a03V13-0-2017.DWG”, Dirección Provincial de Obras Hidráulicas);



- Planos de planta y cortes de la adecuación y limpieza de conductos de la Cuenca del A° Medrano ("110-2017-01-PL04-V13-1-2017.DWG", Dirección Provincial de Obras Hidráulicas);
- Plano de obra de adecuación entre reservorio y A° Medrano desembocadura en Parque Sarmiento ("110-2017-01-PL05a06-V13-1-2017.DWG", Dirección Provincial de Obras Hidráulicas);
- Planos de identificación de proyectos de los municipios de San Martín, Tres de Febrero y Vicente López ("SANMARTIN.dwg", "TRESDEFEBRERO.DWG", "VICENTELOPEZ.DWG", Dirección Provincial de Hidráulica – Laboratorio de hidrología – Facultad de Ingeniería UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales del conducto Martín Coronado, Martín Coronado, Villa Bosch ("TFE-001.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales Ramal VII, Caseros ("TFE-002.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales de Ramal 1 y Subramal 1ª, Martín Coronado, Villa Bosch ("TFE-003.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales en calle Río Deseado – Ramal 10, Martín Coronado, Villa Bosch ("TFE-004.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües – Desviador Arroyo Maldonado – Arroyo Morón – Ramales, Caseros, Ciudadela, José Ingenieros ("TFE-005.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales Ramal VIII, Caseros ("TFE-006.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales en Tres de Febrero – Ramal IV, Caseros ("TFE-007.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales en Tres de Febrero, Caseros ("TFE-008.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales en el sector comprendido entre Camino de Cintura y Arroyo Morón – Primera Etapa, El Libertador, Churruca, 11 de septiembre, Loma Hermosa, Pablo Podesta, Martín Coronado, Remedios de Escalada de San Martín, Villa Bosch, Ciudad Jardín ("TFE-009.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de mejoramiento del canal existente entre calles Santa Fé y Gral. Urquiza, Ciudadela ("TFE-010.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües pluviales en Ciudadela Sur, Ciudadela ("TFE-011.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de obra de desviación del Arroyo Maldonado hacia el Arroyo Morón, Ciudadela, Caseros, Villa Sarmiento, Haedo, El Palomar ("TFE-012.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de la reconstrucción del entubamiento del zanjón Sarmiento, Ciudadela ("TFE-013.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües pluviales – Ramal I – Conducto Martín Coronado, Martín Coronado, Villa Bosch ("TFE-014.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües pluviales en Caseros Sud – Ramal VI, Caseros ("TFE-018.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);



- Base de datos de canalización y rectificación del Arroyo Morón desde el FCGU hasta el Río Reconquista, Remedios de Escalada de San Martín, el Libertador ("TFE-018.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales del canal H Yrigoyen, Munro ("LOP-007.DOC", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales del canal Holmberg, Florida ("LOP-008.DOC", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los conductos de desagües pluviales en calle Monteverde y Santa María de Oro, Olivos ("LOP-009.DOC", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales en Barrio Gaynor, Villa Martelli ("LOP-011.DOC", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales en Villa Martelli, Villa Martelli ("LOP-013.DOC", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos del entubamiento del A° Medrano, Villa Martelli ("LOP-014.DOC", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales en Canal Bermúdez, Munro ("LOP-015.DOC", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos del entubamiento del A° Medrano, Villa Martelli ("LOP-016.DOC", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales en Canal Bermúdez, Munro ("LOP-017.DOC", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de los desagües pluviales en Vicente López – Canal Bermúdez, Munro ("LOP-018.DOC", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de saneamiento de los pueblos del partido de San Martín, Villa Ballester, General San Martín, Villa Lynch, Villa Chacabuco, Villa Libertad, Caseros, Santos Lugares, Saenz Peña, Villa Raffo, Ciudadela ("SMA-003.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües por conductos en calle Ituzaingó, General San Martín, Villa Maipú ("SMA-004.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües en Ramos Mejía, Ramos Mejía, Ciudadela ("SMA-005.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües de Villa Diehl, Villa Maipú ("SMA-006.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de proyectos de desagües, General San Martín, Villa Maipú, Villa Chacabuco ("SMA-007.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de dcroquis de inspección, Villa Lynch ("SMA-008.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de canalización y rectificación del Arroyo Maldonado, Ciudadela, Ramos Mejía, San Justo, Isidro Casanova ("SMA-009.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de saneamiento de la cuenca del Arroyo Medrano, Ciudadela, Ramos Mejía, San Justo ("SMA-010.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües pluviales – 1ra etapa (cuenca del Arroyo Medrano), General San Martín, Villa Yapeyú, Villa Maipú, Villa Chacabuco, Villa Lynch, Villa Parque Presidente Alcorta, Saenz Peña ("SMA-012.WPD", Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);



- Base de datos de proyecto de Ciudad del libertador – Verificación de la nivelación, Ciudad Jardín del Libertador (“SMA-016.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües pluviales en la ciudad de San Martín – II etapa, General San Martín, Villa Libertad, Villa Ayacucho, Villa Monteagudo, Santos Lugares (“SMA-017.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües pluviales complementarios en Villa Golf Club “San Andrés”, Villa Ballester, Villa Márquez de Aguado, Villa Parque San Lorenzo (“SMA-018.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües pluviales en la localidad de J. L. Suárez, J. L. Suárez, Villa Ballester (“SMA-019.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües pluviales en la localidad de J. L. Suárez, J. L. Suárez, Villa Ballester (“SMA-020.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de entubamiento zanjón José Ingenieros, Villa Gral. Las Heras, Villa Coronel Zapiola, Villa Gral. Guido, Villa Gral. Sucre (“SMA-021.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües pluviales en zona norte de J. L. Suárez, Villa Necochea, Villa Matorras (“SMA-022.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de ampliación de desagües pluviales en J. L. Suárez, Ciudad Jardín del Libertador (“SMA-023.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de reestructuración de desagües pluviales en la Av. Perdriel, General San Martín, Villa Maipú (“SMA-024.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos del entubamiento zanjón calle 11 de septiembre, J. L. Suárez, Villa Godoy Cruz (“SMA-025.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de desagües pluviales en Villa Bosch, Billinghamurst, Villa Libertad, Villa J. M. de Pueyrredón, Villa Coronel Zapiola, Villa Bosch (“SMA-026.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de rectificación y limpieza del Arroyo Medrano, General San Martín, Villa Maipú (“SMA-028.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Base de datos de obras de mejoramiento y limpieza de cursos de agua en el conurbano, Ciudad Jardín del Libertador (“SMA-030.WPD”, Convenio DPH – Fac. Ing. UNLP);
- Relevamientos de Altimetría. Valores de cota y largo de los sumideros en 13767 sitios, General San Martín (“viajes_hasta_34_corregido_version_2”, archivo digital de shapefile, Período del relevamiento: 2013 (noviembre/diciembre) a 2014 (enero/febrero/marzo));
- Relevamiento de badenes y tipo en 4198 sitios, General San Martín (“badenes_hasta_34_corregido_version_2”, archivo digital de shapefile, Partido de General San Martín);
- Hitos de referencia., General San Martín (“Hitos_371”, archivo digital de shapefile);
- Ejes de calles actualizado al 2010, General San Martín (“Ejes_371.SHP”, archivo digital de shapefile, Datos de toponimia y alturas de inicio/ finalización);
- Fracciones censales para el año 2010, General San Martín (“Fracc_371”, archivo digital de shapefile, Fracciones con nomenclatura);
- Radios censales para el año 2010. General San Martín (“Rad_371”, archivo digital. Radios censales con nomenclatura);



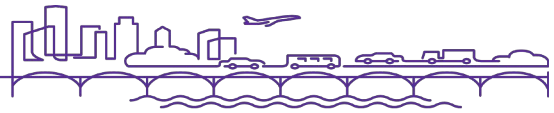
- Representación gráfica de contorno de manzanas, General San Martín (“Manz_371”, archivo digital de shapefile, Manzanas generadas a partir de los ejes de calles pre censales con datos de nomenclatura de fracción y radio censal);
- Polígonos de manzanas 2010., General San Martín (“Polyg_371”, archivo digital de shapefile);
- Ejes de calles actualizado al 2010, Tres de Febrero (“Ejes_840”, archivo digital de shapefile, Datos de toponimia y alturas de inicio/ finalización);
- Hitos de referencia, Tres de Febrero (“Hitos_840”, archivo digital de shapefile);
- Radios censales para el año 2010, Tres de Febrero (“Rad_840”, archivo digital, Radios censales con nomenclatura);
- Polígonos de manzanas 2010, Tres de Febrero (“Polyg_840”, archivo digital de shapefile);
- Representación gráfica de contorno de manzanas, Tres de Febrero (“Manz_840”, archivo digital de shapefile, Manzanas generadas a partir de los ejes de calles precensales con datos de nomenclatura de fracción y radio censal);
- Fracciones censales para el año 2010, Tres de Febrero (“Fracc_840”, archivo digital de shapefile, Fracciones con nomenclatura);
- Hitos de referencia, Vicente López (“Hitos_861”, archivo digital de shapefile);
- Ejes de calles actualizado al 2010, Vicente López (“Ejes_861”, archivo digital de shapefile”, Datos de toponimia y alturas de inicio/ finalización);
- Radios censales para el año 2010, Vicente López (“Rad_861”, archivo digital, Radios censales con nomenclatura);
- Polígonos de manzanas 2010, Vicente López (“Polyg_861”, archivo digital de shapefile);
- Representación gráfica de contorno de manzanas, Vicente López (“Manz_861”, archivo digital de shapefile, Manzanas generadas a partir de los ejes de calles precensales con datos de nomenclatura de fracción y radio censal);
- Fracciones censales para el año 2010, Vicente López (“Fracc_861”, archivo digital de shapefile, Fracciones con nomenclatura);
- Red pluvial, área de la cuenca del Arroyo Maldonado (“red pluvial”, archivo digital de shapefile, Red pluvial con datos asociados en la tabla de atributos).

4.5.1.1 Análisis de Antecedentes

De toda la información recibida y enumerada anteriormente se detalla éaquella que fue utilizada para la realización de la actualización del modelo matemático de simulación hidráulica.

Para realizar la actualización de los conductos existentes en la zona de la Provincia de Buenos Aires se utilizó la siguiente información:

- a) El archivo “*TresDeFebrero.dwg*” que contiene la traza de los conductos y las tablas “*TFE-001.wpd a 019*” donde se presentan los datos, para cada uno de los ramales contenidos en los planos, de identificación, calle de desarrollo, calle de inicio, calle de fin, longitud, pendiente, cota de invertido tanto de inicio como de fin y su sección transversal;
- b) El archivo “*VicenteLopez.dwg*” que contiene la traza de los conductos y las tablas “*LOP-007.wpd a 018*” donde se presentan los datos, para cada uno de los ramales contenidos en



los planos, de identificación, calle de desarrollo, calle de inicio, calle de fin, longitud, pendiente, cota de invertido tanto de inicio como de fin y su sección transversal;

- c) El archivo "*SanMartin.dwg*" que contiene la traza de los conductos y las tablas "*SMA-003.wpd a 030*" donde se presentan los datos, para cada uno de los ramales contenidos en los planos, de identificación, calle de desarrollo, calle de inicio, calle de fin, longitud, pendiente, cota de invertido tanto de inicio como de fin y su sección transversal;
- d) Los datos de las ubicaciones de los sumideros no fueron suministrados para todos los partidos de la Provincia. Se tiene información de sus ubicaciones y dimensiones únicamente para Vicente López ("*Obras hidráulicas.dwg*");

4.5.1.2 Relevamiento remoto de Sumideros

No se dispone de un relevamiento completo de la ubicación y tipo de sumideros de toda la cuenca. Se tienen datos de ubicaciones y dimensiones de los mismos para CABA proveniente del estudio del PDOH 2006 y sus actualizaciones posteriores, mientras que para las redes de la Provincia de Buenos Aires no se cuenta con toda la información. A modo de lograr una esquematización equivalente entre las densidades de datos de CABA con respecto a los de provincia, se procedió a la modelación de los mismos a través de un reconocimiento remoto.

La ubicación y cantidad de los sumideros a colocar en la zona de la Provincia de Buenos Aires se llevó a cabo de manera variada; en los Municipios de San Martín y Vicente López se cuenta con bastantes datos de ubicación y dimensiones de sumideros, información que luego fue verificada en visitas y mediante el uso de herramientas informáticas. En aquellas partes de la cuenca donde no se contaba con ningún tipo de información suministrada, por lo que se hizo uso de la herramienta del *Google Street View*. Con dicha información se pudo realizar un control particular esquina por esquina (limitándose a las áreas donde se tiene conocimiento de la existencia de conductos pluviales) de fotografías, pudiendo de esta manera verificar la existencia o no de sumideros, cantidad y dimensiones de los mismos. Esta información obtenida por este medio tiene validez ya que se cuenta con el sustento de la fecha en la que la misma fue tomada, pero luego es necesario, a modo de complemento y verificación, realizar un control de esta información por medio de visitas de campo, al menos en puntos críticos de la red.

De aquellos sumideros de los que no se tiene información de sus dimensiones se asumieron que los mismos se interconectan con la red pluvial a través de conductos circulares de 400mm de diámetro. Por cada sumidero, sin importar su dimensión, se tomó un conducto de aporte a la red.

A modo de ejemplificación se muestra a continuación (ver *Figura 62*) el caso de una esquina de la zona de Vicente López, donde se tiene un plano de ubicaciones, donde se evidencia que la información dada por el municipio es similar a la obtenida a través del uso del *Google Street View*.



Figura 62. Localización de sumideros en la intersección de F. N. Laprida y Bme. Mitre, Vicente López

4.5.2 Enfoque

En esta instancia y para la elaboración del presente análisis se utilizó el software Infoworks CS; el mismo ha sido utilizado en la modelación de los escenarios del PDOH 2006 y en los estudios realizados para la tormenta del año 2013. En instancias posteriores se realizará una migración a un software libre, más precisamente al EPA SWMM partiendo de un modelo actualizado y validado.

El programa Infoworks CS, desarrollado por Innovyze, que permite en general la simulación del escurrimiento a presión y a superficie libre, la evolución de la calidad de agua y transporte de sedimentos en redes de desagües pluviales bajo distintas condiciones de borde. Mediante la resolución de las ecuaciones completas de Saint Vénant, el programa sirve de base para la elaboración de un modelo de la cuenca en estudio que reproduce, en forma precisa, los efectos de remanso, escurrimientos impermanentes en canales abiertos y en redes de conductos a presión, así como obras secundarias e interconexiones complejas en la red de desagües.

Con relación a los aspectos hidrológicos involucrados en el comportamiento de los sistemas de desagüe, el programa posee un módulo de simulación de los procesos hidrológicos intervinientes en la determinación de la esorrentía originada por las subcuencas componentes del área en estudio. Con este objetivo, resulta posible la implementación de diferentes métodos de transformación lluvia-caudal con distintos grados de complejidad. Los hidrogramas registrados durante los diferentes eventos analizados son transportados a través de la red de desagües mediante un modelo hidrodinámico que, como fuera dicho, resuelve las ecuaciones completas de Saint Vénant.

Tomando en consideración los aspectos antes mencionados, el paquete de herramientas disponibles en el programa permite la simulación del comportamiento conjunto del sistema de calles y conductos, así como la interacción existente entre ambos. Básicamente, la modelación completa de la cuenca en estudio se logra a través de la implementación de una doble red de conducción (calles y conductos) mediante un número determinado de nodos y ramales. En estas condiciones, el sistema funciona como un único sistema que interactúa, en cada nodo, compatibilizando niveles, caudales y geometrías tanto de los conductos y de las calles como de sus elementos de vinculación.

Además, se utilizó un entorno de Sistema de Información Geográfica (en lo sucesivo SIG) externo que permite visualizar capas temáticas (amanzanamiento de la ciudad, líneas de nivel, planos con redes de conductos, etc.) y, posteriormente, exportar los resultados para su posterior post procesamiento



y un entorno SIG interno que permite una primer y rápida visualización de los datos de la base de activos y de los resultados de las simulaciones.

La conjunción de ambos componentes anteriores ofrece grandes ventajas ya que permite administrar la información sobre los activos de la red de desagües, evaluar su funcionamiento e interpretar los resultados.

El modelo base utilizado es el desarrollado en el PDOH (2006), validado y actualizado a 2017.

Con las simulaciones desarrolladas en los diversos escenarios de estudio se realiza una interpretación de los resultados obtenidos, con énfasis en los siguientes parámetros e indicadores:

- Caudales y niveles máximos en puntos característicos/críticos del sistema.
- Profundidades de inundación para los diferentes escenarios realizados.
- Permanencia del agua en superficie por encima de valores tolerables.

Se hace notar que, habiéndose recibido los registros aportados por distintas fuentes (ver Punto 3), se ha realizado una tarea de validación de los resultados en base a los mismos con el fin de asegurar la confiabilidad del modelo matemático.

4.5.3 Desarrollo del modelo matemático

4.5.3.1 Breve síntesis del alcance del modelo del PDOH

A continuación, se sintetizan los puntos salientes concernientes al desarrollo del modelo matemático de la red de desagües llevado a cabo en oportunidad de la ejecución del PDOH:

- La herramienta de modelación empleada ha sido el programa Infoworks CS, en virtud de sus capacidades para simular en forma hidrodinámica el escurrimiento en la doble red de conducción (sistemas mayor y menor), el entorno de sistema de información geográfica incorporado en el programa y la posibilidad de trabajar en forma integrada a estructuras de base de datos de última generación.
- La información utilizada para constituir el modelo ha sido principalmente la contenida en la serie de 80 planchetas de OSN que datan de 1985. Las mismas han permitido cubrir las necesidades del modelo en forma satisfactoria, con un importante grado de homogeneidad en el ámbito de la ciudad. Para la modelación en la provincia de Buenos Aires se dispuso de información de diversas fuentes, de variado nivel de detalle y cobertura espacial. Por tal motivo, el resultado de las simulaciones en el área de capital tiene mayor precisión.
- Se ha elaborado un modelo digital del terreno para toda el área de estudio, utilizando la topografía elaborada por CATREL S.A. para el GCBA, complementada con la información contenida en los planos de Geodesia de la provincia a escala 1:5.000. Toda la información disponible fue analizada exhaustivamente en gabinete y localmente verificada en campo, de manera de arribar a un modelo del terreno de calidad confiable y homogénea. Nuevamente, los datos incorporados en la zona de capital tienen mayor grado de detalle que los de provincia, por lo que es esperable un mayor grado de certeza dentro de la CABA.
- Se calibró el modelo obteniendo resultados satisfactorios a los fines de la elaboración de un **diagnóstico hídrico** y de su utilización como **herramienta en la toma de decisiones**.
- Uno de los criterios más importantes adoptados en el desarrollo del modelo fue el de incluir una red de calles para poder reproducir con precisión los procesos de escurrimiento y almacenamiento en superficie. Esto fue considerado un elemento indispensable para poder arribar a un diagnóstico



concluyente sobre los problemas de anegamiento en la cuenca, ya sea como consecuencia de insuficiencia en la capacidad de los sumideros como de los conductos principales.

- El nivel de detalle volcado en el modelo matemático logró una gran discretización en lo que respecta al tamaño de subcuencas y a la representación de los sumideros.
- Se han incorporado a la modelación las condiciones de borde impuesta por los niveles en el Río de La Plata en coincidencia con la descarga de la conducción principal y en aquellas conducciones cuya descarga es influenciada por dichos niveles.

Es importante señalar que la confiabilidad de los resultados de toda modelación matemática es dependiente de la calidad de los datos disponibles para el armado del modelo. Es decir que idealmente se deberá disponer, al menos, de la siguiente información:

- Relevamiento de tipos y usos del suelo (áreas verdes, calles y veredas, pulmón de manzana, áreas construidas, etc.)
- Relevamientos topográficos
- Relevamiento de la red de drenaje
- Relevamiento de cámaras y sumideros
- Relevamiento de estructuras hidráulicas (ej, compuertas, vertederos, cuencos, etc.)
- Datos de lluvia registrados por pluviógrafos para diferentes puntos de la cuenca (lamina total y su distribución temporal en cada lugar)
- Condición de borde en la descarga (niveles de marea del Río de La Plata)
- Datos para la calibración compuestos por niveles piezométricos en conductos (piezómetros), caudales (aforos), niveles de agua en calle y extensiones de inundación (encuestas posteriores a los eventos de inundación), etc.

4.5.3.2 Adecuación del modelo matemático

Como se mencionó anteriormente, para el presente estudio se tomó como base el modelo matemático que fue utilizado en el marco del Plan Director de Ordenamiento Hídrico de la Ciudad de Buenos Aires (PDOH) y su posterior actualización para el análisis de afectación producido por el evento crítico del año 2013. Este modelo fue actualizado incluyendo las obras construidas desde el PDOH 2006 a esta parte, tanto en el área de CABA como en Pcia. de Buenos Aires. Se ha llevado a cabo también una mayor densificación de las redes de calle y ampliación del sistema de captación, logrando una densificación homogénea para toda la cuenca. De este modo, la incorporación de las redes secundarias en la zona de la Provincia de Buenos Aires de donde antes no se contaba con esa información, permite alcanzar un nivel de representación del sistema pluvial existente más detallado y completo que el presentado en el PDOH.

Las principales obras incorporadas en la **actualización previa** para el análisis de la tormenta de **2013** son:

- Ampliación del Cuenco amortiguador de Villa Martelli
- Aliviador Holmberg y obras accesorias
- Aliviador Martelli
- Ramal Estrada (Barrio Villa Maipú)
- Paso vehicular por calle Arias bajo las vías del ex FCGMB



Las principales obras realizadas con **posterioridad** al año **2013** son:

- Culminación de la ampliación del Cuenca Amortiguador de Villa Martelli;
- Reservorios del Parque Sarmiento;
- Reservorio del DOT;
- Retenes hidráulicos U23, Plaza La Paz y Belgrano Cargas;
- Pasos Bajo Nivel en CABA y Provincia de Bs. As.
- Extensión de la descarga del Arroyo Medrano;

En las siguientes figuras se muestran las redes de calles y de conductos que actualmente forman parte del modelo matemático actualizado.

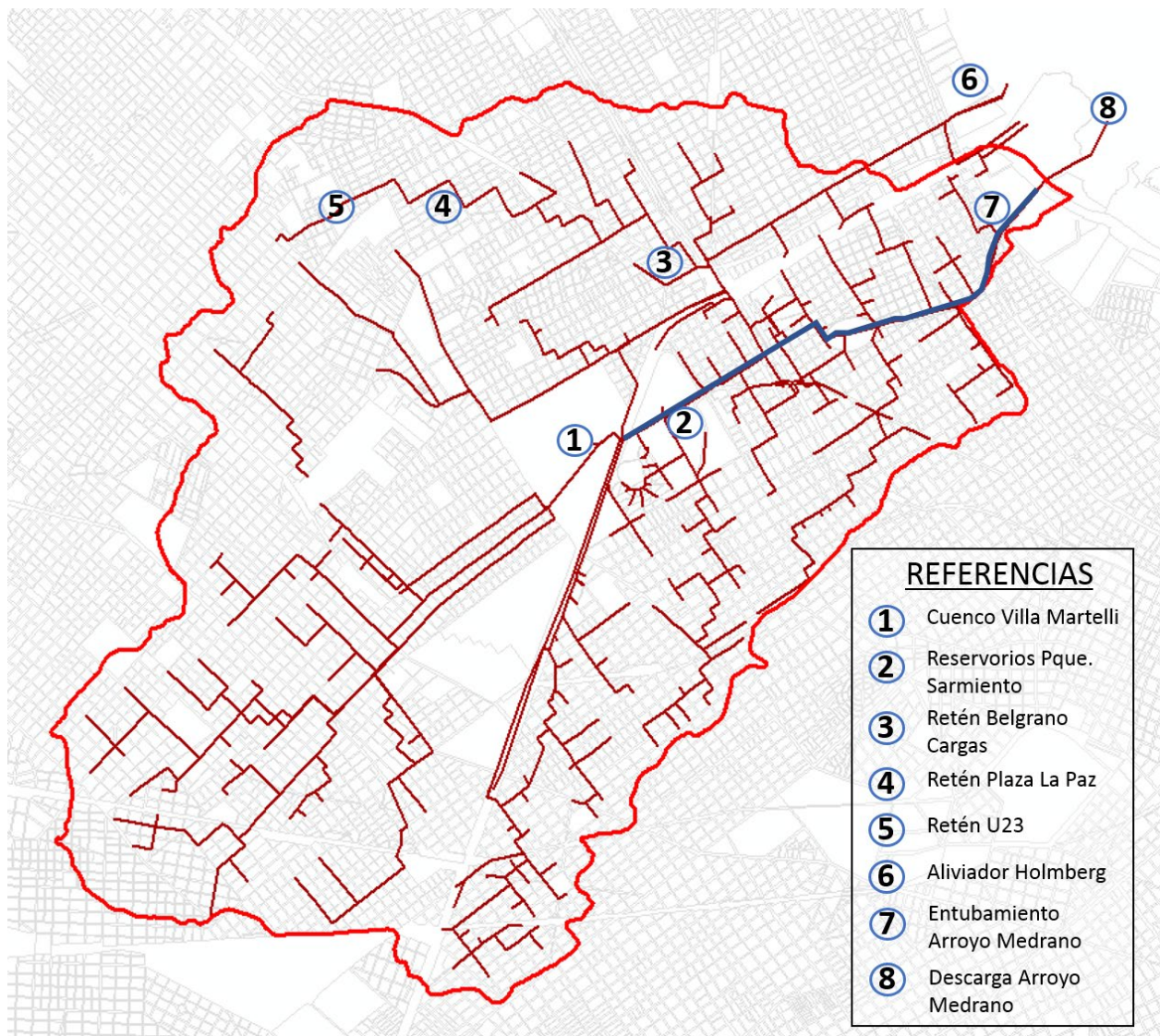


Figura 63 - Red pluvial analizada (2017)

Fuente: ch2m

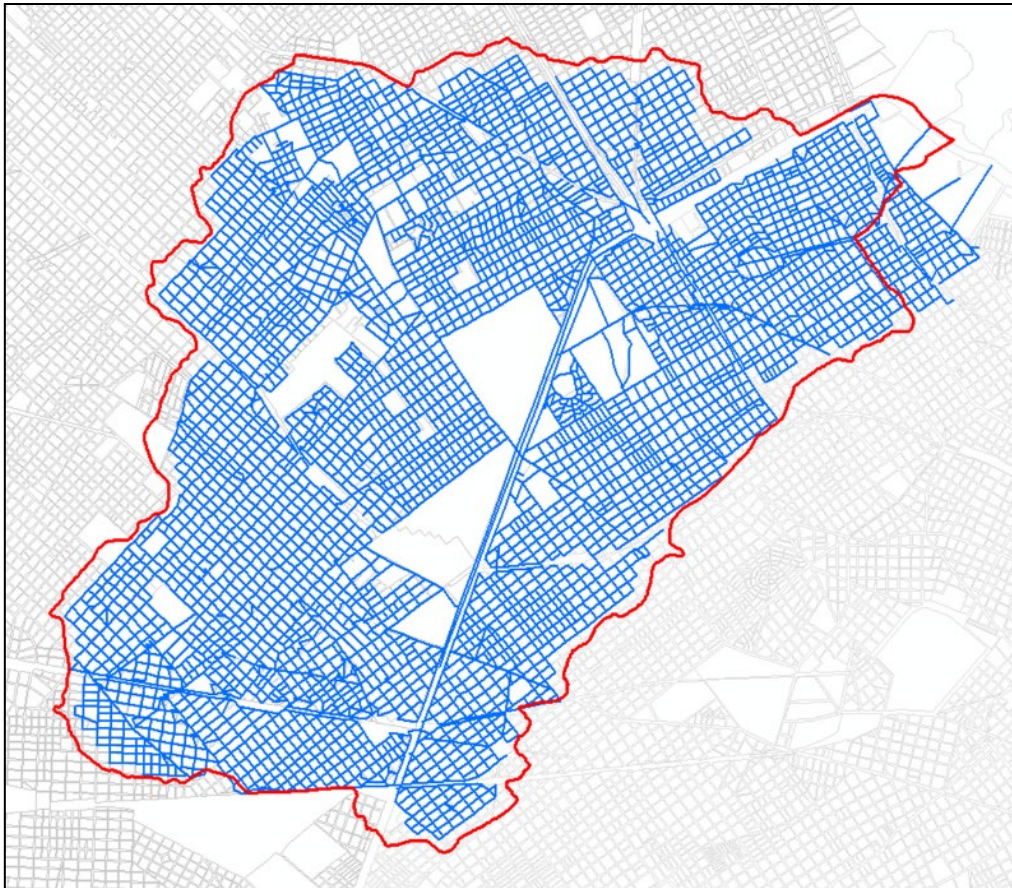
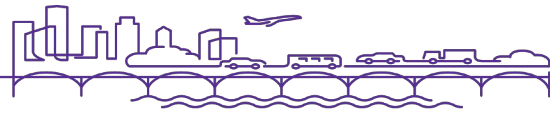


Figura 64 - Red de calles modelada

Fuente: ch2m

4.5.4 Actualizaciones al Modelo Matemático

Para poder validar y actualizar el comportamiento de la cuenca en base a la nueva información recibida y/o obtenida de nuevos relevamientos para el presente estudio, resultó necesario actualizar el modelo matemático (hidrológico – hidráulico) existente, cuya base es el Plan de Ordenamiento Hidráulico de la Ciudad (Halcrow y otros, 2006).

Esta actualización consistió principalmente en:

- Validar los datos de escurrimiento superficial de la cuenca en base a información topográfica actualizada del Relevamiento Lidar realizado en los meses de agosto y septiembre de 2017. Con esta información se densificó y actualizó el sistema de escurrimiento superficial (red de calles); y se refinaron y verificaron la distribución de las cuencas urbanas.
- Densificación de las redes pluviales de captación y conducción en base a nueva información recopilada en cada municipio.
- Actualización de la hidrometeorología en base a los estudios más recientes.
- Incorporación de áreas de retención temporal de excedentes hídricos (ARTEH), tanto aquellas creadas expreso para dicho fin como aquellas áreas que naturalmente cumplen esa función para ciertas recurrencias.
- Incorporación de obras especiales tales como pasos bajo nivel, cruces de vías y sifones,
- Incorporación de modificaciones realizadas en la desembocadura del Arroyo Medrano.



4.5.4.1 Metodología

En la actualización del modelo matemático se mantuvieron los criterios de diseño que se tenían desde la generación del modelo del PDOH 2006.

A continuación, se enumeran las principales modificaciones y la metodología con las que las mismas fueron realizadas:

- Densificación de nodos de calle. La nomenclatura que tuvieron fue anteponiendo la letra S, a modo de que se identifique que son de calle (*Street*) y luego 12 dígitos que se corresponden con las coordenadas X e Y del punto, quedando de la manera “Sxxxxxyyyyyy”;
- Densificación de calles faltantes a modo de darle a los partidos de la provincia la misma densidad de red de captación superficial que a CABA. Las dimensiones promedio de las mismas, en sintonía con las ya modeladas en la CABA, es de 8,5m de ancho, mientras que las avenidas son medidas en el plano y su ancho se modifica en esas trazas en particular, la misma situación se da en calles particulares de anchos reducidos;
- Se actualizó la subdivisión catastral dentro de la cuenca, utilizando los datos de los mosaicos fotogramétricos resultantes del nuevo Relevamiento LIDAR realizado para este estudio, en particular en las cuencas de provincia, a modo de verificar sus dimensiones y poder aplicarlas de mejor manera a la red de calles;
- Se llevó a cabo la evaluación de datos actualizados sobre las redes pluviales existentes en la provincia de Buenos Aires. La información fue incorporada a la traza de las principales redes (aquellas con diámetros superiores a los 500mm);
- Se realizó la interconexión entre el sistema de calles (captación del escurrimiento superficial) y la red pluvial a través de la creación de sumideros (fueron modelados como *orificios*). Los mismos fueron ubicados a utilizando la información suministrada, o en su defecto, a través del uso del Google Street View en aquellas áreas de la cuenca donde se disponía de información de redes;

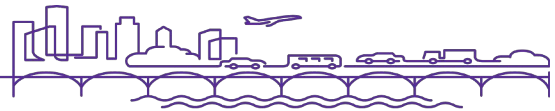
En las siguientes secciones, se describen en mayor detalle los componentes incorporados al modelo matemático.

4.5.4.2 Redes pluviales

Tanto para CABA como para los municipios que conforman la Cuenca del Arroyo Medrano, en Provincia de Buenos Aires, se incorporaron las redes pluviales que se obtuvieron en la recopilación de información antecedente. Las imágenes que siguen describen la extensión de las redes modeladas en estudios previos (PDOH 2006 y su actualización en 2013) con la incorporación de las redes faltantes para completar el escenario actual. Es importante hacer notar que, para la elaboración del PDOH 2006, el modelo contaba con información limitada de las redes pluviales de Provincia de Buenos Aires dado que, dicho estudio estuvo centrado en estudiar la porción de la cuenca que corresponde a la Capital Federal.

Vicente López

En el Partido de Vicente López se contaba con una red que tenía algunos faltantes en Florida y Villa Martelli al momento de elaborar el PDOH 2006, pero con muy poca densidad de sumideros identificados, lo que se evidencia en el fuerte incremento que éstos tienen en el modelo actualizado. También se hace evidente en el actual Modelo 2017 el incremento de las calles modeladas producto de la información topográfica del Relevamiento Lidar.



Unidad	PDOH 2006	PMDU 2017	Incremento
Conductos pluviales	22,87 km	30,3 km	7.400 m
Calles	11,1 km	74,9 km	63,8 km
Sumideros	80 u	373 u	293 u

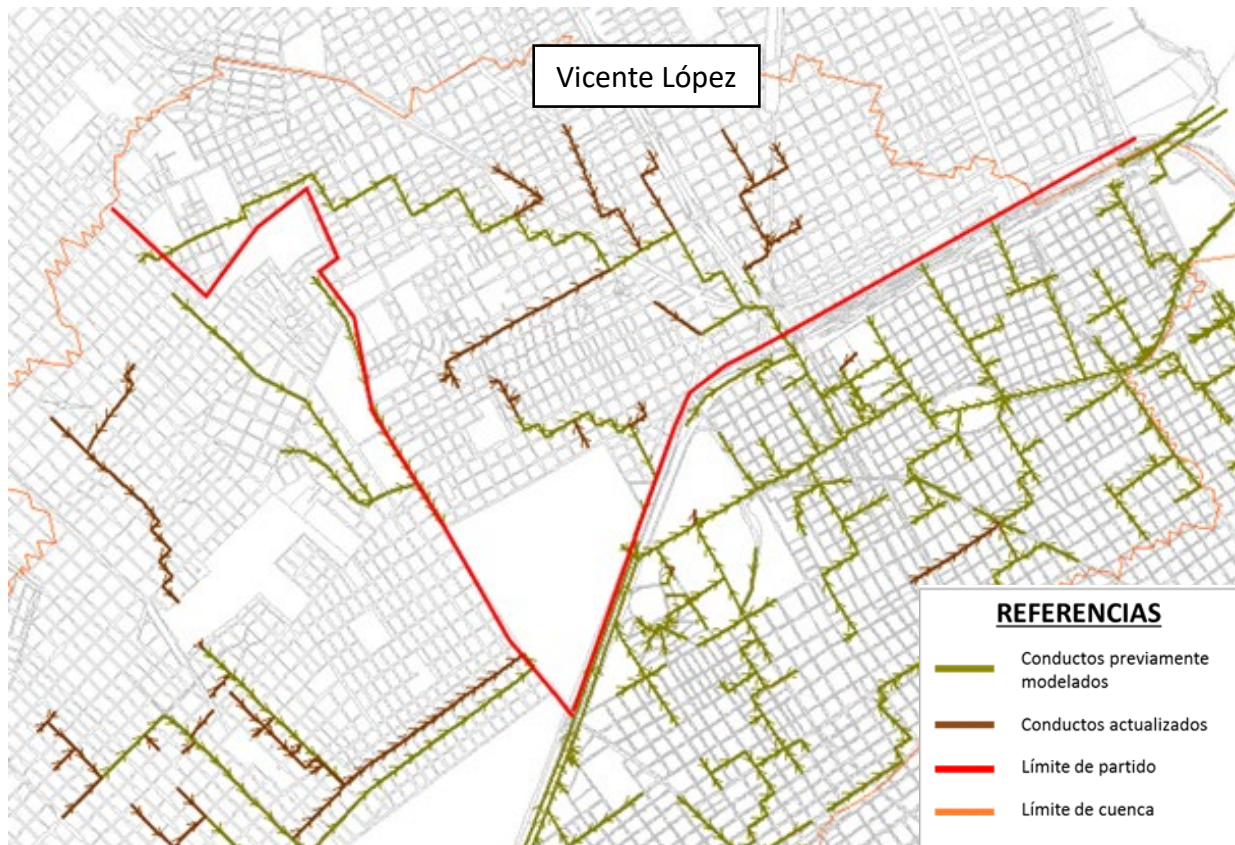


Figura 65. Red pluvial completa actualizada - Vicente López

Fuente: ch2m

San Martín

En el Partido de San Martín se contaba con una baja densidad de redes pluviales en las zonas de San Andrés, San Martín y Villa Lynch. Florida al momento de elaborar el PDOH 2006. Aquí se observaba una mayor densidad de sumideros, aunque se evidencia un fuerte incremento en el modelo actualizado. También se hace evidente en el actual Modelo 2017 el incremento de las calles modeladas producto de la información topográfica del Relevamiento Lidar.

Unidad	PDOH 2006	PMDU 2017	Incremento
Conductos pluviales	26,8 km	52,5 km	25,7 km
Calles	20,24 km	65,1 km	44,9 km
Sumideros	1.671 u	2.665 u	994 u

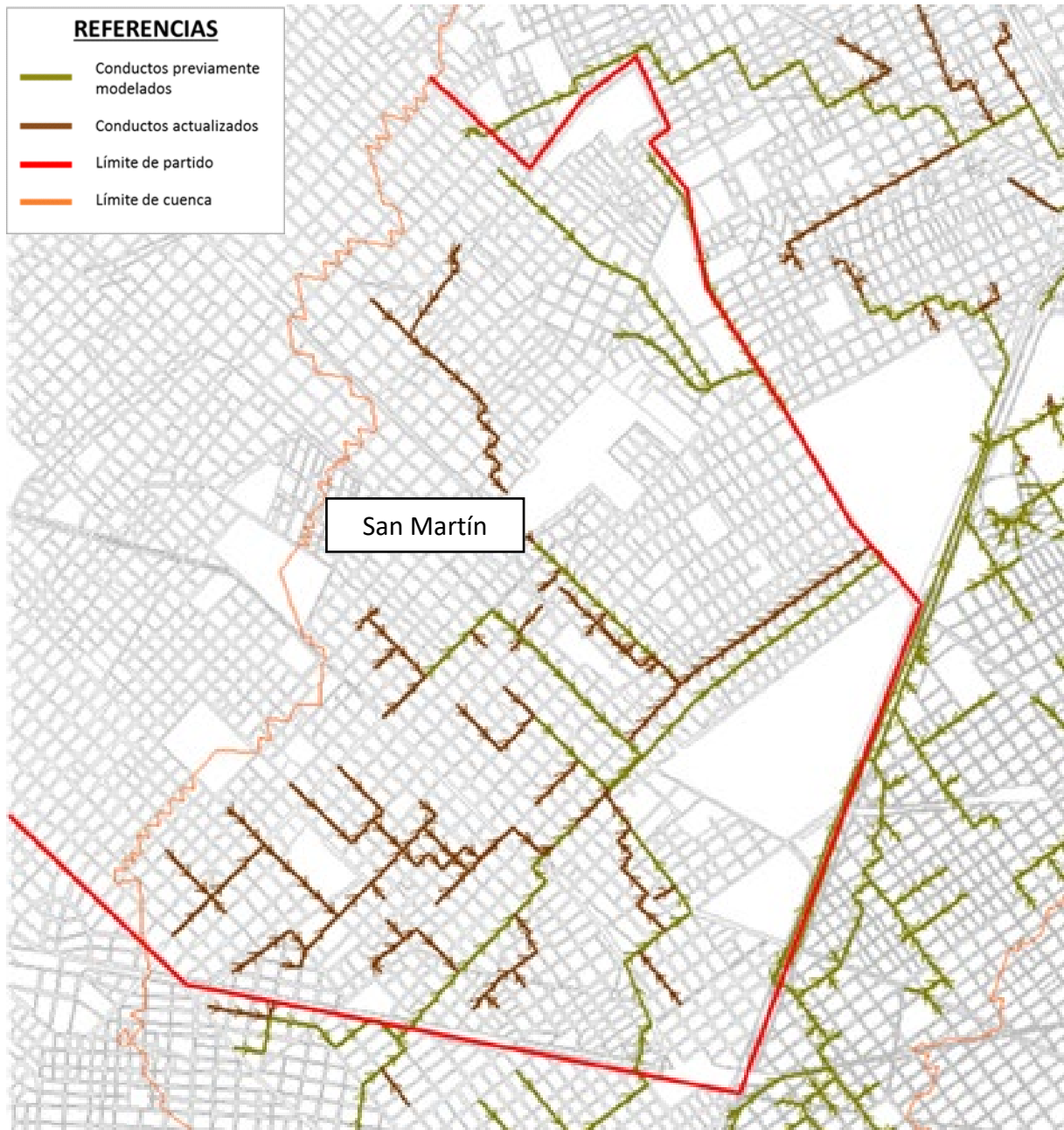


Figura 66. Red pluvial completa actualizada – San Martín

Fuente: ch2m

Tres de febrero

En el Partido de Tres de Febrero se contaba también con una baja densidad de redes pluviales en las zonas de San Andrés, San Martín y Villa Lynch. Florida al momento de elaborar el PDOH 2006. También se hace evidente en el actual Modelo 2017 el incremento de las calles modeladas producto de la información topográfica del Relevamiento Lidar.

Unidad	PDOH 2006	PMDU 2017	Incremento
Conductos pluviales	4.710 m	5.544 m	834 m
Calles	29,9 km	58,9 km	29 km
Sumideros	32 u	56 u	24 u

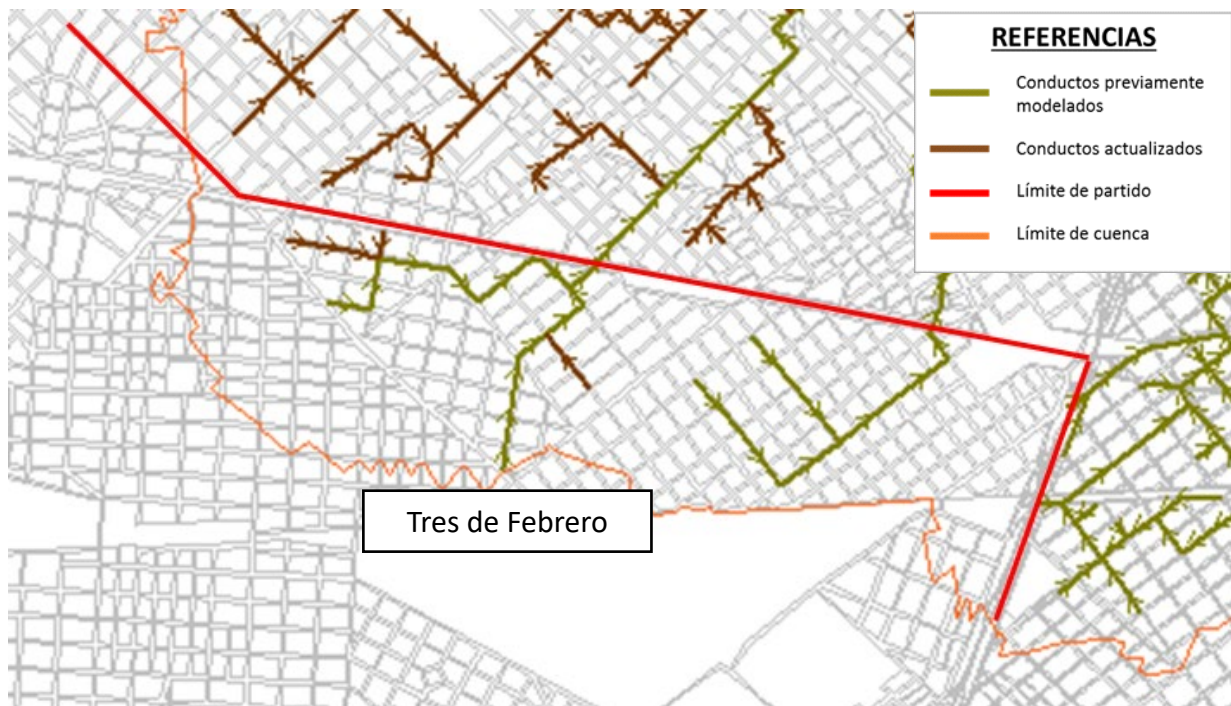


Figura 67. Red pluvial completa actualizada – Tres de Febrero

Fuente: ch2m

4.5.4.3 Aliviadores

Análisis del Aliviador Holmberg (Vicente López)

El Aliviador Holmberg recibe y conduce los caudales captados por la red pluvial del sector Sur del partido de Vicente López. Esto brinda un alivio al Arroyo Medrano, al sistema de desagües pluviales de la Autopista del Sol y de la Avenida General Paz, a los sistemas de desagües del Ferrocarril General Belgrano y además contribuye a resolver problemas de inundación localizados dentro del área de captación de la obra.

El conducto principal se desarrolla por la calle Laprida en el Partido de Vicente López, desde la ruta Panamericana (sección circular de 4.47m de diámetro interno) hasta su desembocadura en el Río de la Plata (sección rectangular de 2 celdas de 4.50x2.60m). Como parte de las obras, a la altura del cruce del FFCC Belgrano con la Av. Panamericana, se ha construido una cámara partidora de caudales conectada al conducto M19 existente (el cual descarga finalmente en el conducto principal del Arroyo Medrano entubado), la cual permite derivar 2/3 del caudal aportado por el conducto M15 hacia el Aliviador Holmberg y 1/3 restante hacia el conducto principal del Arroyo Medrano. Del mismo modo el conducto M10, que se conectaba al M19, se derivó completamente hacia el Aliviador Holmberg, por lo que se redujo el aporte de volúmenes al conducto principal del Arroyo Medrano.

La obra se complementa con la construcción de los conductos Liniers, Sarmiento y Azcuénaga, que desembocan en el Aliviador Holmberg, y permiten aliviar los desagües de la Av. Gral. Paz hacia la CABA en el tramo entre Av. Del Libertador y el Acceso Norte.

La Figura 68 presenta la ubicación de la obra y sus cuencas de aporte. Nótese que el área identificada con el color verde (aprox. 735 ha) corresponde a la captada por el conducto M15 y sus conexiones, antes mencionado, cuyos volúmenes se reparten hacia el Aliviador Holmberg (2/3) y hacia el Arroyo Medrano (1/3), y el área naranja (aprox. 290 ha) es la que aporta directamente al Aliviador Holmberg.

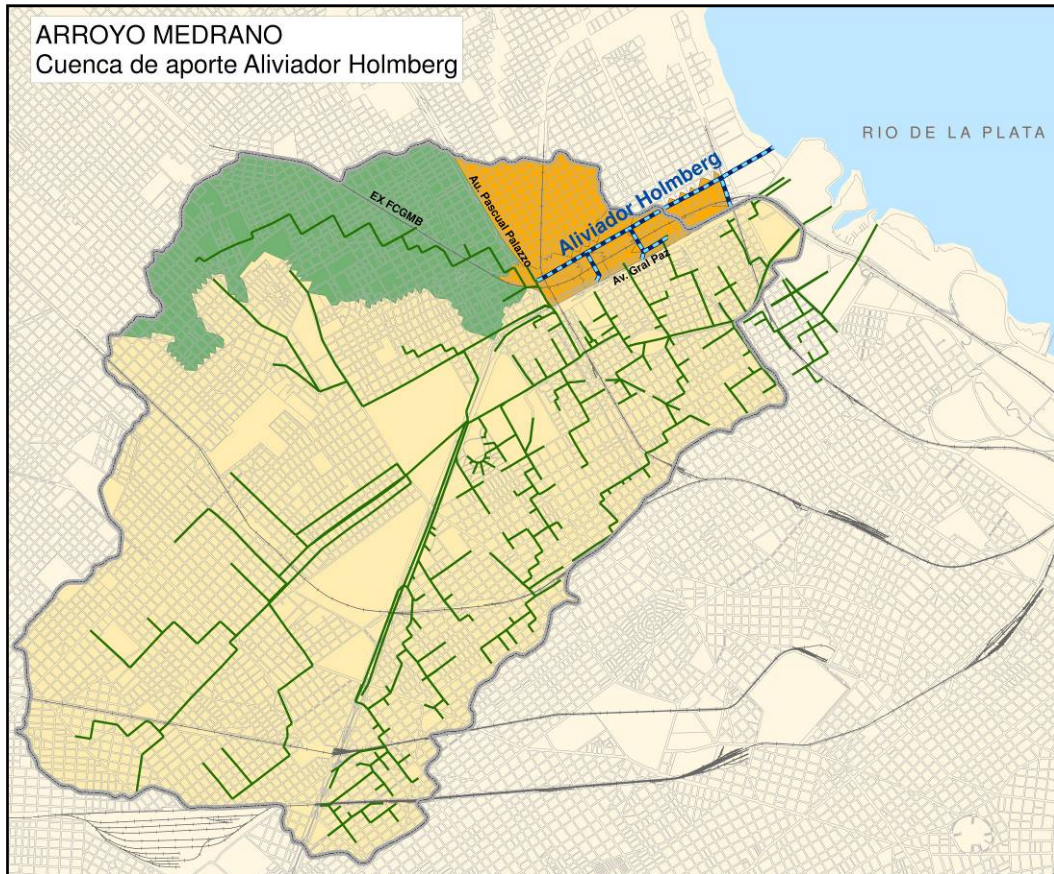


Figura 68 – Cuenca de aporte al Aliviador Holmberg
Fuente: ch2m

Análisis del Aliviador Martelli (Vicente López)

El Aliviador Martelli se extiende por la calle Juan Zufriategui en el Partido Vicente López, desde la Av. De los Constituyentes (sección circular de 2.85m de diámetro) hasta su conexión con el conducto M19 en la calle Holmberg (doble sección circular de 2.85m de diámetro). Este aliviador deriva una porción importante del caudal que anteriormente ingresaba al cuenco de Villa Martelli, captado por la red pluvial dentro del Partido de Gral. San Martín, hacia aguas abajo del Arroyo Medrano. La Figura 69 muestra la traza del conducto y el área de aporte (aprox. 300ha).

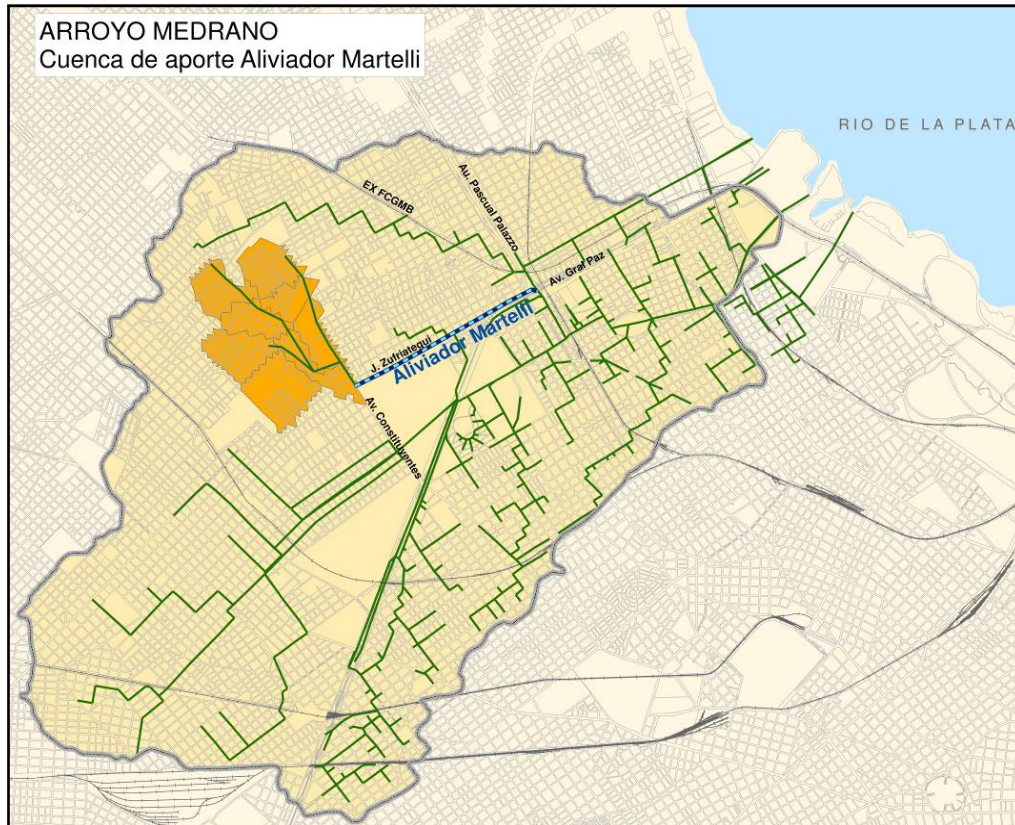
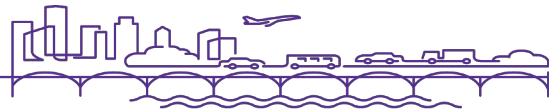


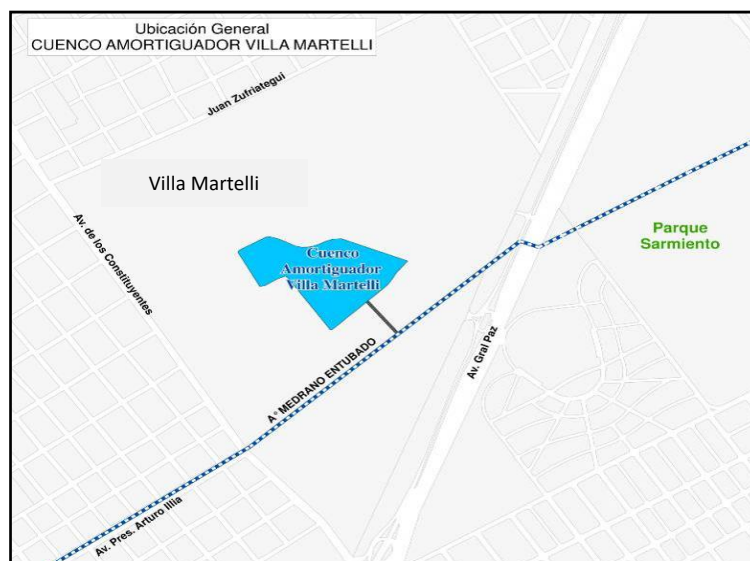
Figura 69 – Cuenca de aporte al Aliviador Martelli

Fuente: ch2m

4.5.4.4 Reservorios

Reservorio de Villa Martelli (Vicente López)

En el Partido de Vicente López, entre la colectora de la avenida Gral. Paz y la Av. De Los Constituyentes se encuentra el tramo del A° Medrano entubado (único tramo que permanecía a cielo abierto hasta el año 2011), de aprox. 1.000m. Uno de los rasgos salientes de este tramo y de la red de desagües en Provincia de Buenos Aires es la existencia del cuenco amortiguador de Villa Martelli sobre margen izquierda del arroyo. La Figura 70 muestra la ubicación tanto del tramo de conducto como del cuenco.



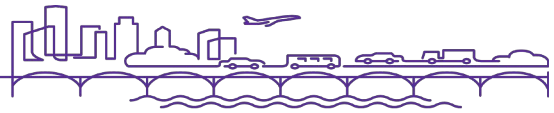


Figura 70 – Ubicación general Cuenca Amortiguador Villa Martelli

Fuente: ch2m

Originalmente el agua era derivada a una zona de expansión dentro de los límites del predio del Ejército en Villa Martelli. Desde el año 2001 se fue incrementando la capacidad de atenuación desde unos 60.000m³ iniciales (depresión del terreno) hasta los 300.000m³ en el año 2011. Como consecuencia de la construcción de la muestra Tecnópolis se modificó la configuración, la que, manteniendo el volumen de atenuación, cambió su conformación tanto en planta como en profundidad. Luego de la tormenta del año 2013 el cuenco se amplió un poco más hasta alcanzar una capacidad de almacenamiento de unos 340.000 m³.

Las características principales de la obra de regulación en situación actual se presentan a continuación:

- Área en planta = 6.42 Ha
- Capacidad de almacenamiento = aprox. 340.000m³
- Profundidad promedio = 4.50m
- Cota mínima = 6.70m IGN
- Cota máxima = 12/14m IGN (terreno natural circundante)
- Cota de vertido desde el A° Medrano entubado = 10.00m IGN
- Longitud del vertedero = 30.00m
- Sección del descargador de fondo = 1.00x1.65m
- Cota de invertido del descargador de fondo = 7.30m IGN
- Regulación del descargador de fondo = sin regulación

La Figura 71 muestra la situación del cuenco antes y después de la construcción de la muestra Tecnópolis. En la figura se puede observar que en el año 2001 sólo se trataba de una zona baja de expansión natural, mientras que en la actualidad se ha excavado un reservorio que cuenta con una capacidad de almacenamiento mayor.



Año 2001



Año 2012

Figura 71 – Configuración pasada y actual del Cuenca Amortiguador Villa Martelli

Fuente: Google Earth



En cuanto a su funcionamiento se puede decir que a medida que el actual Arroyo Medrano entubado (2 celdas rectangulares de 6.00 x 4.20m) comienza a recibir grandes volúmenes de agua, el nivel dentro del mismo comienza a elevarse. Cuando estos niveles superan la cota del vertedero lateral (10m IGN) se produce una derivación hacia el cuenco amortiguador. Este volumen se almacena en el cuenco durante la crecida para luego ser volcado mediante un descargador de fondo nuevamente hacia el arroyo entubado, una vez que los niveles dentro del conducto principal comiencen a descender. La Figura 72 y Figura 73 muestran el esquema de funcionamiento del sistema de regulación.

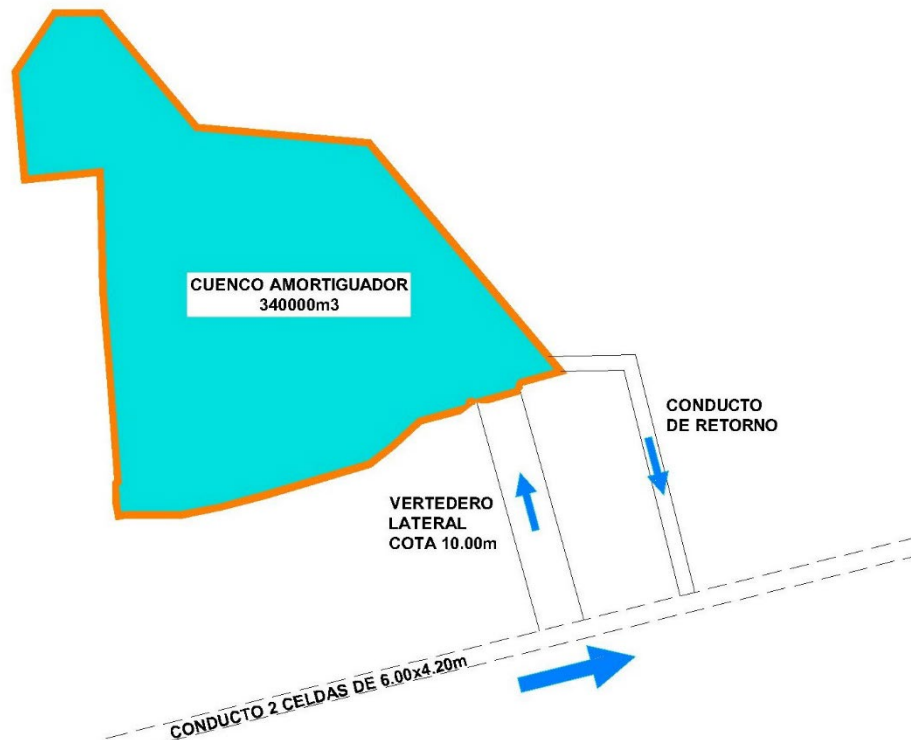


Figura 72 – Esquema de funcionamiento Cuenco Amortiguador Villa Martelli (Planta)

Fuente: ch2m

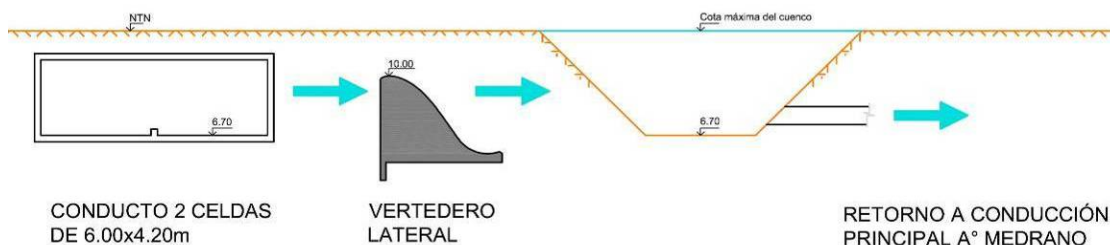


Figura 73 – Esquema de funcionamiento Cuenco Amortiguador Villa Martelli (Corte)

Fuente: ch2m

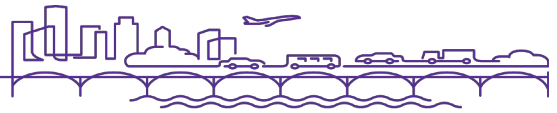


Figura 74 – Curvas de Nivel en Cuenca Amortiguador Villa Martelli (2017)

Fuente: ch2m

Reservorio Parque Sarmiento (CABA)

En el año 2015 se concretaron unos reservorios en el Parque Sarmiento, los que están compuestos de dos grandes áreas almacenamientos, el Reservorio Medrano y los reservorios M15-01 y M15-02 que funcionan como uno solo a base de trasvase entre ellos.

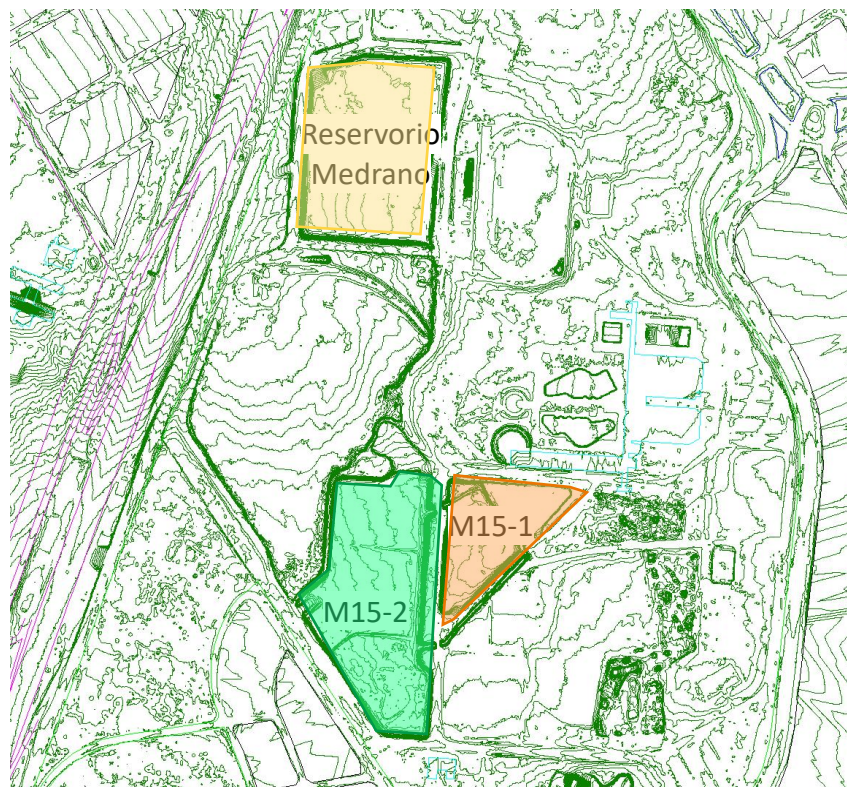


Figura 75 – Ubicación y Curvas de Nivel en Reservorios Parque Sarmiento (2017)

Fuente: ch2m



Figura 76 – Interacción del A° Medrano con Reservorios Parque Sarmiento (2017)

Fuente: ch2m

El llamado Reservoir Medrano consta de un conducto rectangular de 205 cm de ancho x 180 cm a de alto que conecta al mismo con el entubamiento del Arroyo Medrano a la altura del campo de práctica de golf. El conducto comienza a realizar el vuelco del caudal al reservorio cuando se supera la cota +8,9 m IGN.

Los reservorios M15-01 y M15-02 se interconectan a la red pluvial en la zona de la intersección de las calles Alberto Williams y Andonaegui a través de un conducto circular de diámetro de 100cm. El flujo comienza a desviarse hacia los mismos cuando la cota del agua supera los +8,16 m IGN. El vaciamiento de los reservorios se realiza a través de conductos de descarga que se encuentran conectados a al MOD de diámetro 280cm en el punto de la traza del mismo que se encuentra, aproximadamente, en el punto medio entre la calle Crisólogo Larralde y el entubamiento del Ao. Medrano.

Los volúmenes modelados de los reservorios son aproximadamente de:

Reservorio Medrano: 160.520 m³.

Reservorio 15-01: 31.600 m³.

Reservorio 15-02: 136.500 m³.

Retén Hidráulico U23 (Vicente López)

El retén hidráulico U23 se encuentra en el partido de Vicente López, en la zona comprendida por las calles Santa Cruz, Neuquén, Rosario y Luis María Drago, siendo su superficie parte de la total incluida entre esas calles (ver Figura 77) La superficie del mismo es de aproximadamente 0,8 ha. El volumen aproximado de almacenamiento del mismo es de 23.000 m³.

El vaciamiento del retén se realiza a través de la conexión que presenta el mismo con el conducto pluvial de diámetro de 1000mm que tiene su traza por debajo de la calle Neuquén.



Figura 77. Ubicación del Retén Hidráulico U23

Retén Hidráulico Plaza la Paz (Vicente López)

El retén hidráulico Plaza la Paz se encuentra en el partido de Vicente López, en la zona comprendida por las calles Gervasio de Posadas, Pres. Hipólito Yrigoyen, Italia y Antártida Argentina, como se observa en la Figura 78. La superficie del mismo es de aproximadamente 0,4 ha. El volumen aproximado de almacenamiento del mismo es de 8.000 m³.

El vaciamiento del retén se produce a través de la interconexión que el mismo presenta con el conducto de diámetro 2600mm que tiene su traza por la calle Antártida Argentina y luego dobla por Pres. Hipólito Yrigoyen.



Figura 78. Ubicación del Retén Hidráulico Plaza la Paz

Retén Hidráulico Belgrano Cargas (Vicente López)

El retén hidráulico del Belgrano Cargas se encuentra en el partido de Vicente López, en la zona de los talleres del Belgrano Cargas, en la intersección de las calles Gral. San Martín y Carlos Pellegrini. Su superficie es de aproximadamente 0,35 ha. El volumen aproximado de almacenamiento del mismo es de 10.700 m³.

Por la Gral. San Martín se unen dos redes en la intersección con la calle Bolivia por donde continúa. Una proviene del oeste, de diámetro de 1200m y otra del este de 2600mm.

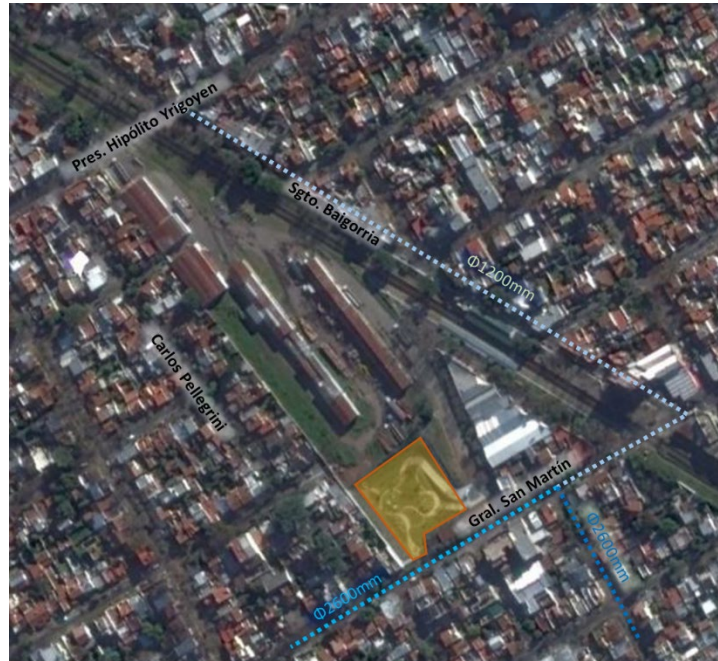
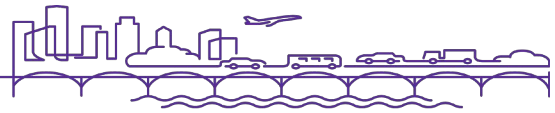


Figura 79. Ubicación Retén Hidráulico Belgrano Cargas

4.5.4.5 Obras Especiales

Cruces Bajo Nivel en Ferrocarriles:

Si bien se trata de obras viales, constituyen una modificación al escurrimiento superficial por lo que se considera relevante su incorporación al modelo matemático. Asimismo, estos cruces son acompañados por obras hidráulicas que se conectan a la red existente, las cuales también se incluyen en el modelo actualizado.

La siguiente es una lista de los pasos bajo nivel y cruces de vías que se identificaron en la cuenca y cuya información se está volcando en el modelo matemático 2017.

- PBN A. Bartolomé Mitre – Vicente López – FF Belgrano Norte;
- Viaducto 84, Int. Casares – Gral. San Martín – FF Mitre;
- PBN 81, Int. Alvear – Gral. San Martín – FF Mitre;
- PBN 44, Juárez – Gral. San Martín – FF Mitre;
- PBN Av. Gral. Mosconi – CABA – FF Urquiza;
- PBN Av. del Fomentista – CABA – FF Mitre;
- PBN Zamudio – CABA – FF Mitre;
- PBN Av. de los Constituyentes – CABA – FF Mitre;
- PBN Ceretti – CABA – FF Mitre;
- PBN Av. Congreso – CABA – FF Mitre;
- PBN Manuel Pedraza – CABA – FF Mitre;
- PBN Crisólogo Larralde – CABA – FF Mitre;
- PBN Besares – CABA – FF Mitre.



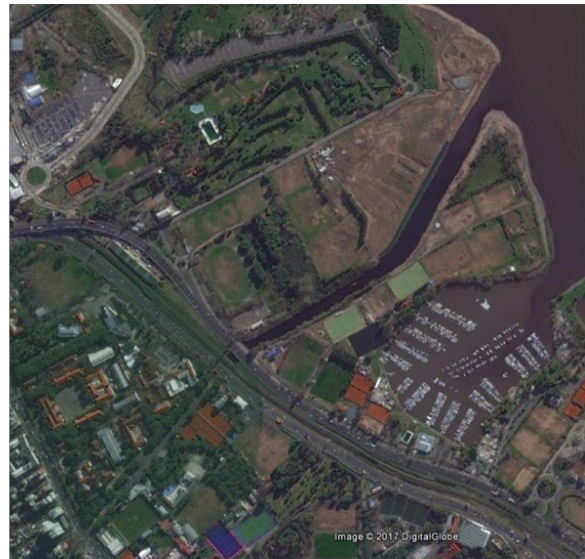
- Cruce Vías FFCC Mitre y Arias – CABA;
- Cruce Vías FFCC Mitre y Ruiz Huidobro – CABA;
- PBN Balbín – CABA;
- Sifón Holmberg – CABA;
- Sifón Tronador – CABA;
- Conexión sifones Holmberg y Tronador al A° Medrano – CABA;

Desembocadura de Arroyo Medrano

Se encuentran en ejecución las Obras de Relleno Costero y Readecuación de la Desembocadura del Arroyo Medrano, llevadas a cabo por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y las que han sido incorporadas en el modelo matemático.



Año 2001



Año 2017

Figura 80. Comparativa de la desembocadura del A° Medrano

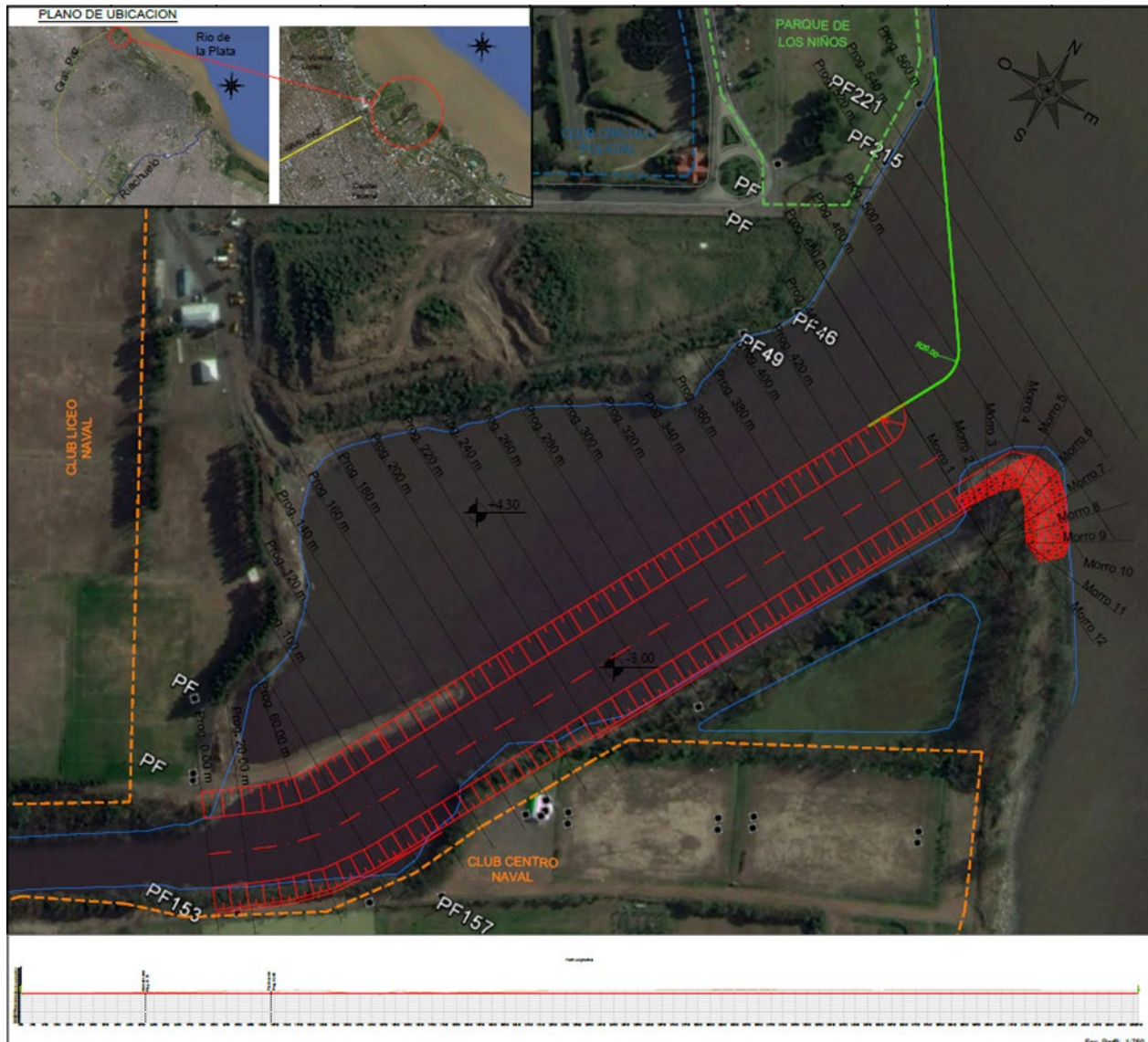


Figura 81. Obras en desembocadura de Arroyo Medrano
Fuente: Ciudad Autónoma de Buenos Aires

4.6 Desarrollo del Sistema de Información Geográfica (SIG)

4.6.1 Alcances y objetivos

El Sistema de Información Geográfica (SIG) tiene por objetivos generales desarrollar la cartografía básica/temática para sustentar la ejecución de los trabajos del presente estudio y representar los resultados obtenidos en una base de datos georreferenciada y serie de mapas temáticos.

Se ha implementado desde el inicio del proyecto un SIG para dar cumplimiento a los siguientes objetivos específicos:

- Almacenar la información temática antecedente recopilada de carácter relevante de acuerdo a los objetivos del proyecto,



- Almacenar la información producida a lo largo del proyecto, de manera de facilitar su posterior identificación, uso y actualización (por parte de los organismos involucrados y destinatarios de la información),
- Integrar a la misma un Modelo Digital del Terreno detallado del área de estudio,
- Asistir en los análisis temáticos que se lleven a cabo durante el proyecto.

Metodológicamente, el desarrollo del SIG del proyecto comprende las siguientes actividades principales, que se están desarrollando a lo largo del estudio en las sucesivas etapas que se mencionan en la tabla siguiente:

Tabla 35. Etapas del Sistema de Información Geográfica del proyecto.

Fuente: ch2m

Etapa	Tareas
PRIMERA ETAPA: Definición de aspectos clave	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar, organizar y completar la información existente recopilada relevante • Elaborar un índice preliminar de capas temáticas a incorporar al SIG • Definir la estructura de la base de datos geográfica del proyecto • Adoptar el sistema de proyección del proyecto
SEGUNDA ETAPA: Desarrollo del SIG	<ul style="list-style-type: none"> • Edición de la información para generar capas temáticas que cubran el área de estudio, e incorporarlas a la base de datos geográfica • Definición de los formatos tipos (templates) de los mapas • Elaboración del mapa base y mapas temáticos diagnósticos iniciales • Integración del Modelo Digital del Terreno (MDT) del área de estudio
TERCERA ETAPA: Presentación de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de mapas temáticos diagnósticos avanzados • Elaboración de mapas temáticos de análisis • Elaboración de la base de datos geográfica final

Durante las semanas iniciales del proyecto se llevó a cabo la primera de las etapas metodológicas definiendo los aspectos claves del SIG como el análisis de la información antecedente relevada, la puesta en marcha del software a utilizar (como así también acceso a complementos/plugins) y la estructura preliminar de la base de datos geográfica.

Se avanzó posteriormente con actividades de la segunda etapa tales como la incorporación de capas temáticas relevantes a la base de datos geográfica y definición de metodologías de trabajo.

El “Mapa Base” del proyecto, “Mapa Base Imagen” y mapas de diagnóstico inicial fueron elaborados también en esta etapa, una vez que las bases cartográficas fueron recopiladas, analizadas, proyectadas y seleccionadas para dicho fin.

4.6.2 Relevamiento diagnóstico de la información existente

El análisis de antecedentes de información SIG se refiere a la exploración detallada de la información recopilada en cuanto a la calidad, veracidad o confiabilidad de los datos, como también al tipo de



formato, proyección y cobertura, en relación a las actividades a desarrollar a lo largo del estudio y a los resultados que se espera obtener.

Esta tarea inicial se concentró principalmente en la recopilación de información secundaria disponible de diversos organismos que conforman el área de estudio y de información de acceso libre obtenida a través de sitios web. Un listado de fuentes de información se detalla a continuación:

- Dirección de Planeamiento Urbano – Municipalidad de General San Martín (2014): “MAPA DE INFRAESTRUCTURA DE AGUA Y CLOACAS (AYSA)”.
- Dirección de Vialidad (2008): “INFORMACIÓN DE TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDA) DE VEHÍCULOS SOBRE LAS PRINCIPALES RUTAS”. Provincia de Buenos Aires;
- Dirección General de Estadísticas y Censos – Ministerio de Hacienda – Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (2015): “LOCALIZACIÓN DE VILLAS, ASENTAMIENTOS Y NHT POR COMUNA, CIUDAD DE BUENOS AIRES. AÑO 2015”. En: www.estadisticaciudad.gob.ar/
- Halcrow (2011): Proyecto Antecedente “PLAN MAESTRO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. SISTEMA DE GESTIÓN SECTORIAL”. Crédito del Banco Mundial. De dicho proyecto antecedente se obtuvieron capas de información digital en formato shapefile (.shp);
- Halcrow (2011): Proyecto Antecedente “PROGRAMA DE MANEJO URBANO AMBIENTAL SOSTENIBLE DE LA CUENCA DEL RÍO RECONQUISTA” Cooperación Técnica AR-T1083. BID, Comité de Cuenca del Río Reconquista. Banco Interamericano de Desarrollo. Subsecretaría de Urbanismo y Vivienda – Ministerio de Infraestructura – Provincia de Buenos Aires. De este proyecto antecedente se tomaron archivos digitales en formato shapefile (.shp);
- Halcrow (2013): Proyecto Antecedente “ANÁLISIS HIDRÁULICO CUENCA DEL ARROYO MEDRANO”. Subsecretaría de Recursos Hídricos, Secretaría de Obras Públicas. De este proyecto antecedente se tomaron en cuenta archivos digitales en formato shapefile (.shp);
- Instituto Geográfico Nacional (IGN) - Ministerio de Defensa - Presidencia de la Nación (2017): “GEODATOS”. Archivos digitales en formato shapefile (.shp). Escala de información al 1=250.000, siendo los datos actualizados en el período 2015-2017. En: <http://www.ign.gob.ar/>;
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina (2001): “DATOS CENSALES PARA EL CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN, HOGARES Y VIVIENDA” INDEC;
- Ministerio de Educación de la Provincia de Buenos Aires (2007): Establecimientos Educativos;
- Ministerio de Infraestructura del Gobierno de la Provincia – Provincia de Buenos Aires (2017): GEOINFRA. En: www.geolibre.geobasig.com.ar/
- Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires (2007): Establecimientos de Salud;
- Open Street Map OSM (2017): Open Street Map Full Planet;
- Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible - OPDS (1998): “DATOS DE INDUSTRIAS DE LA DIRECCIÓN DE ORDENAMIENTO URBANO Y TERRITORIAL” – SSVyU;
- Portal de Geosalud de la Provincia de Buenos Aires (2017): “PORTAL DE EDUCACIÓN PERMANENTE EN GEOSALUD”. Archivos digitales en formato fichero Keyhole Markup Zip (.kmz). En: <http://www.ms.gba.gov.ar/sitios/geosalud/category/mapas-interactivos/>;
- Secretaría de Transporte de la Nación (2008): “BOLETOS VENDIDOS POR ESTACIÓN”. Ministerio de Transporte. Provincia de Buenos Aires.
- Unidad de Sistemas de Información Geográfica. Gobierno de la Nación. Dirección General de Proyectos de Ciudad Inteligente y Gobierno Abierto. Ministerio de Modernización, Innovación y Tecnología (2017): “INICIATIVO DE DATOS PÚBLICOS Y TRANSPARENCIA DE LA CIUDAD



AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES”. En: <https://data.buenosaires.gob.ar/>. Se identificaron capas digitales de información útiles al proyecto en formato shapefile (.shp) y tabular (xls, csv);

- World Database on Protected Areas – WDPA e International Union for Conservation of Nature - IUCN (2017): “WDPA DATASET”. Archivos digitales en formato shapefile (polígonos y puntos) con el fin de comprobar si estaban incluidas en el área de estudio. En: www.protectedplanet.net

Se procedió a analizar su relevancia y los datos presentes en cada caso (campos de información, selección de información sólo para el área de estudio, proyección de origen, cantidad de registros, etc.) para su posible utilización en el estudio. En estos momentos se sigue desarrollando la etapa de selección de la información relevante para su incorporación a la base de datos geográfica.

4.6.3 Definición del programa SIG

Para llevar a cabo las tareas de almacenamiento y procesamiento de información geográfica, se seleccionó el software QSIG versión 1.18 (Las Palmas). Dicho software es una aplicación SIG profesional, de código abierto, que funciona en plataformas GNU/Linux, Mac OS y Microsoft.

Fue creado como programa de difusión en mayo del 2002 y su objetivo inicial fue proporcionar un visor de datos SIG. Posteriormente, en julio de ese mismo año, se estableció como un proyecto más firme de administración de datos y desde el año 2011 el uso del software fue aumentando de forma considerable.

Es un programa rápido, robusto y ofrece en la actualidad más de 770 plugins que complementan el programa básico de escritorio. El listado de plugins o complementos continúa creciendo, ya que se encuentra en constante progreso por los usuarios del mismo.

Su desarrollo es a partir de la utilización del kit de herramientas Qt y C++. Lo cual convierte a QSIG en un programa ligero y con una interfaz gráfica de usuario agradable y fácil de usar. Opera bajo la Licencia Pública General GNU (GPL), lo cual significa que se puede revisar y modificar el código fuente.

Proporciona una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y sus extensos complementos. Se puede visualizar, gestionar, editar, analizar datos y diseñar mapas imprimibles.

Las características principales incluyen:

- Visualización y posibilidad de superposición de datos vectoriales y ráster en diferentes formatos y proyecciones, sin conversión a un formato interno o común. Esto incluye datos espaciales en línea servidos con servicios web OGC incluyendo WMS (Web Map Services) y WFS (Web Feature Class);
- Composición/creación de mapas y exploración interactiva de los datos espaciales con una interfaz gráfica de usuario sencilla;
- Creación, edición, administración y exportación de capas vectoriales/ráster en varios formatos, con la capacidad de utilizar herramientas para la digitalización de GRASS y formatos shapefile, plugins de georreferenciación, herramientas de GPS para la importación y exportación en formato GPX, etc.;
- Realizar un análisis espacial en base de datos espaciales y otros formatos apoyados por OGR. Actualmente QSIG ofrece análisis de vectores, muestras, geoprocementos, geometría y herramientas de manejo de bases de datos. Es posible utilizar plugins para realizar álgebra de mapas, análisis del terreno, modelos hidrológicos, análisis de redes; entre otros.
- Extender funcionalidades a través de complementos.

La versión utilizada en este caso, Las Palmas (versión 1.18) ha sido la última versión disponible y seleccionada para su uso y aplicación en el proyecto. La misma tiene mejores específicas aplicables a:



- SIMBOLOGÍA: selector de color disponible desde el panel de estilo de la capa;
- ETIQUETADO: posibilidad de uso de sustitutos de texto para el etiquetado y mejoras definidas en el etiquetado aplicables a líneas y polígonos;
- RENDERIZADO: vista previa en mosaicos raster (capas WMTS y XYZ) y renderizado cancelable en algunos formatos particulares (tales como WMS, WMTS, WCS y XYZ);

A continuación, una figura que ilustra su interfaz de ingreso.

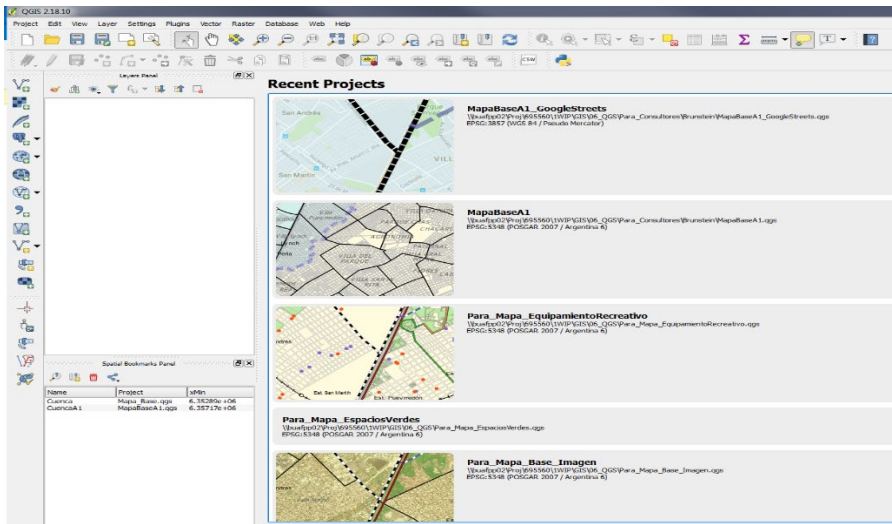


Figura 82: Interfaz QSIG
Fuente: ch2m

4.6.4 Sistema de proyección

El Sistema de Referencia a utilizar para el desarrollo del proyecto es un Sistema de Coordenadas Planas/Proyectadas. Es un sistema de referencia que utiliza un meridiano central de referencia y los siguientes parámetros detallados:

Tabla 36. Parámetros del Sistema de Referencia del Proyecto
Fuente: ch2m

Sistema	Principales Características	
Coordenadas Planas	Nombre	POSGAR_2007_Argentina_Zone_6
	Meridiano Central	-57
	Datum	7D_POSGAR_2007
	Unidad	metros

Teniendo en cuenta esta definición, todos los archivos recopilados incorporados a la base de datos del proyecto se encontraban en este Sistema o fueron reproyectados a fin de adecuarse al mismo.



4.6.5 Definición preliminar de la estructura de la Base de Datos

El objetivo del desarrollo de la base de datos geográfica es almacenar en una base de datos ordenada en ejes temáticos la información relevante del proyecto y siguiendo un diseño lógico en línea con otros estudios previos similares generados por la consultora.

Debido a que el programa QSIG no posee un formato nativo de base de datos, la misma se estructuró a partir de un directorio central y a partir de allí se elaboraron subcarpetas de acuerdo a las temáticas a ser abordadas.

La definición de la estructura de la base de datos del proyecto, está orientada a conformar una única base de datos, para unificar los criterios de gestión de la información, entendiéndose por tal al conjunto de:

- Capas temáticas base de información secundaria relevada,
- Capas temáticas de información generada durante el proyecto (en formato vectorial y en formato raster)
- Tablas de datos asociadas a las distintas capas temáticas

De acuerdo a la información recopilada y a los objetivos del proyecto, se elaboró el índice preliminar de capas temáticas, proceso que aún continúa en desarrollo. Un listado inicial y no excluyente de las capas temáticas es el siguiente:

- Ambiente
- División administrativa
- Hidrología
- Infraestructura
- MDT
- Modelación
- Población
- Red ferroviaria
- Red vial
- Servicios
- Socio-economía
- Suelos
- Transporte
- Urbanismo

4.6.6 Producción de Mapas Temáticos

En el Anexo de Mapas del presente informe se presentan mapas de diagnóstico elaborados en tamaño de hoja A3, escala 1:50.000, en base a la recopilación llevada a cabo hasta el momento. Las principales características de los mismos se resumen a continuación:

Tabla 37. Mapas Temáticos
Fuente: ch2m



N°	Mapa	Breve descripción
01	Mapa Base	Mapa con la representación del área de estudio y su área de influencia: Cuenca del Arroyo Medrano y alrededores. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial, red ferroviaria y espacios verdes.
02	Mapa Base – Imagen Satelital	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria, espacios verdes y base de imagen satelital.
03	Mapa Cuencas Hídricas	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria, espacios verdes y cuencas hídricas.
04	Mapa de Puestos Policiales y Comisarías	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial ferroviaria, espacios verdes y establecimientos policiales.
05	Mapa de Espacios Abiertos con Usos Diferenciados	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria y espacios abiertos por tipo de uso.
06	Mapa de Espacios Verdes - públicos y privados -	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria y espacios verdes por tipo.
07	Mapa de Equipamiento de Salud	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria, espacios verdes y equipamiento de salud (hospitales, sanatorios, centros de salud, centros materno-infantiles, centros de rehabilitación, centros de zoonosis/epidemiológicos, centros de acción comunitaria y farmacias).
08	Mapa de Equipamiento Educativo	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria, espacios verdes y equipamiento de salud (universidades e instituciones privadas y públicas).
09	Mapa de Actividad Comercial	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ferroviaria, espacios verdes y actividad comercial (comercios, bancos, gastronomía y espacios culturales).
10	Mapa de Actividad Industrial	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ferroviaria, espacios verdes y actividad industrial (parques industriales, industrias para Provincia de Buenos Aires por categoría OPDS y empresas por rubro para CABA).



N°	Mapa	Breve descripción
11	Mapa de Equipamiento Recreativo al Aire Libre	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria y equipamiento recreativo al aire libre (bicisendas y espacios verdes públicos y privados).
12	Mapa de Medios de Transporte	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial principal, espacios verdes, recorrido de colectivos, bicisendas, recorrido de la red ferroviaria/estaciones, recorrido del Metrobús/estaciones y recorrido de líneas de subte/estaciones.
13	Mapa de Recorrido de Colectivos	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria, espacios verdes y recorrido de líneas de colectivos (básico, diferencial y expreso)
14	Mapa de Zonificación Integrada	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria y zonificación en base a códigos urbanos
15	Mapa de Villas y Asentamientos	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria, espacios verdes y villas o asentamientos precarios
16	Mapa de Prestación de Servicio de Agua Potable	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria, espacios verdes y área de cobertura y red de servicio de agua potable brindado por AYSA
17	Mapa de Prestación de Servicio de Cloacas	Mapa con la presentación del área de estudio y su área de influencia. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial/ ferroviaria, espacios verdes y área de cobertura y red de servicio de cloacas potable brindado por AYSA
18	Mapa de Modelo Digital del Terreno	Mapa con la representación del área de estudio y su área de influencia: Cuenca del Arroyo Medrano y alrededores. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial, red ferroviaria, espacios verdes y Modelo Digital del Terreno (1 metro resolución).
19	Mapa Topográfico	Mapa con la representación del área de estudio y su área de influencia: Cuenca del Arroyo Medrano y alrededores. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial, red ferroviaria, espacios verdes y curvas de nivel derivadas del Modelo Digital del Terreno (equidistancia 1 metro).
20	Mapa de Red de Desagües Pluviales	Mapa con la representación del área de estudio y su área de influencia: Cuenca del Arroyo Medrano y



N°	Mapa	Breve descripción
		alrededores. Se presenta la información hídrica principal, división administrativa, red vial, red ferroviaria, espacios verdes y ramales principales/secundarios modelados.

Anexo II.1

Visitas de Campo/Registro Fotográfico

Anexo II.2

Precipitaciones máximas anuales (mm)

OCBA (Villa Ortuzar)

Anexo II.3

Test de Homogeneidad

Anexo II.4

Análisis de cambio climático

Anexo II.5

Lista de documentos antecedentes

