

**XXIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
CARTAGENA DE INDIAS COLOMBIA, SEPTIEMBRE 2008**

**ESTUDIO HIDROLÓGICO ALUVIONAL URBANO-RURAL DE LOTEOS EN
PIEDEMONTES, MENDOZA – ARGENTINA**

Victor Hugo Burgos, Adrián Vargas Aranibar

Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino (INA-CRA) - Argentina

vburgos@ina.gov.ar , avargas@ina.gov.ar

RESUMEN:

El presente estudio analiza la adecuada intervención hidráulica a realizar, en el área pedemontana a urbanizarse de “Fincas de Santa María de Los Andes” ubicada en Mendoza, Argentina, a 12 Km al oeste de la localidad de Agrelo. El propósito del mismo, fue proporcionar alternativas viables de solución en cuanto al control y corrección de cauces torrenciales y áreas de inundación.

Para obtener la información necesaria para el modelado de las alternativas, se realizaron las siguientes actividades: recopilación de antecedentes, reconocimiento preliminar de campo, determinación de las cuencas, estimación de una tormenta de proyecto de 5 y 25 años de recurrencia, análisis de caudales pico, relevamiento topográfico del terreno, simulaciones del comportamiento hidráulico de torrentes y diseño preliminar de los trabajos a realizar, necesarios para el control aluvional y de erosión de márgenes, que actualmente afectan el predio.

Se verificó la sustentabilidad hidrológica de la urbanización propuesta al comparar el hidrograma de la cuenca en estado natural respecto al terreno urbanizado.

ABSTRACT:

The present study analyzes the suitable hydraulic intervention to realize, in a future hillslope urban area called "Fincas de Santa María de Los Andes" located in Mendoza, Argentina, 12 Km to the west of Agrelo's locality. The intention of the study, it was to provide alternatives, for the flash floods control and floodplains analysis.

To obtain the necessary data for modeling the alternatives, the following activities were realized: summary of precedents, preliminary field recognition, basins determination, 5 and 25 year storm estimation, peak flow analysis, field topography measurement, hydraulic simulations of riverbeds behavior and preliminary design of structures for flash floods control, that nowadays affect the land.

The hydrological sustainability of the Master Plan proposed was checked on having compared the hydrograph of the natural state basin with regard to the urban hydrograph.

PALABRAS CLAVES:

Hidrología superficial, Desarrollo Urbano de Bajo Impacto

INTRODUCCIÓN

El Problema: Urbanización e Hidrología

El crecimiento de las ciudades provoca un aumento considerable del escurrimiento pluvial superficial, generando inundaciones y la obsolescencia de los sistemas de drenaje establecidos. Entonces, cuando llueve son afectadas negativamente las actividades urbanas, las personas, sus bienes y la infraestructura.

El desarrollo de nuevas actividades urbanas provoca cambios que, desde el punto de vista de las aguas lluvias, se traducen en una modificación importante de los cauces naturales de drenaje, la pérdida de capacidad de infiltración de los suelos, la disminución del almacenamiento superficial y el aumento de contaminantes en el agua. (B. Fernandez, 2004)

Las soluciones tradicionales buscan drenar y evacuar rápidamente las aguas lluvias, reemplazando el sistema natural de drenaje por elementos artificiales como calles, cunetas y colectores. Esto requiere inversiones en grandes obras para eliminar las inundaciones en zonas bajas que reciben las aguas lluvias generadas por la urbanización, y una preocupación permanente por mantener la capacidad de las soluciones a medida que crecen las ciudades.

Las nuevas soluciones propuestas buscan resolver los problemas atacando las causas más que los síntomas, manejando las aguas lluvias en el lugar donde se producen, manteniendo los cauces naturales y recuperando la capacidad de infiltración y almacenamiento previa a la urbanización. Para esto se utilizan nuevas técnicas y elementos como estanques y lagunas urbanas de almacenamiento, obras de infiltración, soleras discontinuas, canales de pastos y cauces abiertos especiales para zonas urbanas.

OBJETIVOS

El presente estudio responde a la necesidad de un estudio hidrológico aluvional, en la propiedad ubicada en Alto Agrelo correspondiente a “Finca de Santa María de Los Andes” donde se realizará una urbanización no convencional del tipo urbano rural.

El objetivo perseguido fue proporcionar alternativas viables de solución en cuanto al control y corrección de cauces torrenciales y áreas de inundación. Para esto se ha realizado un estudio hidrológico e hidráulico aluvional, con el fin de obtener los parámetros de diseño necesarios para proyectar y calcular las obras hidráulicas correspondientes.

MATERIALES Y METODOS

La metodología de estudio se basará en la comparación de escenarios de análisis, cuyo enfoque sea tratar de representar lo más ajustado a la realidad posible los fenómenos naturales de transformación lluvia – escorrentía y los procesos hidráulicos que tienen lugar en el área de referencia.

ESCENARIO I = “**Cuenca en estado natural**” : Situación previa a la intervención antrópica. Se considerará el estado vegetativo actual de la zona de influencia.

ESCENARIO II = “**Cuenca con Master Plan**”: Se incorporará al sistema natural el proyecto de urbanización a realizarse . Se analizarán dentro de este escenario tres (3) alternativas de solución.

La condición de **Sustentabilidad Hidrológica** de la urbanización proyectada se logrará si el hidrograma de salida del Escenario II es igual al de la condición natural (Escenario I) para una recurrencia de 5 años, minimizando entonces el impacto hidrológico. (Burgos, 2007)

Área de estudio:

El área de estudio se encuentra en la Provincia de Mendoza, Argentina, en el Departamento de Luján de Cuyo, próxima a la ruta 86, aproximadamente a 12 km de la ruta nacional 40, al oeste de la localidad de Agrelo.

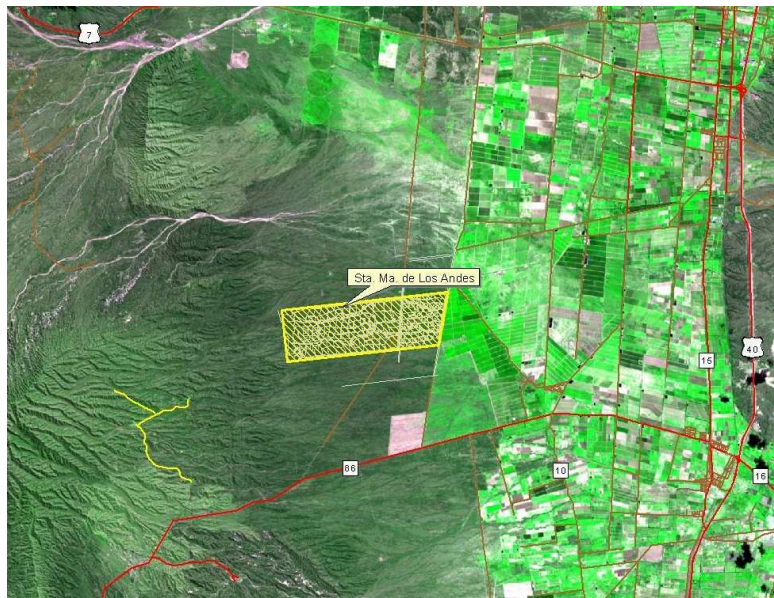


Figura 1.- Ubicación del área de estudio.

Caracterización Climática:

El clima de Mendoza es templado continental seco, lo que se ve reflejado en los siguientes datos:

- La temperatura media anual es de 16°C variando las medias diarias mensuales de 8°C en Julio a 24°C en Enero.
- Las temperaturas máximas medias diarias oscilan de 15°C en Julio a 32°C en Enero y las mínimas medias diarias van de 2°C en Julio a 16°C en Enero.
- La humedad relativa media es de 52%, oscilando a lo largo del año de 42 a 62% (medias mensuales).

La precipitación media es de 194 mm. anuales, variando en el interior de la provincia de 80 a 340 mm. Las precipitaciones se desarrollan generalmente en el verano como tormentas convectivas de alta intensidad y corta duración (105 mm. en 1 hora, el 4 de enero de 1970), habiendo registros de intensidades de hasta 5 mm./min. (Maza et al, 2004)

Caracterización Geomorfológica:

El valle de El Carrizal, es una depresión tectónica alargada en sentido N-S a NW-SE y marginada por las cerrilladas pedemontanas que conforman las estructuras petroleras de Cacheuta - Tupungato al oeste y de Lunlunta - Barrancas - Carrizal al este. Esta depresión se encuentra atravesada en sus extremos norte y sur por los ríos Mendoza y Tunuyán respectivamente (ambos ríos permanentes) El resto de la red de drenaje está integrada por cauces temporarios. (Bessone, Robles, 2004)

Tormenta de Proyecto

Se aplicó para la modelación hidrológica, la tormenta de diseño para Mendoza, desarrollada por el Instituto Nacional del Agua-Centro Regional Andino, (INA-CRA), para recurrencias 5 y 25 años.

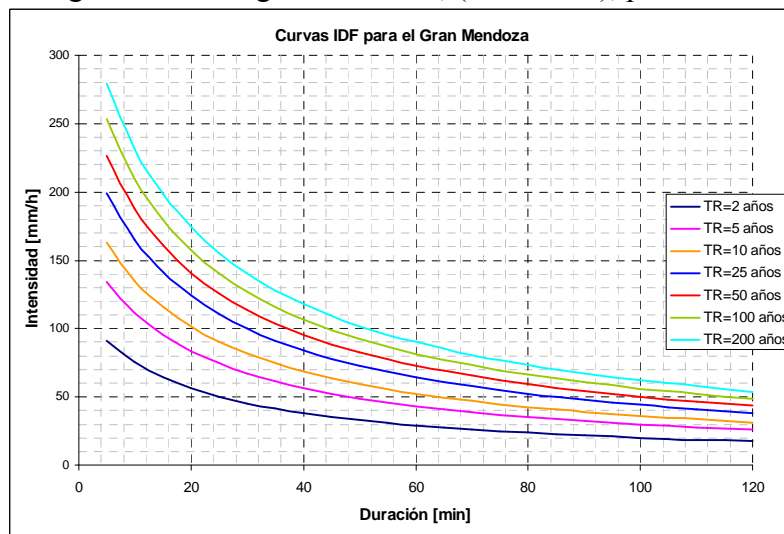


Figura 1.- Curvas IDF para el Gran Mendoza. (INA, 2007)

Los hietogramas obtenidos, teniendo en cuenta la reducción por distribución temporal y areal, son:

Tabla 1.- Láminas de precipitación acumulada TR=5 y 25 años

Duración [min]	% Precip.	TR=5 años	TR=25 años
		[mm]	[mm]
5	4.2	1.5	2.3
10	9.7	5.0	7.6
15	12.7	9.6	14.6
20	14.0	14.6	22.3
25	14.0	19.7	30.0
30	13.0	24.4	37.2
35	11.2	28.4	43.3
40	8.9	31.6	48.2
45	6.4	33.9	51.7
50	3.9	35.4	53.9
55	1.4	35.9	54.6
60	0.3	36.1	55.0

RESULTADOS

Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

El MDE describe la altimetría de una zona mediante un conjunto de cotas. Es posible construir un conjunto de modelos derivados, elaborados a partir de la información contenida explícita o implícitamente en el MDE. (Felicísimo, 1994).

El MDE se elaboró a partir de los datos de la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), con una resolución espacial de 90 m por píxel. A partir del MDE se generaron mapas derivados, con el objetivo de determinar y cuantificar parámetros morfométricos de las cuencas de aporte.

El mapa de dirección de flujo, indica la inclinación que posee cada píxel. El mapa de acumulación de aporte, representa en un punto determinado, la cantidad de píxeles que drenan a él, y por medio de este se identifica la red de drenaje. La hidrografía se determinó al establecer un umbral mínimo de acumulación de aporte hídrico para que sea considerado cauce torrencial, río o sólo ladera.

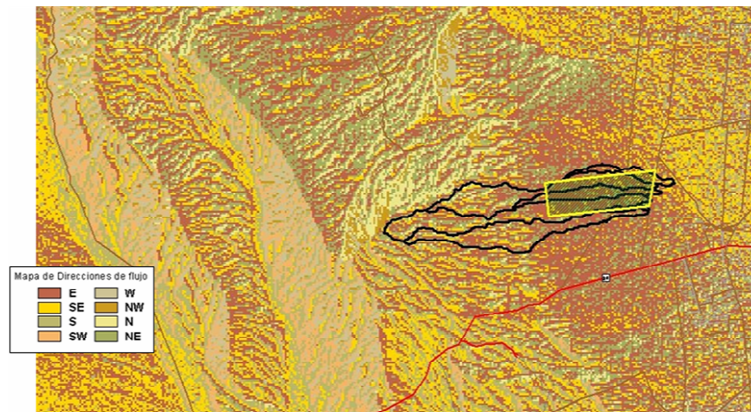


Figura 3.- Mapa de Dirección de Flujo

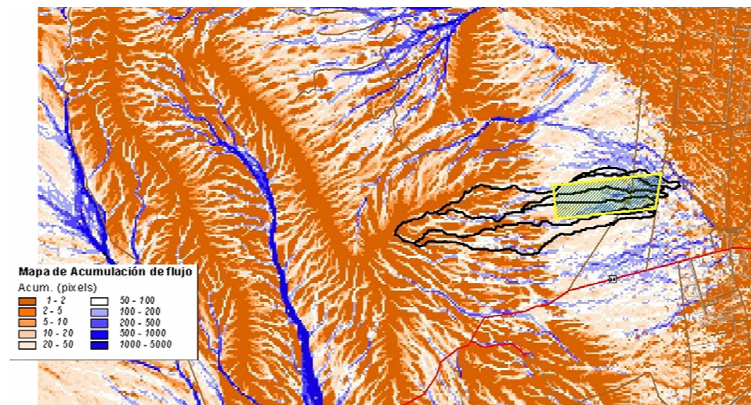


Figura 4.- Mapa de Acumulación de drenaje con hidrografía digital

La delimitación de las cuencas se obtuvo considerando como desagüe final la intersección de la calle este (servidumbre del oleoducto) con el cauce aluvional que cruza las propiedades al este de la misma para desembocar en el A° Carrizal. El área que drena hacia la descarga llega a los 26,6 Km².

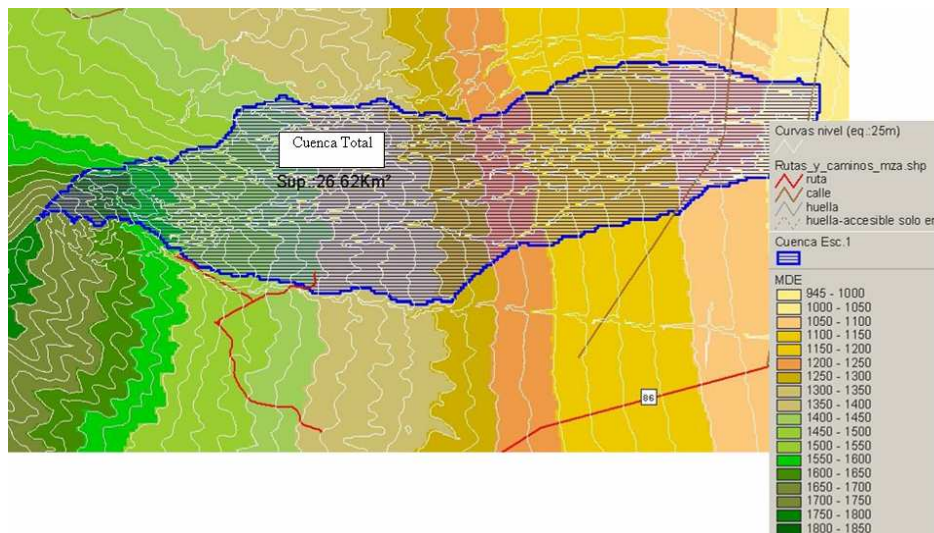


Figura 5.- Cuenca total y MDE

Verificación de red hidrográfica

Por medio de una fotointerpretación de imagen satelital, se digitalizaron los cauces torrenciales, con el objeto de compararlos a la red hidrográfica sintética obtenida por procesamiento digital. Los resultados fueron satisfactorios encontrando una alta coincidencia en cuanto a forma y posición, por lo que se considera que el MDE representativo del terreno natural.

Morfometría de la cuenca

La representación de la variabilidad espacial del medio físico en modelos hidrológicos, se basó en el uso de herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG), facilitando la generación de modelos y simulación de escenarios. Para la cuantificación y asignación de recursos hídricos a través de modelos hidrológicos y SIG, se ha efectuado el análisis morfométrico con la interfase geoespacial HEC-GeoHMS abarcando tres grandes temáticas:

- descripción geoespacial de los elementos hidrográficos (forma, locación, atributos, ID),
- conectividad de los elementos hidrológicos al paisaje ,
- modelación hidrológica. (Tardivo y Hammerly, 2003)

Quedando evidenciadas cuatro cuencas de aporte (R301 a R304) se procedió a cuantificar los parámetros morfométricos de cada una de ellas.

Tabla 2.- Parámetros morfométricos Escenario 1 – Estado Pre-antrópico

Subcuenca	Area [Km ²]	Perim. [m]	Elev. media [msnm]	Curso más largo [Km]	Cota max [msnm]	Cota min [msnm]	Desnivel [m]	Pendiente [m/m]
R301	11.939	35280	1280	15.0	1349.5	1010	339.5	0.023
R302	1.411	11520	1072	4.9	1197.5	1010	187.5	0.038
R303	5.522	21600	1176	9.2	1427.8	1010	417.8	0.045
R304	7.707	27180	1214	11.6	1554.2	1010	544.2	0.047

Area Tot.: **26.579**

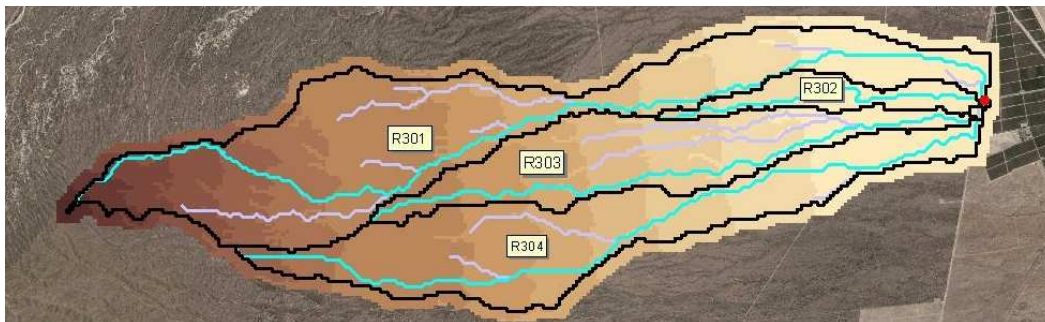


Figura 6.- Subcuencas Hidrográficas intervinientes

Suelos

Los suelos son someros, de formación aluvional con alta presencia de gravas y arenas, correspondientes a los depósitos del cuaternario pedemontano. Tienen características entre A y B según la clasificación del USDA-SCS, con un escaso a moderado potencial de escurrimiento.

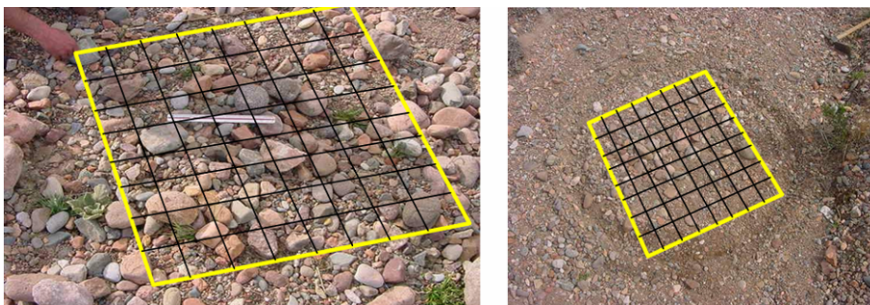


Figura 7.- Fotografías de material de lecho de cauces central y sur



Figura 8.- Fotografías de cauce central y sur

Cobertura y tipología vegetal

La zona se presenta como pedemonte con jarillales y bajadas arbustivas de hasta 3m de altura con presencias de *Larrea divaricata*, *Stipa tenuis*, *Larrea cuneifolia* y chañares de pequeño porte. La cobertura del suelo es media (entre 30 y 40%), con zonas desnudas (picadas y cauces).

Se determinó el potencial de infiltración por medio del Numero de Curva (CN). En las cuatro cuencas del Escenario I se estableció un CN de 72 con una abstracción inicial de 12.5 mm

Modelación Hidrológica

La modelación hidrológica se realizó utilizando el modelo ARHYMO. Arhymo es un modelo determinístico de parámetros concentrados. (Fornero, L. et al., 2002).

En la modelación hidrológica se presentan dos escenarios. El primero denominado Escenario I representa el sistema actual. El Escenario II supone la inclusión de la urbanización proyectada.

ESCENARIO I

Posee una topología sencilla, donde se observan las 4 subcuencas aluvionales del estado pre-antrópico. Se presentan a continuación los resultados obtenidos para TR=5 y 25 años. El hidrograma del nodo final de salida se usará en la comparación de escenarios.

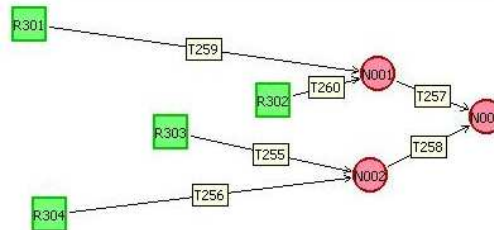


Figura 9.- Topología de cálculo en Arhymo. Escenario I

Tabla 3.- Resultados obtenidos Escenario I (TR=5 y 25 años)

Sub-cuenca / Nodo	Area [Km ²]	Ia= S ^{0.55} [mm]	TR= 5 años					TR= 25 años				
			Q [m ³ /s]	Tp [hs]	V [Hm ³]	Ppe [mm]	Ppt [mm]	Q [m ³ /s]	Tp [hs]	V [Hm ³]	Ppe [mm]	Ppt [mm]
R301	11.94	12.50	7.88	1.67	0.05	4.60	36.10	21.97	1.67	0.15	12.80	55.00
R302	1.41	12.50	1.64	1.08	0.01	4.60	36.10	4.51	1.00	0.02	12.80	55.00
R303	5.52	12.50	4.64	1.25	0.03	4.60	36.10	12.91	1.25	0.07	12.80	55.00
R304	7.71	12.50	5.88	1.33	0.04	4.60	36.10	16.35	1.33	0.10	12.80	55.00
N003	26.58		18.49	1.42	0.12	4.60	36.10	51.50	1.42	0.34	12.80	55.00

Ref.:

Ia: Abstracción inicial / Q: Caudal pico / Tp: Tiempo al pico del hidrograma / V: Volumen del hidrograma, / Ppe: Precipitación efectiva / Ppt: Precipitación total

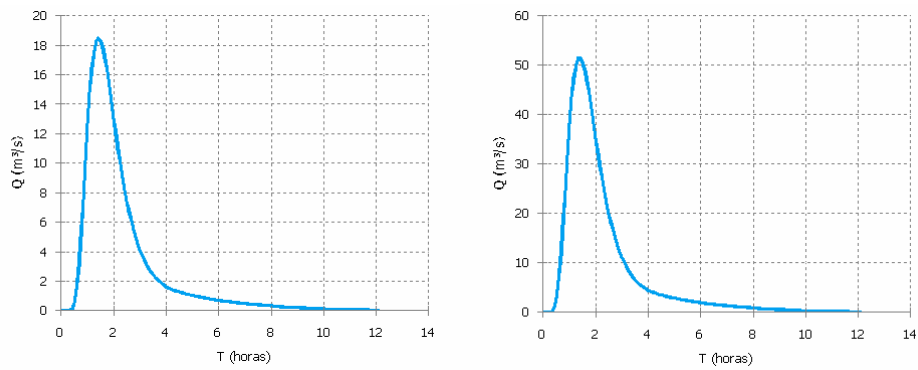


Figura 10.- Hidrograma en nodo N003 (cierre de cuenca) TR=5 y 25 años . Esc.I

ESCENARIO II

Este escenario de análisis representará la situación con proyecto de urbanización. Posee una topología más compleja, cuya subdivisión de áreas partió de una análisis de las parcelas proyectadas. El escenario se dividió en tres alternativas de solución según el esquema siguiente:

- Alternativa N°1: Master Plan con restricciones al uso en cauces principales (sin obras)
- Alternativa N°2: Master Plan con restricciones al uso en cauces principales y Reservorios de retención temporal en cabecera
- Alternativa N°3: Master Plan con restricciones al uso en cauces principales, Reservorios de retención temporal en cabecera y obras de derivación de flujos (canales apraderados y diques laterales)

Por medio del Sistema de Información Geográfica se superpuso la delimitación de subcuencas del Escenario I con el Master Plan, de forma de analizar las cuencas aluvionales remanentes.

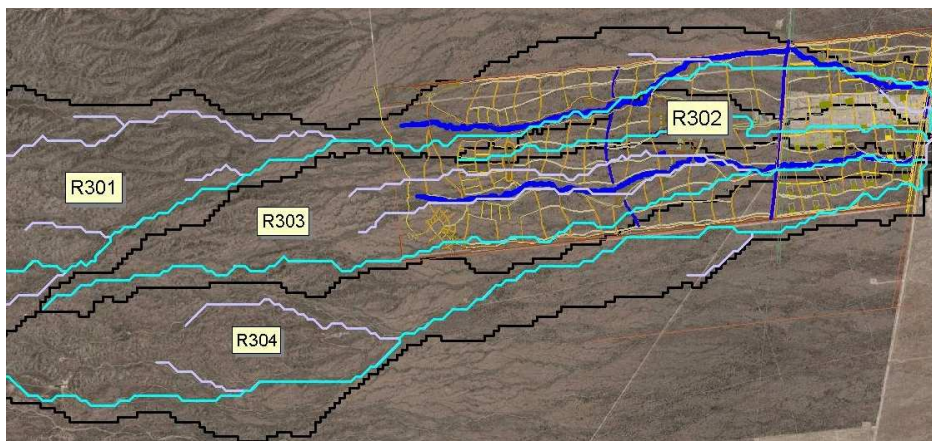


Figura 11.- Intercepción de cuencas aluvionales con proyecto de urbanización

Se subdividió el área de proyecto en 36 subcuencas urbano-rurales con áreas que van desde 7 a 57 Ha, con cursos desde 460 hasta 1240m y con pendientes que oscilan entre los 2 a 6%. Las 12 subcuencas aluvionales remanentes poseen superficies que van desde los 0.11 a los 4.6 Km², cursos desde los 0.7 a 5.9 Km y pendientes del orden del 6% . Los CN van desde los 72 para las rurales hasta 78 para las urbano-rurales.

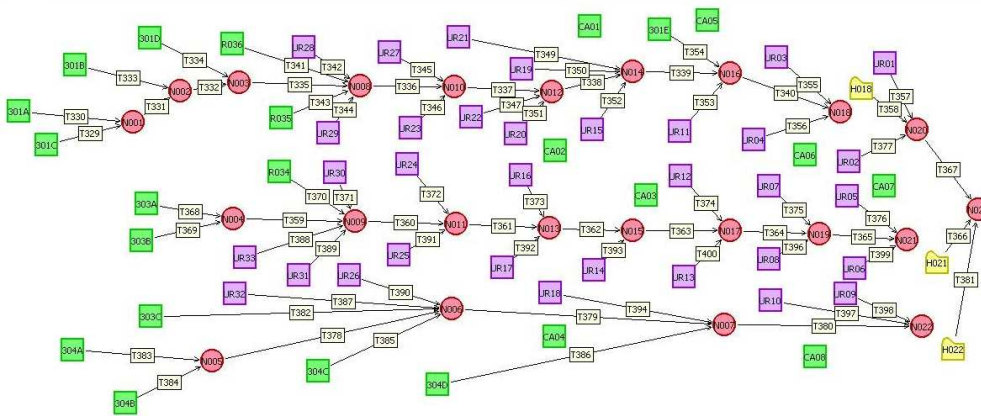


Figura 12.- Topología de modelación en Arhymo – Esc.N°2

Alternativa 1

Se presenta el hidrograma final de la alternativa 1 comparado con el hidrograma del Escenario I. Se observa que no verifica la condición preestablecida.

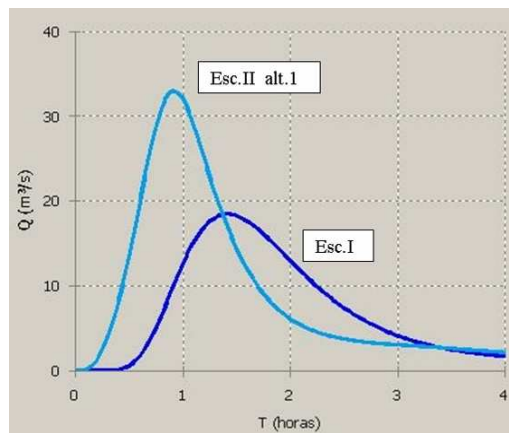


Figura 13.- Comparación de hidrogramas (TR= 5 años)

Alternativa 2

Esta alternativa surge de la necesidad de minimizar el impacto hidrológico producido por la urbanización. Para ello se dimensionaron tres reservorios de detención temporal de lluvia.

La topología es similar a la anterior, en la que se anexaron los nodos representativos de los reservorios, denominados ERN1, ERC1 y ERS1 en las cabeceras de cuencas.

Tabla 4.- Parámetros hidráulicos Reservorios. Esc. II –alt.2

Reservorio	Vol. Necesario [m³]	Area aprox. [Ha]	Tirante medio [m]	Q max [m³/s]	Long. Vert. [m]	Alt. Vert. [m]
ERN1	30000	2	1.5	3	2	1.5
ERC1	2500	0.4	0.7	1	2	0.5
ERS1	5000	0.5	0.7	1	2	1

Los hidrogramas laminados para una recurrencia de 5 años son los siguientes:

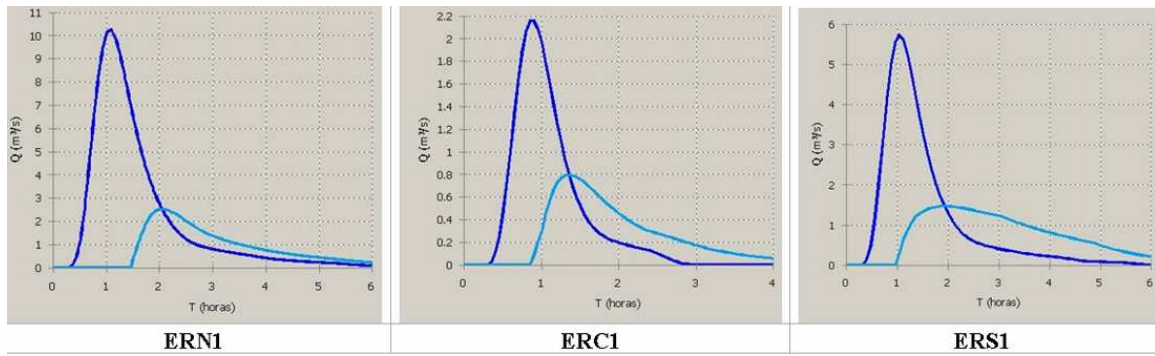


Figura 14.- Hidrogramas laminados por reservorios de detención temporal – Esc.Nº2.Alt.2

Los resultados obtenidos se aprecian en la comparación de hidrogramas.

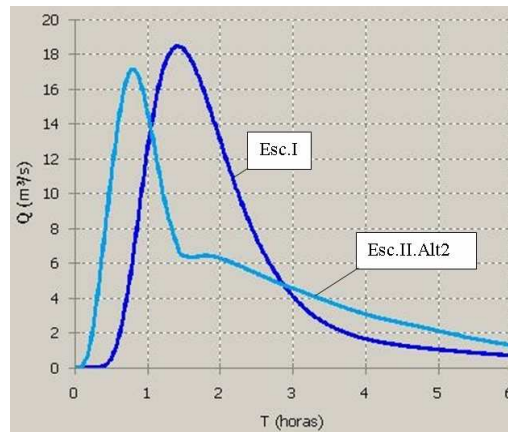


Figura 15.- Comparación de hidrogramas (TR= 5 años)

El hidrograma final de esta alternativa es menor que la condición natural para TR=5 años, logrando la condición de minimizar el impacto hidrológico. No obstante, se analizó la incorporación de obras menores de desviación de flujos y encauzamientos, para distribuir en forma adecuada los caudales generados por la crecida, tratando en lo posible de minimizar los reservorios necesarios.

Alternativa 3

La topología es similar a la anterior, con cambios en tramos en los cuales, por medio de estructuras transversales al cauce compuesta por gaviones y conducciones trapeziales en tierra, se derive el flujo hacia los cauces norte o sur respectivamente.

Esta modificación en las direcciones de flujo se basó en dos objetivos: el primero es minimizar los caudales pasantes en la zona central de la urbanización para evitar caudales mayores en las zonas de plantación y viviendas. El segundo objetivo fue el de reducir los volúmenes los reservorios de retención temporal quedando los parámetros hidráulicos como lo indican la siguiente tabla:

Tabla 5.- Parámetros hidráulicos Reservorios. Esc. II –alt.3

Reservorio	Vol. Necesario [m³]	Area aprox. [Ha]	Tirante medio [m]	Q max [m³/s]	Long. Vert. [m]	Alt. Vert. [m]
ERN1	15000	1	1.5	6	2	1.5
ERC1	1500	0.3	0.7	1	2	0.5
ERS1	3000	0.45	0.7	1	2	1

Los hidrogramas laminados para una recurrencia de 5 años son los siguientes:

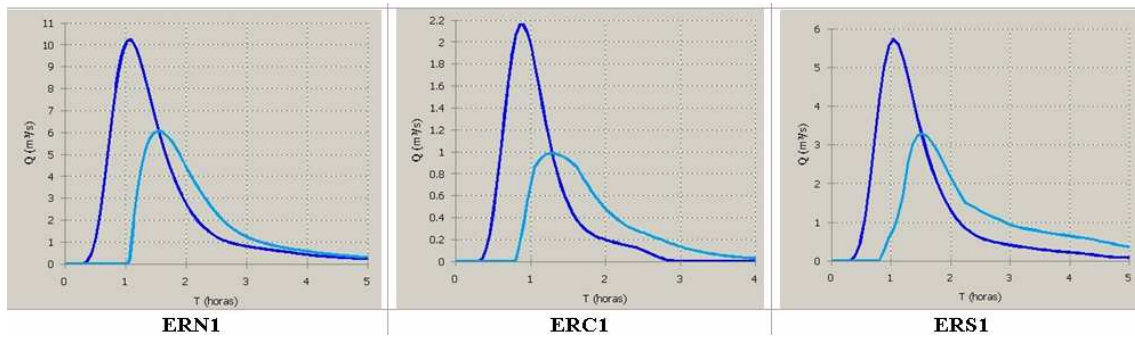


Figura 16.- Hidrogramas laminados por reservorios de detención temporal – Esc.II.Alt.3

Tabla 6.- Resultados obtenidos Esc. II –alt. (TR=5 años)

Nodos	TR= 5 años			TR= 25 años		
	Q [m³/s]	Tp [hs]	V [Hm³]	Q [m³/s]	Tp [hs]	V [Hm³]
N023	17.53	0.84	0.142	47.11	0.94	0.390

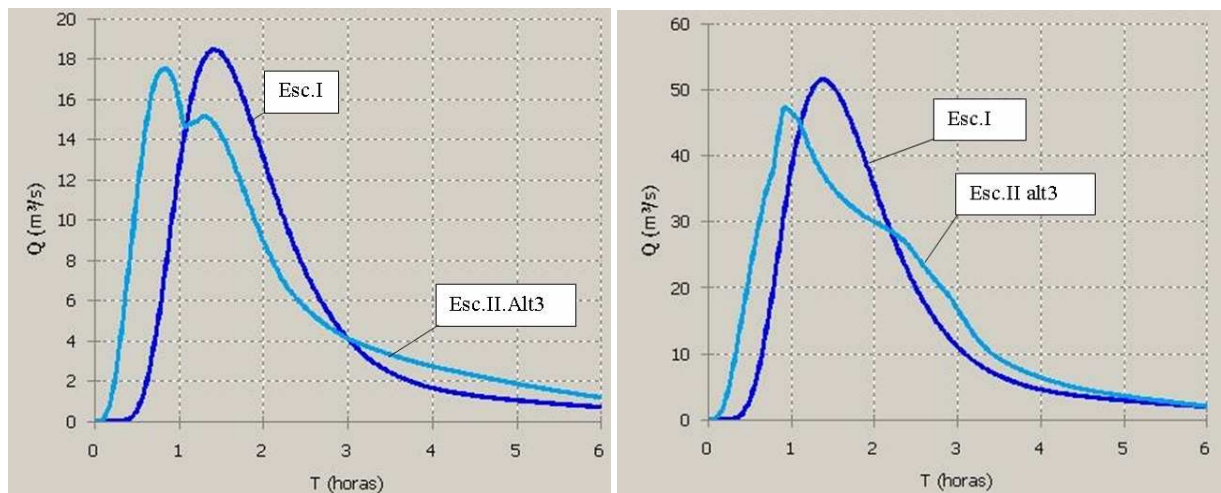


Figura 17.- Comparación de hidrogramas (TR= 5 y 25 años)

Modelación Hidráulica

Para el entendimiento de la dinámica fluvial de los cauces aluvionales que cruzan la locación, y con el objetivo de generar información básica para el diseño de obras de estabilización, control de torrentes y procesos de socavación, se llevó a cabo una modelación matemática del flujo en cauce, utilizando el modelo unidimensional HEC-RAS.

Para este análisis, se utilizaron como coeficientes de rugosidad, los siguientes:

- Margen izquierda: n=0.045
- Cauce: n= 0.03
- Margen derecha: n=0.045

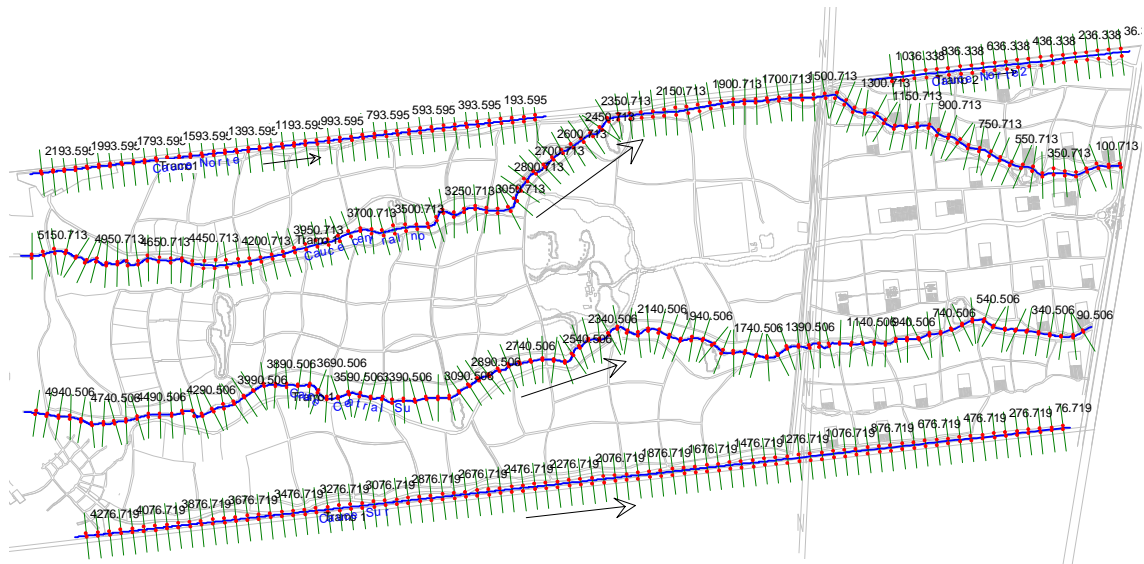


Figura 18.- Planimetría con ubicación de secciones transversales

Caudales de Diseño

Para determinar las características hidráulicas de una crecida se tomaron como caudales de diseño los resultados obtenidos del Escenario II. Esto permitió estimar los tirantes hidráulicos máximos, las velocidades del flujo, y su área de inundación para las recurrencias estudiadas

Tabla 7.- Caudales de diseño (TR=5 y 25 años)

Cauce	Progr.	Q TR5 [m ³ /s]	Q TR25 [m ³ /s]
Norte	Tramo 1	1.9	3.0
	Tramo 2	2.0	5.0
Central Norte	5150	10.84	27.52
	4300	11.25	28.67
	3200	11.47	29.50
	2300	13.82	31.42
	1400	14.91	32.42
Central Sur	500	15.37	32.90
	4940	3.17	5.72
	4040	3.82	7.50
	2990	4.54	9.26
Sur	1340	6.30	10.09
	540	7.14	10.96
	4276	5.73	15.34
	2476	9.21	24.08
	1876	11.34	29.34
	1226	11.58	29.62

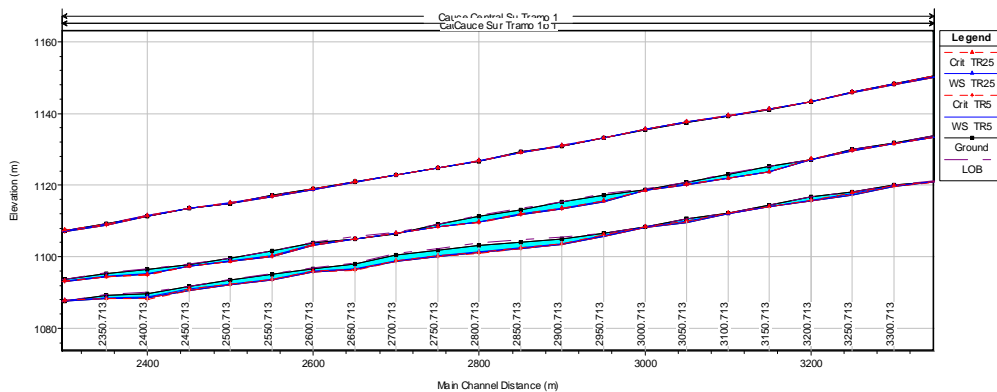


Figura 19.- Perfil longitudinal Cauces centrales y sur (TR= 5 años)

Planicies de Inundación

Las planicies de inundación, resultado de la modelación hidráulica, corresponden a los tirantes generados por tormentas establecidas, y poseen las siguientes características:

Tabla 8.- Resultados obtenidos Esc. 2 (TR=5/25 años)

Cauce	Area de inundac. [Ha]	Ancho min. [m]	Ancho max. [m]	Ancho medio [m]	Veloc. máx. [m/s]	Veloc. Media [m/s]	Tirante máx. [m]	Tirante medio [m]
Norte	3.04 / 4.12	6 / 6	15 / 20	8 / 12	4.7	2.1	0.6 / 0.8	0.3 / 0.4
Central	9.60 / 15.86	10 / 12	40 / 46	16 / 20	5.4	3.1	1.2 / 1.5	0.6 / 0.8
Central	6.00 / 8.09	8 / 10	25 / 35	12 / 18	5.1	2.7	1.0 / 1.2	0.40 / 0.5
Sur	5.35 / 9.04	7 / 12	20 / 27	10 / 17	4.9	2.9	2.1 / 2.5	0.7 / 0.9

Obras Propuestas

Siguiendo el análisis hidrológico, se propusieron las siguientes obras:

1. Tres Reservorios de Detención temporal con vertedero tipo dique de gavión,
2. Derivaciones: Cuatro Canales para encauzamiento de los torrentes por medio de sección triangular en tierra con taludes muy suaves,
3. Rectificación de cauces norte y sur: en sección apraderada en tierra,
4. Obras Transversales (para derivación en canales): compuestos por diques de gaviones,
5. Obras de atenuación de energía: cuencos de disipación en la salida de las alcantarillas,
6. Obras de cruce: Alcantarillas
7. Obras de recepción: Canal de guardia en tierra
8. Obras de control de erosión en desembocadura de cauces laterales mediante enrocados o gaviones con saltos disipadores de energía.



Figura 20.- Obras propuestas

Las secciones a realizar por medio de las obras de derivación de flujos, para un TR de 25 años, son las siguientes:

Tabla 9.- Parámetros geométricos de los canales de derivación

	CD01	CD02	CD03	CD04
Tipo	Triangular	Triangular	Triangular	Triangular
Talud	5:1	5:1	5:1	5:1
Pendiente proy.	2 %	1.5 %	0.5 %	0.5 %
Ancho	10 m	7 m	7 m	7 m
Profundidad max.	1 m	0.7m	0.7m	0.7m

Para las obras de arte necesarias para una adecuada intervención hidráulica se indican a continuación las solicitaciones hidráulicas necesarias para su dimensionamiento:

Tabla 10.- Solicitaciones hidráulicas para obras previstas

OBRA	Tipo	Denom.	Ubicación	Caudal proy. (TR=25)	Veloc. Máx [m/s]	Tirante máx. [m]	Long. aprox. [m]
Diques derivadores	Dique transversal de gaviones	DT01	En nodo N008 para CD01	13.88	2.89	0.98	10
		DT02	En nodo N011 para CD02	4.73	1.98	0.69	6
		DT03	En nodo N016 para CD03	16.95	3.46	0.70	10
		DT04	En nodo N007 para CD04	2.93	1.16	0.71	4
Atenuación de energía	Cuencos disipadores de energía	CU01	En cauce norte	16.95	3.46	0.70	20
		CU02	Cauce Sur Nodo N022	26.44	3.90	0.82	30
Obras de descarga	Alcantarilla	ALC 01	En cauce norte	16.95	3.46	0.70	25
		ALC 02	Cauce diagonal	2.22	1.70	0.4	25
		ALC 03	Cauce central sur	2.77	1.70	0.5	25
		ALC 04	Cauce sur	26.44	3.90	0.82	25
Obras de descarga	Canal de Guardia y control de erosión	CG	Margen Este de calle frentista	47.11	3.90	0.98	1670

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se han completado los estudios hidrológicos e hidráulicos relativos al conocimiento de las variables hidráulicas intervinientes. Se han determinado los caudales de proyecto necesarios para el dimensionamiento de las obras y se ha predimensionado hidráulicamente las secciones necesarias para la rectificación y desvío de cauces naturales y se han presentado las secciones mínimas y pendientes adecuadas para los canales derivadores.

Se recomienda el uso de materiales pétreos para la ejecución de obras de arte tendientes a minimizar la energía del fluido, ya sea por medio de lechos pedraplenados, o cuencos disipadores realizados con gaviones.

Para los cruces de la calle frentista al predio se recomienda realizarlo con alcantarillas de H°A° en sección rectangular tomando en consideración los caudales de diseño presentados. La zanja o canal de guardia que lleva los escurrimientos hacia el gran canal colector ubicado en la propiedad vecina hacia aguas abajo, es conveniente que quede en la vereda este de la calle. Se debería mejorar la sección hidráulica y revestirla con gaviones para protegerla de erosiones retrogradadas.

Para los reservorios diseñados en las cabeceras de los cauces principales, se han estimado los movimientos de suelo necesarios para una correcta laminación de la crecida. Para el diseño geométrico y estructural de los diques de gaviones transversales con vertederos junto con los taludes y/o terraplenes necesarios para conformar el vaso de inundación se han presentado las solicitudes hidráulicas a las que estarán sometidos, quedando su cálculo y proyecto ejecutivo fuera del alcance del presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bessone J.L, Robles J.O.** (2004) “Hidrogeología del Valle del Carrizal” *IT N° 17 – INA CRA* , Mendoza.
- Burgos, Victor** (2005) “Modelación Hidrológica de cuencas piedemontanas. Uso de Sistemas de Información Geográfica en Hidrología Superficial” *Congreso Nacional del Agua*, Mendoza, Argentina.
- Burgos, Victor** (2007) “Desarrollo Urbano de Bajo Impacto Hidrológico (DUBI): Una alternativa para una adecuada hidrología urbana del Gran Mendoza” *Congreso Nacional del Agua*, Tucumán, Argentina.
- Felicísimo, Ángel Manuel.** (1994) *Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales* . Pentalfa Ediciones, Oviedo
- Fernández B. et al** (2004) ”Drenaje de aguas lluvias urbanas en zonas semiáridas” *ARQ*, n. 57 *Zonas áridas*, Santiago, p. 64 - 67 . ISSN 0717-6996.
- Fernández B. et al** (2004) ”Nuevos Enfoques para el Drenaje Urbano de Aguas Lluvias” *Centro de Aguas Urbanas. Departamento de. Ingeniería Hidráulica y Ambiental.* Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Fornero, Luis, Aldo Pavese, Jorge Maza, D. Vega** (2002) “Actualización del modelo hidrológico ARHYMO”. *Congreso Nacional del Agua*, Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- HEC-GeoHMS** Hydrologic Engineering Center Geospatial Hydrologic Modeling Extension, (2000) “*User’s Manual*” US Army Corps of Engineers .
- HEC RAS** River Analysis System Versión 3.1.3 “*User’s Manual*” US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center.
- Maza J.A., V. Burgos, P. López, V. Benegas.** (2004) “Sustentabilidad hidrológica de urbanizaciones en pedemonte”. *Informe Técnico IT N° 51-CRA. INA*, Mendoza, Argentina.
- Tardivo R., Hammerly R.** (2003) “Aplicación de la Interfase Geoespacial HEC-GeoHMS”. *IX Conferencia Iberoamericana de SIG*. Cáceres, España. Octubre 2003.