

ESTUDIO HIDROLÓGICO - HIDRÁULICO

LOTEO LAS QUINTAS

LOCALIDAD DE GENERAL CABRERA



MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. BOBBA
GERENTE

Federico Colombani
Ingeniero Civil
M.P. 5183

Agosto 2021

ESTUDIO HIDROLÓGICO HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS
GENERAL CABRERA – PROVINCIA DE CÓRDOBA

MEMORIA DESCRIPTIVA

El presente estudio hidrológico tiene por objeto determinar el impacto (relativo a los escurrimientos) que representa el desarrollo del loteo en la parcela 18-02-07-01-01-235-100, ubicada en la localidad de General Cabrera.

La localidad de General Cabrera se ubica en la zona centro-sur de la provincia de Córdoba a aproximadamente 220 Km, sobre la Ruta Nacional N° 158, la cual la une con las ciudades de Villa María y Río Cuarto. Además la ruta provincial E-90, la cual conecta con la Localidad de Alcira hacia el Oeste.

El lote en estudio se ubica al Sureste de la localidad, se trata de una subdivisión que comprende 4.71 Has aproximadamente de las cuales se destinan 2.64 Has a la ejecución de 82 lotes para la construcción de viviendas unifamiliares, 1.78 Has destinadas a calles públicas y 0.29 Has a espacio verde. El predio a lotear se constituye actualmente como un sector baldío.

Desde el punto de vista hidrológico, el desarrollo del loteo implica el aumento del grado de impermeabilización del sector a intervenir, cuyos escurrimientos tienen como punto de salida un terreno colindante al Este. Con motivo de manejar esta situación para no alterar zonas aguas abajo, se propone el manejo de las escorrentías mediante cordón cuneta, derivando los excesos hacia la Av. de Circunvalación Sur con la cual colinda en el lado Norte, previa regulación de flujos en laguna de retardo.

En el caso de este loteo se proponen una laguna de 977 m², con una profundidad de 0.60 m. El diseño responde a una lluvia de TR 10 años, y 60 minutos de duración, mientras que el vertedero para TR 25 años y el nivel de coronamiento para TR 100 años.

De acuerdo con los resultados para esta última recurrencia, se plantea como cota mínima de umbral para viviendas la de al menos 20 cm. sobre la cota de cordón cuneta, y como mínimo la cota 292,20 m. en la zona circundante a laguna de retardo.

Por otro lado, el loteo no recibe aportes de agua desde el exterior, por lo que no tiene inconvenientes de origen externos ni necesita obras para ello.



[Handwritten signature]
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
GENERAL CABRERA

[Handwritten signature]
Gustavo Colombano
Ingeniero Civil
M.P. 5168

PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD

MEMORIA DE INGENIERÍA

LOTEO LAS QUINTAS

General Cabrera - Córdoba

MUTUAL DE LAS QUINTAS
JULIO C. ROSA
GENERAL CABRERA

AGOSTO 2021



Franco Colombano
Ingeniero Civil
M.P. 6198

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS**

Índice general

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	Presentación de la situación.....	3
1.2	Objetivo.....	3
1.3	Metodología	3
2	ÁREA DE ESTUDIO.....	4
2.1	UBICACIÓN	4
2.2	DESCRIPCIÓN DEL LOTEO	5
2.3	USO DEL SUELO Y GEOMORFOLOGÍA	5
3	ESTUDIO HIDROLÓGICO	7
3.1	GENERALIDADES / DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO.....	7
3.2	CUENCAS DE APORTE.....	7
3.2.1	Características de cuencas	10
3.3	DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA INUNDACIÓN	12
3.4	LLUVIA DE DISEÑO.....	13
3.4.1	Período de Retorno (TR).....	14
3.4.2	Duración (d).....	14
3.4.3	Lámina Total Precipitada.....	14
3.4.4	Distribución Temporal	18
3.4.5	Distribución Espacial.....	19
3.4.6	Lluvias de Diseño.....	19
3.5	ESTIMACIÓN DE CAUDALES E HIDROGRAMAS	23
3.5.1	Software HEC-HMS	23
3.5.2	Modelación sobre Escenario Actual	26
3.5.3	Modelación sobre Escenario de Proyecto	27
3.6	DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	29
4	ESTUDIO HIDRÁULICO	30
4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL	30
4.2	SISTEMA VIAL PROPUESTO	30
4.3	SISTEMA DE DRENAJE PROPUESTO.....	31
4.4	ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL SISTEMA PROPUESTO.....	33
4.4.1	Modelo EPA SWMM	33
4.4.2	Aplicación al Sistema Propuesto.....	35
4.4.3	Resultados de modelación Hidráulica	35
	Diseño y verificación para estructura de regulación	38



ALEJANDRA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

MUNICIPALIDAD DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. RIBOTTA
GERENTE

Fabrizio Colombiani
Ingeniero Civil
M.P. 6188

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS

5	CONCLUSIONES	38
6	BIBLIOGRAFÍA	40



MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. BOTTA
GERENTE

Fabrice Colombano
Ingeniero Civil
M.P. 5153

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación de la situación

En las inmediaciones de la localidad General Cabrera se proyecta la ejecución del loteo Las Quintas. Este cambio hacia un uso residencial genera transformaciones en las características del suelo.

En consecuencia, se verá modificada la respuesta escurrimiento superficial, ya que, ante una precipitación el aumento de área impermeable provocará una disminución de la infiltración y un aumento del volumen escurrido con caudales que superan a los generados ante las características actuales del terreno, pudiendo provocar inconvenientes hacia aguas abajo.

1.2 Objetivo

El principal objetivo del proyecto radica en analizar, comparar y evaluar el comportamiento de los escurrimientos superficiales de la macrocuenca a la cual pertenece el futuro loteo. Esto conlleva la ejecución de dos etapas.

En la primera, se lleva a cabo un estudio hidrológico con el fin de determinar el impacto que provocará el desarrollo del loteo sobre el estado actual de los escurrimientos al aumentar el grado de impermeabilización; y en una segunda etapa se desarrolla el estudio hidráulico en la que se diseñarán las obras necesarias para el manejo de excedentes hídricos y lograr disminuir y controlar ese impacto que generará el loteo.

Acompañan a esta memoria una serie de planos que permiten interpretar y ubicar la totalidad de las obras propuestas.

1.3 Metodología

El desarrollo metodológico en el que se incluye la recopilación, clasificación y análisis de antecedentes, comprende las siguientes etapas y las implicancias de cada una de ellas, la mayoría de las cuales se encuentran relacionadas. Estas etapas pueden ser contempladas en dos grandes capítulos tales como "estudio hidrológico" y "diagnóstico y propuesta de intervención".

Estudio hidrológico

Caracterización de las cuencas de aporte hídrico

- Definición de la red de escurrimientos
- Definición de áreas deprimidas
- Delimitación de las subcuencas
- Tipo de suelos y cobertura vegetal en los sectores rurales



ALEJANDRA PISANI
SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIA ARBOLITA
GERENTE

Fabricio Colombari
Ingeniero Civil
M.P. 6158

Determinación de la lluvia de diseño

- Período de retorno o recurrencia / probabilidad de ocurrencia
- Duración
- Lámina total
- Distribución temporal
- Distribución espacial

Transformación lluvia-caudal y propagación de caudales

- Lluvia neta o efectiva
- Determinación de los caudales picos para los distintos períodos de recurrencia adoptados

Diagnóstico y propuesta de intervención

- ✓ Evaluación de caudales y sistemas de drenaje actual
- ✓ Propuestas de intervención sobre el sistema
 - Predimensionado de las obras hidráulicas propuestas
- ✓ Análisis hidráulico de intervención propuesta
 - Determinación de caudales pico
 - Determinación de niveles de inundación
- ✓ Verificación hidráulica

2 ÁREA DE ESTUDIO

2.1 UBICACIÓN

El loteo "Las Quintas" se desarrolla en la localidad cordobesa General Cabrera, la misma pertenece al departamento Juárez Celman de la provincia de Córdoba, Argentina. Las localidades más cercanas son General Deheza, ubicada a 10,6 kilómetros al Norte y Carnerillo, ubicada a 18,8 kilómetros hacia el Sur; todas conectadas por la Ruta Nacional N° 158. Además, la Ruta Provincial E-90 conecta con la Localidad de Alcira hacia el Oeste.

En la zona Sureste de la localidad de General Cabrera se ubica el loteo en cuestión. El mismo linda al Norte con Avenida Circunvalación, al Oeste con calle Gaucho y al Este con terreno baldío y Sur con zona rural.

En la figura 1 se muestra la ubicación provincial y la ubicación local del loteo en el centro del ejido urbano.



ALEJANDRA RISANI
SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. RIBOTTA
GERENTE

Abrión Di Lorenzo
Ingeniero Civil
M.P. 5153



Figura 1. Ubicación provincial (izq.). Ubicación local (der.)

2.2 DESCRIPCIÓN DEL LOTEO

El fraccionamiento del loteo comprende 82 lotes, más 7 espacios destinados a espacio verde. La superficie total de loteo es de 4,71 Has, de las cuales 2,64 Has están ocupadas por lotes para viviendas unifamiliares, 0,28 Has a espacio verde y 1,78 Has a calles.

2.3 USO DEL SUELO Y GEOMORFOLOGÍA

En este apartado se pretende dar una introducción a nivel regional de las distintas unidades geomorfológicas de la zona y del sector a lotear. De acuerdo a ACASE – INTA (2003), la provincia de Córdoba se divide en 22 ambientes geomorfológicos que definen aspectos geomórficos, estructurales y de vegetación bien marcados.

En la Figura 2 se muestra el mapa con la distribución de estos ambientes, cada uno de los cuales ha sido identificado con una letra. Se observa que el área de estudio se emplaza sobre el ambiente F, denominado como Pampa Loéssica Alta.


ALEJANDRA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CARRERA


JULIO C. RIVERA
GERENTE


Fabricio Colombano
Ingeniero Civil
N.º P. 5153

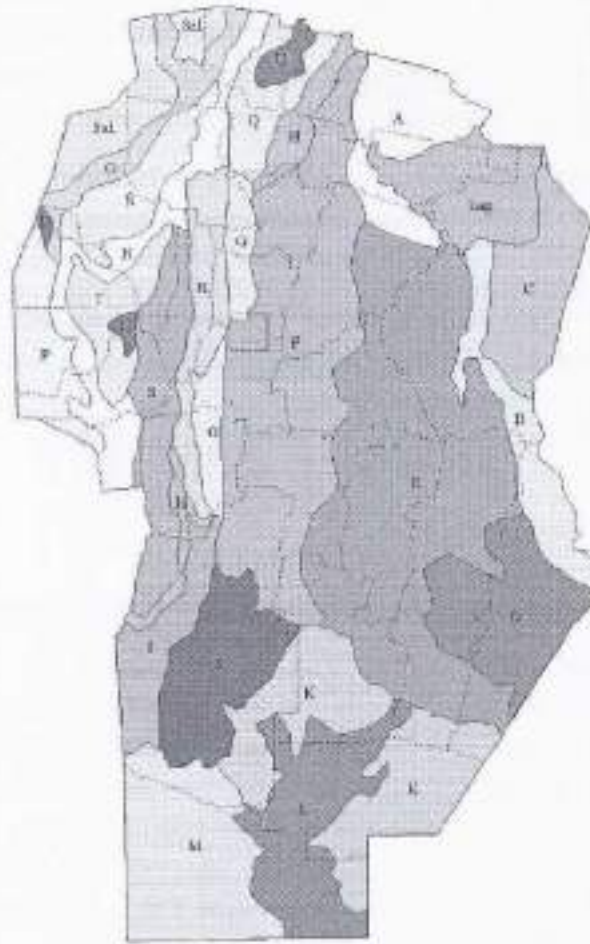


Figura 2. Ambientes geomorfológicos. Fuente: Los Suelos (2003)

Como se mencionó anteriormente, la ciudad de General Cabrera se ubica cercana al límite sureste de la región natural de la Pampa Loessica Alta, la cual se trata de un plano alto denominado plataforma basculada. Esta región constituye un plano estructuralmente elevado, con pendiente regional bastante uniforme en dirección hacia el Este y gradientes que disminuyen en esa misma dirección.

Conforma un bloque elevado hacia el Este debido a fallas geológicas del basamento, cubierto en parte por depósitos de piedemonte o una potente acumulación de sedimentos eólicos. Superficialmente, se encuentra el loess franco limoso. Hacia el borde occidental, más ondulado, se presentan fenómenos erosivos con presencia de "mallines" vinculados en la mayoría de los casos a lineamientos estructurales.

La capa de agua freática se encuentra muy profunda sobre el borde occidental, encontrándose más cercana a la superficie hacia el Este, situación que afecta a la ciudad en cuestión tanto que al norte del ejido de la misma la primera napa se encuentra entre 50 y 80 cm de profundidad.

La región está surcada por ríos y arroyos que nacen en la región serrana, la mayoría de los cuales exhiben importantes procesos de erosión vertical y lateral y una consecuente sedimentación en las áreas de derrame que se suceden hacia el Este. Las vías de desagüe generalmente presentan un diseño condicionado por líneas estructurales (subparalelo o subrectangular)



SECRETARÍA DE URBANISMO
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. BUSTOZA
GERENTE

Estudio Colombiano
Ingeniero Civil
M.P. 5153

En cuanto a la utilización del suelo de la zona en estudio, la mayor parte de la vegetación natural ha sido eliminada, siendo reemplazada por actividades agrícolas, con excepción de los espacios ocupados por los ejidos urbanos y vías de comunicación.

La explotación es netamente agrícola y se halla vinculada a las unidades de lomas o planos altos donde predominan los medianos y pequeños productores. Los principales cultivos que se siembran en esta zona son maní, maíz y soja, en orden de importancia.

Todas estas prácticas agrícolas reducen la porosidad y la capacidad de infiltración del suelo aumentando el potencial de escurrimiento y favoreciendo los procesos de erosión de la capa superficial por lavado.

3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

3.1 GENERALIDADES / DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

El principal objetivo del Estudio Hidrológico es definir los escurrimientos producidos dentro de las cuencas en las cuales se encuentra inmerso el loteo en cuestión. Según lo visto anteriormente, la ejecución del mismo implica un aumento del grado de impermeabilización del suelo y que por consiguiente provoca un incremento del volumen de escurrimientos a la salida de la cuenca, hecho que deberá ser controlado, para evitar inconvenientes aguas abajo del loteo. Dichos volúmenes serán determinados en función de los caudales que les darán lugar. Estos, provienen de la modelación de dos escenarios o situaciones, que se explican a continuación:

- Por un lado, se modelará el Escenario Actual, que contempla el terreno en estado natural sin la ejecución del proyecto.
- Por el otro, se modelará el Escenario Futuro, obtenido a partir de la consolidación del emprendimiento, en un terreno que sin dudas pasará a estar antropizado.

De la comparación de estas dos situaciones anteriormente expuestas, surgen así los incrementos en los caudales entre ambos escenarios; incrementos a partir de los cuales se determinará la necesidad de ejecutar las medidas estructurales pertinentes para mitigar las consecuencias que los excesos hídricos puedan provocar, aguas abajo, contra terceros.

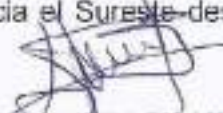
3.2 CUENCAS DE APORTE

Respecto del Escenario Actual:

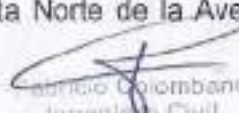
El área de estudio se ubica al Sureste de la localidad General Cabrera en una zona que se encuentra en expansión urbana y ocupa una superficie de 25,84has. Dicha zona de la localidad escurre en sentido Oeste – Este en forma general. La macrocuenca está delimitada al Norte por la Avenida Circunvalación Sur, al Oeste por Canal 1 (denominado así en este trabajo) a cielo abierto, al Este por camino rural, y Sur por ambiente rural. Ver Figura 3 donde se indica en color naranja el área de estudio.

Analizando las áreas que rodean la macrocuenca, las ubicadas al Norte escurren hacia el Sureste descargando por medio de las calles a la cuneta Norte de la Avenida




ALEJANDRA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA


MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. PETTINA
GERENTE


Emilio Giombano
Ingeniero Civil
N.º 6158

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO LOTEO LAS QUINTAS

Circunvalación Sur, las ubicadas al Oeste escurren hacia el Este descargando los escurrimientos al Canal 1 evitando así que lleguen al área de estudio y por último las zonas al Sur y al Este por condiciones topográficas escurren hacia el Sureste y no aportan al loteo.



Figura 3 – Área de Estudio

La macrocuenca se divide en dos subcuencas, C1 y C2; la definición de las mismas se realizó en base a curvas de nivel definidas a partir de modelos digitales de elevación e imágenes satelitales, cartas topográficas del I.G.N. (Instituto Geográfico Nacional), delimitando líneas de escurrimiento y divisoria de cuencas. Además, se contempló la existencia de aquellos elementos antrópicos componentes de la mancha urbana, como caminos y obras de infraestructura. En segunda instancia a partir de recorridos de campo se verificó y corrigió lo planteado. En la Figura 4 se observa el sistema de subcuencas donde sus reglas de funcionamiento son:

- la subcuenca C1 comprende un área urbanizada aledaña al Oeste del sector a lotear, escurre hacia el Este aportando a la calle Mártires Malvinenses y ésta a la cuneta Sur de la Av. circunvalación S
- la subcuenca C2 (que comprende el loteo a desarrollar), escurre hacia el Este al llegar al límite del terreno un camino interno hace descargar los escurrimientos a la cuneta S de la Av. Circunvalación S.
- la Av. Circunvalación S escurre en sentido Oeste-Este.

Para el estudio hidrológico se tomó como sección a verificar, una correspondiente a la cuneta sur de la Av. Circunvalación ubicada 50m aguas abajo desde el extremo NE del loteo.



ALEJANDRA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERÁ

JEFES DE COMUNIDADES
JULIO TRIBOTTA
GERENTE

Fabrizio Colombano 8
Ingeniero Civil
M.P. 5158

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS



Figura 4 – Sistema de subcuencas – Escenario Actual.

Respecto del Escenario Futuro:

En el estudio hidrológico se consideró a la macrocuenca subdividida en 3 subcuencas las cuales se pueden ver en la Figura 5. El área correspondiente al loteo se consideró como una cuenca independiente, ya que el impacto en los escurrimientos producidos por el aumento de impermeabilización que provocará el desarrollo del loteo, se descargarán a la cuneta de la Av. circunvalación Sur eliminando este aporte a la subcuenca C2 para no generar impactos negativos en la misma.

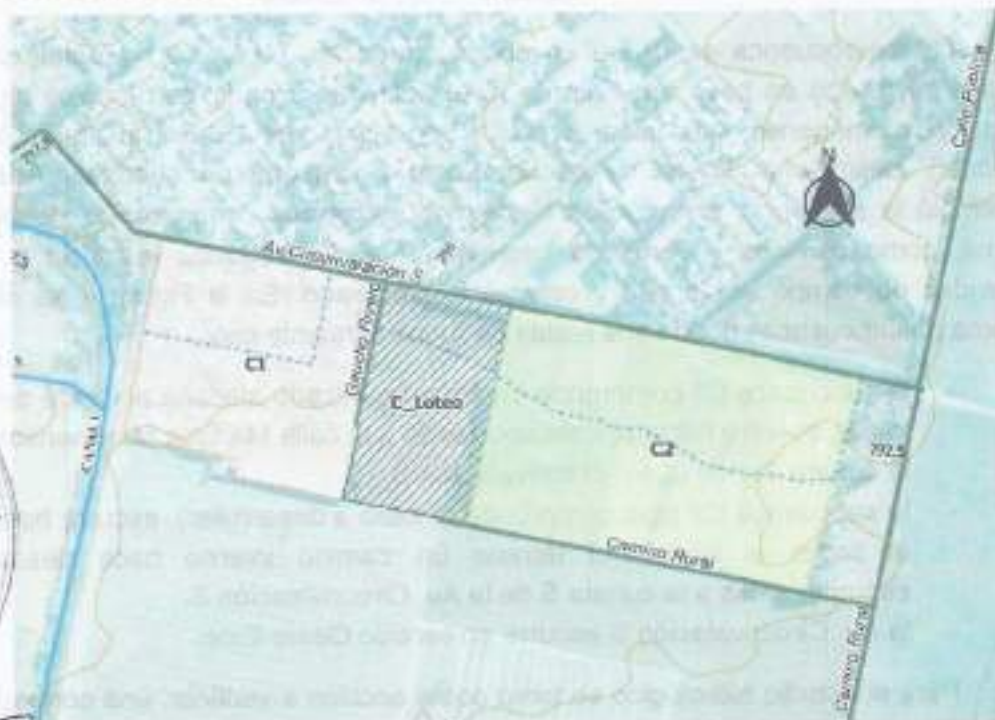


Figura 5 – Sistema de subcuencas – Escenario Futuro.



Alexandra Pisanti
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
SUDAMORITA
SERVANTE

Fabrizio Colombano
Ingeniero Civil
M.P. 5153

3.2.1 Características de cuencas

Para el presente estudio hidrológico interesa conocer la respuesta, el comportamiento, del área donde sucede el ciclo hidrológico ante un estímulo, siendo éste la precipitación. Lo que se considera como respuesta en este estudio es el volumen de escurrimiento y la velocidad de respuesta de la cuenca ante una precipitación, ambos aspectos pueden estimarse a partir de las características fisiográficas, hídricas y climáticas de la cuenca. Lo que sirve de base para el diseño del modelo hidrológico y poder analizar con criterio sus resultados.

En base a lo descrito en el párrafo anterior, a continuación, se muestran las características de las subcuencas agrupadas por tipologías para los escenarios actual y futuro.

CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS

Tabla 1 - Características fisiográficas del sistema de subcuencas.

	Subcuenca	Longitud	Latitud	Superficie (km ²)	Perímetro (km)	Kf	Kc	CN
Escenario Actual	C1	63°52' 2,81"	32°49'24,1"	0,08	1,17	0,478	1,151	84
	C2	Deste	Sur	0,18	1,82	0,302	1,208	68
Escenario Futuro	C1			0,08	1,17	0,48	1,15	84
	C2	63°52' 2,81"	32°49'24,1"	0,13	1,48	0,36	1,15	68
	C_Loteo	Deste	Sur	0,05	0,91	0,35	1,18	84

Donde,

- Los datos de longitud y latitud se corresponden con el centroide de la macrocuenca.
- Kf: factor de forma.
- Kc: coeficiente de Gravelius
- CN: valor de curva número del método SCS, el cual se definió en función del tipo de suelo, cobertura vegetal y uso del suelo.

CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS

Tabla 2 - Características Hídricas del sistema de subcuencas

	Subcuenca	Long. Cauce ppl. (km)	ΔH (m)	Pendiente media S _m (%)
Escenario Actual	C1	0,41	1,80	0,44
	C2	0,77	2,20	0,29
Escenario Futuro	C1	0,41	1,80	0,44
	C2	0,60	1,10	0,18
	C_Loteo	0,37	1,60	0,43



ALEJANDRA PISANI
 SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS
 MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

MUNICIPALIDAD DE LAS COMUNIDADES
 JULIO C. RIBOTTA
 GERENTE

Fabrizio Colombiani
 Ingeniero Civil
 M.P. 8158

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS

Tiempo de concentración (tc): es el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado.

Esta propiedad es muy importante porque en los modelos lluvia-escorrentía, la duración de la lluvia se asume igual al tiempo de concentración de la cuenca, ya que es para esta duración cuando la totalidad de la cuenca está aportando al proceso de escorrentía, por lo cual se espera que se presenten los caudales máximos.

Existen múltiples expresiones para el cálculo del tiempo de concentración propuestas por diferentes autores: Temez, William, Kirpich, California Couverts Practice, Giandotti, S.C.S, Ventura -Heron, Brausby-William, Passini, Izzard (1946), Federal Aviation Administration (1970), Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron, Erborge (1973), George Rivero, entre otras. Debido a las diferentes formas como fueron concebidas estas expresiones, la variabilidad de los resultados entre una y otra puede ser bastante alta, debido a ello y a la influencia que tiene esta característica en la modelación hidrológica es que se analizaron diferentes expresiones de cálculo.

De todas las fórmulas para determinar el t_c mencionadas se adoptan algunas para el cálculo, ya que las restantes no se adecuan a las características de la región de estudio. Además, se muestra el tiempo de retardo (Tlag) el cual corresponde al 60% del tiempo de concentración. El tiempo de retardo (Tlag) es el tiempo que transcurre desde el centro de gravedad del Hietograma de precipitaciones al centro de gravedad del hidrograma de caudales. Es decir, el tiempo a partir del cual la lluvia considerada comienza a generar escurrimiento superficial.

Tabla 3 – Tiempos de concentración.

Método	Subcuenca	Escenario Actual		Escenario Futuro		
		C1	C2	C1	C2	C_Loteo
SCS	Tc (min)	54	175	54	180	49
	Tlag (min)	32	110	32	100	29
Clark	Tc (min)	23	41	23	23	23
	Tlag (min)	14	25	14	14	14
Johnstone Cross	Tc (min)	69	105	69	69	69
	Tlag (min)	42	63	42	42	42
Método Racional Generalizado	Tc (min)	20	65	20	20	20
	Tlag (min)	12	39	12	12	12
Pilgrim y Mc Dermott	Tc (min)	18	24	18	18	18
	Tlag (min)	11	14	11	11	11
Hathaway	Tc (min)	12	25	12	12	12
	Tlag (min)	7	15	7	7	7

Estos valores obtenidos de tiempo de concentración se utilizaron para la determinación de las precipitaciones de proyecto y la realización del estudio hidrológico e hidráulico.



[Signature]
ANDREA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

[Signature]
MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO L. VIBOTTA
GERENTE

[Signature]
Fabricio Colombari 11
Ingeniero Civil
R.L.P. 5138

3.3 DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA INUNDACIÓN

Las obras de drenaje urbano persiguen dos objetivos:

- Objetivo Básico: evitar al máximo posible los daños que las aguas de lluvia puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano.
- Objetivo Complementario: garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de precipitaciones.

La función básica de un sistema de drenaje se define como el conjunto de acciones preventivas y correctivas asociadas al logro del objetivo básico de un sistema de drenaje. De igual forma, la función complementaria es el conjunto de acciones preventivas y correctivas encaminadas a satisfacer el objetivo complementario de un sistema de drenaje.

Para la función básica es conveniente elegir un periodo de retorno entre 50 y 100 años, pero teniendo en cuenta el criterio de utilizar periodos menores para las acciones preventivas, disminuyendo así el costo de las acciones correctivas.

En el caso de la función complementaria los conceptos son los mismos que para la función básica, pero se puede admitir un riesgo mayor. En la Tabla 4 se recomiendan los periodos de retorno en función del uso de la tierra y el tipo de vía terrestre.

Tabla 4 – Periodos de retorno para la función complementaria

TIPO DE USO DE LA TIERRA	TR (años)
Zona de actividad comercial, edificios públicos y sanitarios.	25
Zona de actividad industrial.	25
Zona residencial de alta densidad (mayor 150 hab/Ha).	10
Zona residencial de baja densidad (menor 150 hab/Ha).	5
Zona recreativa de alto valor e intenso uso por el público.	3
Otras áreas recreativas y/o rurales.	2
TIPO DE VÍA TERRESTRE	TR (años)
Avenidas de circulación arterial y accesos a instalaciones especiales y de seguridad.	25
Avenidas de circulación.	10
Vías colectoras de la circulación local o que la alimenta.	5
Vías locales cuya importancia no traspasa la zona servida.	3 a 5

Los límites de inundación son los máximos niveles aceptables en los diferentes sitios de una zona urbana, cuyas magnitudes dependen de la función que cumpla el sistema.

Los valores de periodo de retorno y niveles de inundación adoptados para cada función son los siguientes:

- **Función Básica:** un TR de 100 años, valor recomendado por la Administración Provincial de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba, para el cual los niveles de inundación deben estar por debajo del umbral más bajo de las



COMUNIDADES
INDÍGENAS
GERENTE

Municipalidad Civil
M. P. D. R.

edificaciones, esto incluye que las calles pueden funcionar totalmente ocupadas por el agua. Como las edificaciones no se encuentran construidas se adopta que *el tirante no puede superar un valor de 0,25m medidos en cuneta*.

- Función Complementaria: un *TR de 10 años*, para el cual el *tirante debe ser menor o igual a la altura del cordón cuneta (0,15m)* de modo que el escurrimiento no moleste significativamente el tránsito de personas o vehículos.

3.4 LLUVIA DE DISEÑO

La lluvia de diseño es la secuencia de precipitaciones capaz de provocar la crecida de diseño en la cuenca analizada. La misma refleja las exigencias de origen hidrometeorológico a las que se verían sometidas las obras. Sus principales componentes son:

- Lámina de la lluvia (definida por la relación i-d-T).
- Distribución temporal.
- Atenuación espacial.

La provincia de Córdoba cuenta con estudios sobre lluvias de diseño realizados por el Instituto Nacional del Agua – Centro de la Región Semiárida (INA – CIRSA). Dicha repartición, a partir del análisis de las lluvias máximas medidas en el territorio provincial, elaboró el "Modelo DIT" para la predicción de la función i-d-T. El modelo permite estimar la magnitud y la frecuencia de las lluvias máximas para rangos de duración entre 5 y 1440 minutos y una recurrencia entre 2 y 100 años. Basado en el trabajo "Regionalización de Precipitaciones Máximas para la provincia de Córdoba" en el cual la provincia quedó dividida en 7 zonas donde a cada una le corresponde una estación pluviográfica base, además en el trabajo se contemplaron los datos de 141 estaciones pluviométricas.

En el presente proyecto se emplea el Modelo DIT como herramienta para definir la lluvia de diseño. La zona a la cual pertenece el área en estudio es la Noroeste, la cual tiene como pluviógrafo base la estación Villa Dolores, localidad vecina a Villa Sarmiento por lo que se han utilizado los parámetros de esta estación, verificando las condiciones de aplicabilidad establecidas por INA-CIRSA, las cuales se enuncian a continuación:

- La distancia entre la región de análisis y la estación no debe superar los 150 km.
- La diferencia de la lluvia media anual entre ambas zonas no debe superar los 100mm
- La diferencia de cota debe ser inferior a 200m
- Las características fisiográficas deben ser similares
- Que no se atravesase ningún cordón montañoso en la distancia de 150km entre la región de análisis y la estación.

En base a los distintos objetivos que persiguen las obras de drenaje urbano como se mencionó en el apartado anterior, se adoptaron diferentes lluvias de diseño, en las




ALEJANDRA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERÁ


MUTUAL DE LA COMUNIDAD
JULIO C. BIDOITA
GERENTE


Francisco Duran
Ingeniero Civil
M.A. 5788

cuales varían el período de retorno y duración de las mismas. Al final de este ítem se resumen las Lluvias de Diseño adoptadas.

3.4.1 Período de Retorno (TR)

Los eventos meteorológicos son afectados por eventos extremos, cuya magnitud está inversamente relacionada con la frecuencia de ocurrencia. Por definición, el período de retorno (o de ocurrencia) es el tiempo durante el cual se espera que la magnitud analizada sea igualada o superada, al menos, una vez.

Se adoptaron diferentes períodos de retorno según las funciones básicas y complementarias de un sistema de drenaje. *Para la función básica se adoptó un período de retorno de 100 años y para la función complementaria un período de recurrencia de 10 años.*

Además, para el diseño de las estructuras de control se adoptó una recurrencia de 25 años para el vertedero de descarga y una recurrencia de 10 años para el descargador de fondo de la laguna de retardo.

3.4.2 Duración (d)

La duración de una tormenta de proyecto se puede relacionar directamente con el tiempo de concentración (t_c) de la cuenca. Existen múltiples expresiones para el cálculo del tiempo de concentración propuestas por diferentes autores. Las que fueron evaluadas por adecuarse a las características de la región de estudio son las desarrolladas por: SCS, Clark, Johnstone Cross, Método Racional Generalizado, Pilgrim y Mc Dermott y Hathway. A partir del empleo de las mismas se obtuvieron valores de t_c para cada subcuenca del sistema. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3 en el ítem 3.2.1 en conjunto con el tiempo de retardo (T_{lag}).

De las duraciones de cada subcuenca se adoptan los valores correspondientes al método de SCS. Por otro lado, considerando las tipologías de lluvias que se producen en la zona y la probabilidad de ocurrencia de las mismas se analizaron otras duraciones de 60 y 120 minutos.

De las duraciones mencionadas, luego de realizar las simulaciones correspondientes en las etapas de estudio hidrológico e hidráulico, se adopta una duración de 120 minutos por ser la que mayores caudales pico genera a la salida de sistema además de tener una alta probabilidad de ocurrencia.

3.4.3 Lámina Total Precipitada

Para determinar la lámina precipitada se utiliza el modelo DIT desarrollado por el INA-CIRSA, el cual nos permite definir las curvas I-d-T a través de zonalización. A continuación se muestra en tabla y en imagen las zonas con la ubicación de sus correspondientes pluviógrafos base.



MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. RIBOTTA
GERENTE

FABRICE DOMÍNGO
Ingeniero Civil
M.P. 5153

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS**

Table 5 - Zonas pluviográficas consideradas para Córdoba y estaciones base. Fuente: Nelli; Dasso. Lluvias de diseño, 2003.

Zona	Area [km ²]	N° Pm	Estación Base	Si-gla	Serie [años hidrológicos]	Latitud sur	Longitud neste	Altitud s. n. m.	PMA [mm]
Noroeste	24.221	23	V° Dolores	VD	1964-93 (28)	31° 57'	65° 08'	569 m	636
Sicerras	12.103	31	La Suela	SU	1972-93 (22)	31° 38'	64° 35'	892 m	914*
Noreste	23.984	9	Ceres S.Fe	CS	1955-93 (38)	29° 53'	61° 57'	88 m	918
Centro	27.244	36	Córdoba O	OC	1943-77 (35)	31° 24'	64° 11'	425 m	774
Suroeste	23.249	13	Río Cuarto	RC	1958-84 (23)	33° 05'	64° 16'	436 m	838
Este	24.266	14	M. Juárez	MJ	1961-85 (23)	32° 42'	62° 07'	110 m	901
Sur	29.754	15	Laboulaye	LA	1941-77 (36)	34° 07'	63° 22'	137 m	845

Serie: de máximos, inicio-fin (longitud) N° Pm: pluviómetros satélite en la zona
PMA: Lluvia media anual 1961-1990 (Estadística Climatológica N° 35, 36, 37, SMN)
* 1971-1994 (Datos originales, CHRSA, INCYTH-CONICET)
Ceres S.Fe: Ceres (Provincia de Santa Fe) Córdoba O: Observatorio Córdoba



Alexandra Pisani
ALEXANDRA PISANI
 SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
 MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

Julio C. Ribotta
MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. RIBOTTA
 GERENTE

Fabrizio Colombano
Fabrizio Colombano
 Ingeniero Civil
 N.º 5153

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS



Figura 6 - Red pluviométrica y pluviográfica y zonas en que se divide la región. Fuente: Caamaño; Nelli; Dasso. *Lluvias de diseño*, 2003.

El modelo DIT estima la relación I-d-T (intensidad, duración y período de retorno) para estaciones base, a partir de series de máximos anuales de láminas de lluvia de distintas duraciones, con distribución Log-normal. La relación I-d-T en el modelo DIT (Caamaño Nelli y García, 1999), en su expresión final logarítmica es:



SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

COMUNIDADES
J. C. BERTTA
GERENTE

Mauricio Colombano
Ingeniero Civil
N.º 7-3153

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS

$$\ln i_{d,T} = A \cdot \Phi_y - B \cdot \delta_y + C \quad (1)$$

Siendo $i_{d,T}$ la intensidad media máxima de lluvia en mm/h, para una duración d en minutos, esperable en el período de retorno T en años. Φ_y es el factor de frecuencia (Chow, 1951) dado por:

$$\Phi_y = 2,584458 \cdot (\ln T)^{3/8} - 2,252573 \quad (2)$$

Mientras que δ_y es el factor de persistencia, definido como:

$$\delta_y = (\ln d)^q \quad (3)$$

La Ecuación (1) presenta tres términos independientes entre sí, que provienen de la hipótesis de independencia entre duración, explicitada en δ_y , y recurrencia, incluida en Φ_y . Los coeficientes A , B , C de la Ecuación (1) y el exponente q , de la Ecuación (3) son los cuatro parámetros resultantes del modelo; A y C incorporan las características de la lluvia local, mientras que B y q , son parámetros zonales.

El significado conceptual de los parámetros da lugar a una de las principales características del DIT: su aptitud para transposición a estaciones pluviométricas, mediante la técnica de zonalización. Esta técnica de transposición combina una división zonal con una transferencia paramétrica dentro de cada zona. Al transponer la función i - d - T , desde la estación base (pluviográfica) a las estaciones satélites (pluviométricas) incógnitas de la zona, los parámetros se alteran según los rasgos climáticos locales de cada pluviómetro.

Una vez que el modelo DIT ha sido calibrado para un pluviógrafo base, la extrapolación a los pluviómetros asociados, consiste sólo en sustituir dos estadísticos: la media (μ) y el desvío estándar (σ) de los logaritmos de las lluvias máximas diarias. La sustitución se efectúa en los parámetros A y C , ajustados para el pluviógrafo, para obtener los respectivos A' y C' del pluviómetro (Ecuaciones 4 y 5) sin requerir calibración:

$$A' = A - \sigma + \mu \quad (4)$$

$$C' = C - \sigma + \mu \quad (5)$$

Los parámetros B' y q' para el pluviómetro son iguales a los de la zona a la cual pertenecen, ambos constantes para toda la Zona.

La zona de estudio pertenece a la zona Suroeste, por lo cual la estación base para el modelo DIT será Río Cuarto. En la Tabla 6 se presentan los parámetros para la estación base (Río Cuarto) y satélite (Gral. Cabrera), los cuales se obtuvieron de los archivos raster generados por el INA-CIRSA para la provincia de Córdoba. Se consideran los datos de estación satélite iguales a la estación base por tratarse de una localidad colindante.

Tabla 6 – Parámetros del modelo DIT (Fuente: INA-CIRSA)

Zona	Puesto	μ media	σ desvío	A coef. Φ	B coef. Δ	C t. indep.
Suroeste	Río Cuarto	4,2772	0,3568	0,3557	0,1483	5,0034
Suroeste	Gral. Cabrera	4,3110	0,3156	0,3145	0,1483	5,0372



ALEXANDRA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

MUTUAL DE CUERPOS
JULIO C. BOTTA
GERENTE

Felipe Colombres
Ingeniero Civil
M. N. 1150

Finalmente se obtiene el modelo DIT para la zona de estudio, y se generan las curvas i-d-T que están representadas en el Gráfico 1. Las ecuaciones se presentan a continuación:

$$\ln i_{d,T} = 0,3145 \cdot \phi_y - 0,1483 \cdot \delta_y + 5,0372$$

$$\phi_y = 2,584458 \cdot (\ln T)^{3/8} - 2,252573$$

$$\delta_y = (\ln d)^{5/3}$$

Modelo DIT - Relaciones i-d-T - LAS QUINTAS

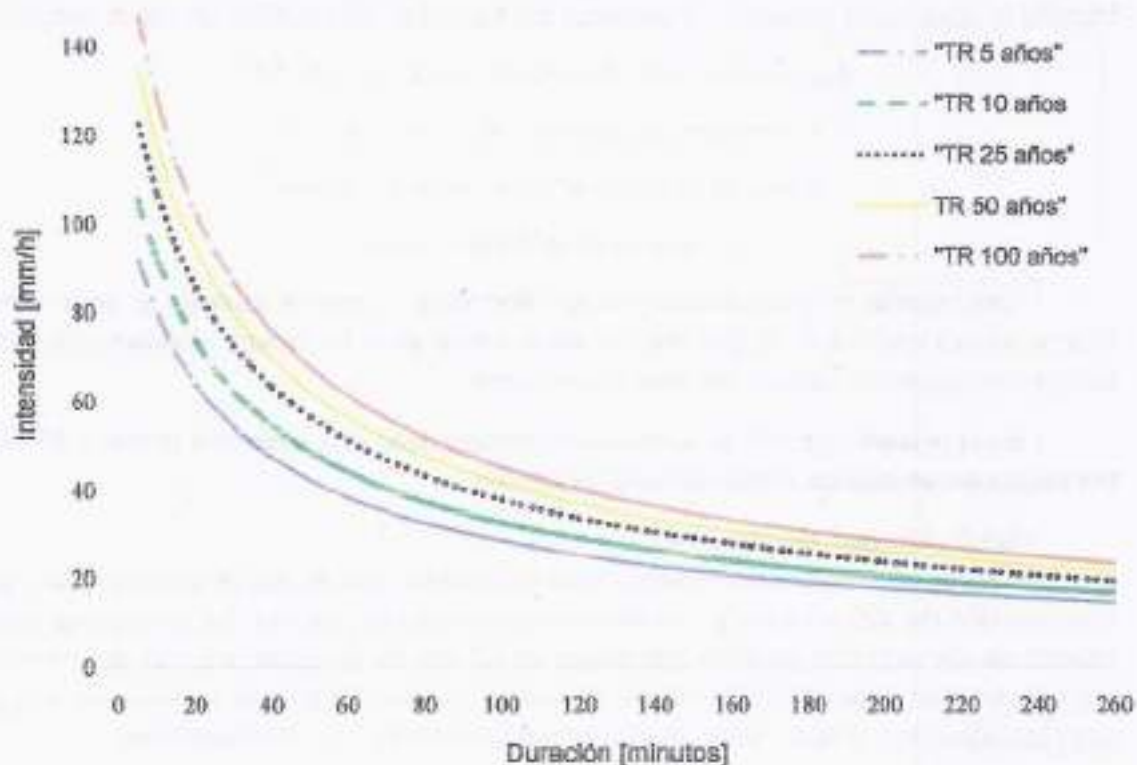


Gráfico 1 - Curvas i-d-T Loteo Las Quintas - Modelo DIT

3.4.4 Distribución Temporal

La distribución temporal es el fraccionamiento en el tiempo de la lámina total precipitada. Existen diversos métodos para estimar la distribución temporal de la tormenta de proyecto. Para el presente trabajo fue *adoptado el método de bloque alternos*.

Para dicho análisis se establecen los porcentajes de lámina precipitada dividiendo la duración de la tormenta en intervalos de 10 minutos para la duración de 120 minutos y de 5 minutos para la duración de 60 min, de los cuales uno contiene el pico (de mayor intensidad) y los restantes decrecen en forma progresiva. En el presente estudio se *adopta un coeficiente de avance de 0,3*.



ALEJANDRA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CARRERA

COMUNIDADES
JULIO E. RIBOTTA
GERENTE

Escuela Colombiana de Ingeniería
Calle 18
A. RUIZ

3.4.5 Distribución Espacial

Estimar la distribución espacial de la lámina precipitada, requiere asumir un valor medio de lluvia sobre la cuenca completa o sobre cada subcuenca, con base en registros puntuales de limitada representatividad espacial. Se asume que las láminas locales son válidas en un radio de pocos kilómetros en torno al pluviógrafo. Para superficies mayores, la precipitación debe ser reducida mediante coeficientes asociados, para cada región, a la superficie abarcada y a la duración del evento.

En la provincia de Córdoba se desarrolló un logaritmo de atenuación denominado Modelo CoDA. El mismo permite determinar un coeficiente de decaimiento areal C_{DA} para cada cuenca o subcuenca el cual se aplica a la lámina de lluvia obteniendo de esa manera la atenuación espacial. La ecuación del C_{DA} para cada cuenca se indica debajo.

$$C_{DA}: \text{Coeficiente de decaimiento areal } C_{DA} = 25^{-k} A^d$$

$$k: \text{parámetro del modelo } - k = 2,1438 d^{-0,7447}$$

$$A: \text{área de la sub - cuenca o cuenca } A > 25 \text{ km}^2$$

$$d: \text{duración de la lluvia de diseño}$$

Una cuenca es considerada como intermedia o grande cuando el área de la misma supera los 25 km² (2.500 Ha), en estos casos se debe reducir el valor puntual de lámina precipitada en función del área considerada.

En el presente estudio la cuenca considerada tiene una superficie menor a 25 km² por lo que *no se atenúa espacialmente la lámina*.

3.4.6 Lluvias de Diseño

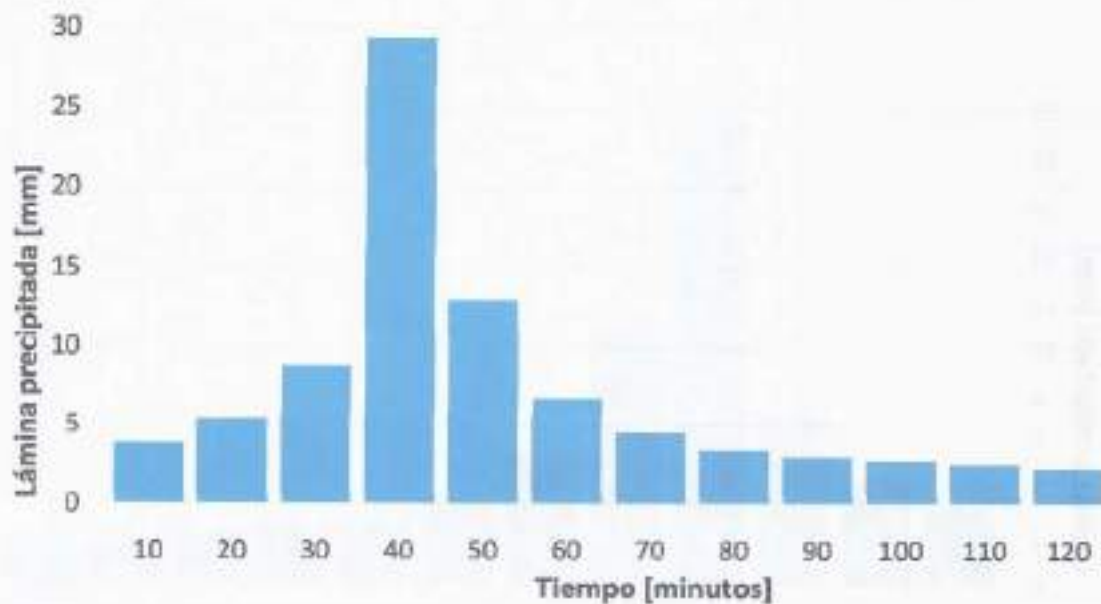
A partir de lo analizado anteriormente se plantean tres lluvias de diseño, todas con una duración de 120 minutos y con diferentes periodos de retorno. Se aclara que en el estudio se consideraron además tres lluvias de 60 min de duración con tres periodos de retorno, que en esta instancia no se muestran ya que luego del análisis las lluvias correspondientes a una duración de 120 minutos fueron las más desfavorables.

A continuación, se muestran en forma gráfica las lluvias de diseño.



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
 LOTE LAS QUINTAS

- Lluvia de Diseño 1 = para la función básica duración 120min; TR 100 años;



Gráfica 2- Histograma de Diseño 1, Lámina: 85,31mm; Período de Retorno=100 años; duración=120 min, ubicación del pico $a=0,3$; Intervalos de 10 minutos; CoDA=1.

Tabla 7 -Histograma de Diseño 1, Lámina: 85,31mm; Período de Retorno=100 años; duración=120 min, ubicación del pico $a=0,3$; Intervalos de 10 minutos; CoDA=1.

Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Lámina Alternada (mm)	Lámina acumulada (mm)
10	176,71	3,86	29,45
20	127,32	5,38	42,44
30	102,43	8,77	51,21
40	86,82	29,45	57,88
50	75,91	12,99	63,26
60	67,76	8,67	67,76
70	61,39	4,50	71,62
80	56,24	3,38	74,99
90	51,99	2,99	77,98
100	48,40	2,68	80,67
110	45,33	2,43	83,10
120	42,65	2,21	85,31



ALEXANDRA TISANI
 SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
 MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

MUTUALIDAD DE COMUNIDADES
 JULIO C. BILLOTTA
 GERENTE

Franco Colombo
 Ingeniero Civil
 M.P. 6153

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS

- Lluvia de Diseño 2= para el diseño de vertedero, duración 120min; TR 25 años;

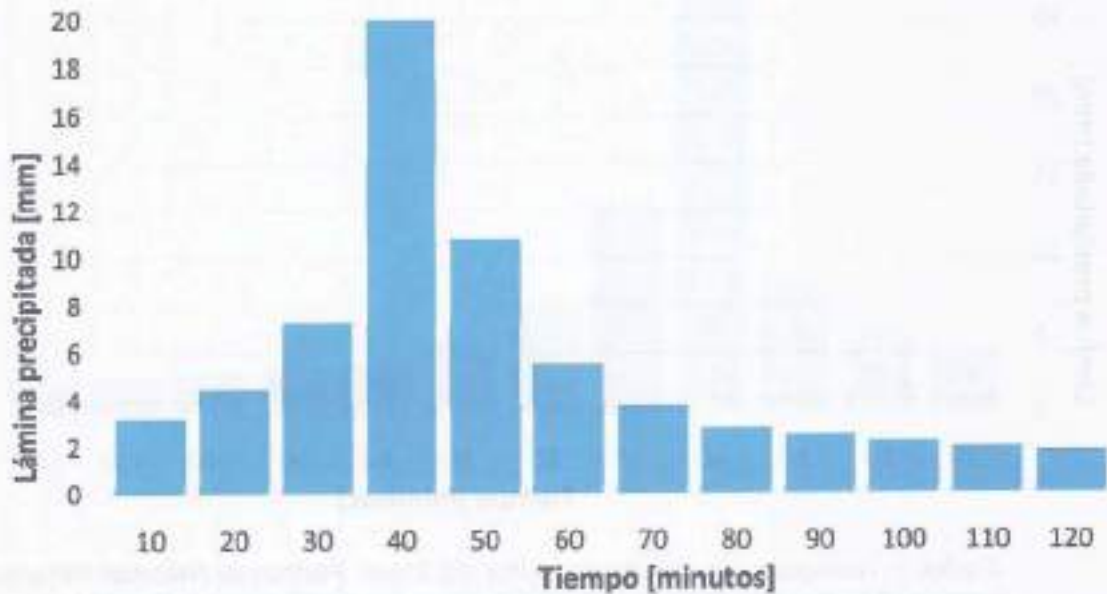


Gráfico 3 - Histograma de Diseño 2, Lámina: 71,18mm; Período de Retorno=25 años; duración=120 min, ubicación del pico $a=0,3$; Intervalos de 10 minutos; CoDA=1.

Tabla 8 - Histograma de Diseño 2, Lámina: 71,18mm; Período de Retorno=25 años; duración=120 min, ubicación del pico $a=0,3$; Intervalos de 10 minutos; CoDA=1.

Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Lámina Alternada (mm)	Lámina acumulada (mm)
10	147,43	3,22	24,57
20	106,23	4,49	35,41
30	85,46	7,32	42,73
40	72,44	20,57	48,29
50	63,33	10,84	52,78
60	56,53	5,56	56,53
70	51,22	3,75	59,75
80	46,93	2,82	62,57
90	43,38	2,50	65,07
100	40,38	2,24	67,30
110	37,82	2,03	69,33
120	35,59	1,85	71,18



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
 LOTE LAS QUINTAS

- Lluvia de Diseño 3= para la función complementaria, duración 120min; TR 10 años;

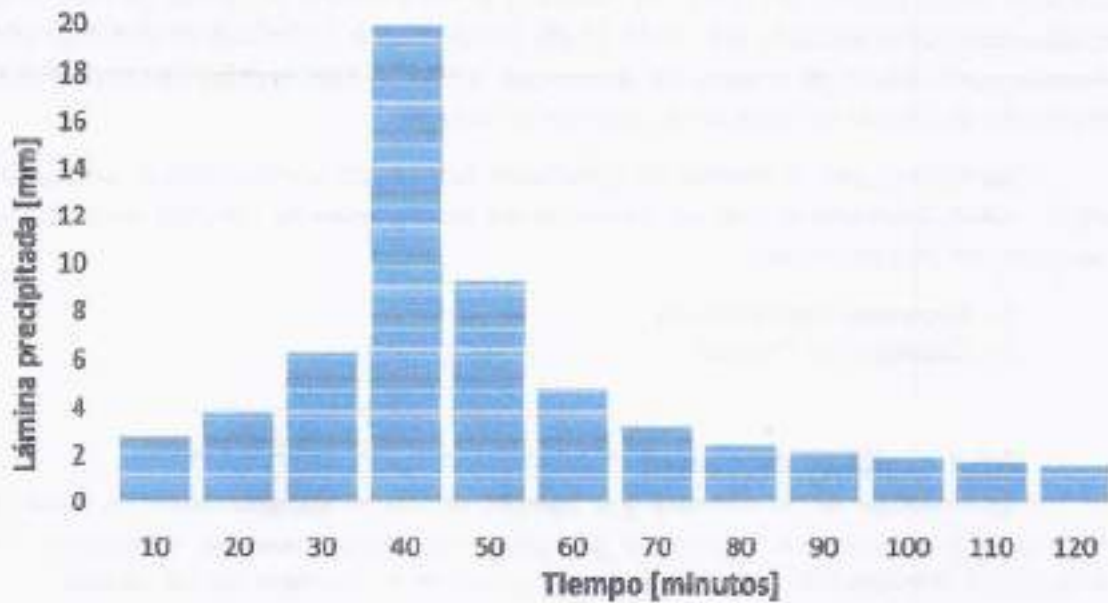


Gráfico 4 - Histograma de Diseño 3, Lámina: 61,34mm; Período de Retorno=10 años; duración=120 min, ubicación del pico $a=0,3$; Intervalos de 10 minutos; CoDA=1.

Tabla 9 - Histograma de Diseño 3, Lámina: 61,34mm; Período de Retorno=10 años; duración=120 min, ubicación del pico $a=0,3$; Intervalos de 10 minutos; CoDA=1.

Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Lámina Alternada (mm)	Lámina acumulada (mm)
10	127,06	2,78	21,18
20	91,54	3,87	30,51
30	73,65	6,31	36,82
40	62,43	21,18	41,62
50	54,58	9,34	45,48
60	48,72	4,79	48,72
70	44,14	3,23	51,49
80	40,44	2,43	53,92
90	37,38	2,15	56,07
100	34,80	1,93	58,00
110	32,59	1,75	59,75
120	30,67	1,59	61,34

MUNICIPALIDAD DE GENERAL CÁMERO
 Departamento Ejecutivo
 ALEJANDRA MARTÍNEZ
 SECRETARÍA DE OBRAS
 MUNICIPALIDAD DE GENERAL CÁMERO

MUTUA DE LAS COMUNIDADES
 JULIO C. BOITTA
 GERENTE

INGENIERO CIVIL
 N.º 15.153

3.5 ESTIMACIÓN DE CAUDALES E HIDROGRAMAS

En el presente trabajo se realizó un estudio hidrológico dirigido a determinar crecidas de proyecto. Para lo que se realizó el análisis a partir de lluvias de diseño, las cuales constituyen entradas que luego de ser procesadas por modelos de transformación lluvia-escorrimento y de tránsito de descargas, arrojaron hidrogramas de crecientes en los puntos de interés del sistema de cuencas en estudio.

Se ha utilizado el modelo de simulación hidrológica computacional denominado HEC – HMS, mediante el cual se obtuvieron los hidrogramas de crecidas en los puntos de interés en dos escenarios:

- 1- Escenario Natural Actual
- 2- Escenario de Proyecto

3.5.1 Software HEC-HMS

Este modelo es un software que permite simular la transformación de lluvias en escurrimiento a través de un sistema que integra diferentes métodos hidrológicos para encontrar la precipitación neta, transformarla en caudal y transitarla por los cauces.

El planteo del modelo consiste en esquematizar conceptualmente el sistema hidrológico en estudio, poniendo de manifiesto los procesos involucrados en el fenómeno de transformación lluvia-caudal mediante una simplificación de la realidad.

La ejecución de una simulación con el programa HEC-HMS requiere de las siguientes especificaciones:

- Modelo de cuenca (Basin Model), contiene parámetros y datos conectados para elementos hidrológicos.
- Modelo Meteorológico, consiste en datos meteorológicos en especial la precipitación y de la información requerida para procesarlos.
- Especificaciones de Control, con el cual se especifica información para efectuar la simulación.

Modelo de Cuenca

Con objeto de poder representar adecuadamente el comportamiento hidrológico de una determinada cuenca, es preciso, en primer lugar, llevar a cabo una representación esquemática de la misma, que refleje de la mejor manera posible, su morfología y las características de su red de drenaje. En dicha representación esquemática se utilizan generalmente diversos tipos de elementos, dentro de los cuales se desarrollan los procesos hidrológicos. En este sentido, el programa HEC-HMS incluye los siguientes elementos:

Sub-cuenca: Este tipo de elemento se caracteriza porque no recibe ningún flujo entrante y da lugar a un único flujo saliente, que es el que se genera en la sub-cuenca a partir de los datos meteorológicos, una vez descontadas las pérdidas de agua, transformado el exceso de precipitación en escorrentía superficial y añadido el flujo base. Se utiliza para representar cuencas vertientes de muy variado tamaño.



ALEJANDRA PISANI
SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. RUETA
GERENTE

Rafael Caballero
Exp. 10000 001
10/11/2000

Tramo de cauce: Se caracteriza porque recibe uno o varios flujos entrantes y da lugar a un solo flujo saliente. Los flujos entrantes, que provienen de otros elementos de la cuenca, tales como sub-cuencas u otros tramos de cauce, se suman antes de abordar el cálculo del flujo saliente. Este tipo de elementos se suele utilizar para representar tramos de ríos o arroyos en los que se produce el tránsito de un determinado hidrograma.

Embalse: Es un tipo de elemento que recibe uno o varios flujos entrantes, procedentes de otros elementos, y proporciona como resultado del cálculo un único flujo saliente. Se utiliza para poder representar fenómenos de laminación de avenidas en lagos y embalses.

Confluencia: Se caracteriza porque recibe uno o varios flujos entrantes y da lugar a un solo flujo saliente, con la particularidad de que el flujo saliente se obtiene directamente como suma de los flujos entrantes, considerando nula la variación del volumen almacenado en la misma. Permite representar la confluencia propiamente dicha de ríos o arroyos, aunque ello no es imprescindible, ya que los flujos entrantes pueden proceder también de sub-cuencas parciales.

Derivación: Este tipo de elemento se caracteriza porque da lugar a dos flujos salientes, principal y derivado, procedentes de uno o más flujos entrantes. Se puede utilizar para representar la existencia de vertederos laterales que derivan el agua hacia canales o zonas de almacenamiento separadas del cauce propiamente dicho.

Fuente: Junto con la sub-cuenca, es una de las dos maneras de generar caudal en el modelo de cuenca. Se suele utilizar para representar condiciones de contorno en el extremo de aguas arriba, y el caudal considerado puede proceder del resultado del cálculo efectuado en otras cuencas.

Sumidero: Recibe uno o varios flujos entrantes y no da lugar a ningún flujo saliente. Este tipo de elemento puede ser utilizado para representar el punto más bajo de una cuenca endorreica o el punto de desagüe final de la cuenca en cuestión.

La combinación de estos tipos de elementos, con las adecuadas conexiones entre ellos, constituye finalmente la representación esquemática de la cuenca total.

Modelo Meteorológico

Precipitación: por lo general la entrada a un sistema de cálculo es la precipitación ya sea de un evento histórico o uno hipotético con una probabilidad asociada.

Quantificación de las pérdidas de agua: contempla diferentes alternativas:

- Establecimiento de un umbral de precipitación, por debajo del cual no se produce escorrentía superficial, y una tasa constante de pérdidas por encima del citado umbral.
- Utilización del concepto de número de curva (CN), desarrollado por el U.S. Soil Conservation Service (SCS), teniendo en cuenta los usos del suelo, el tipo de suelo y el contenido de humedad previo al episodio lluvioso que se considera.
- Método de Green y Ampt, que tiene en cuenta, entre otros, aspectos tales como la permeabilidad del suelo y el déficit inicial de humedad del mismo.



ALEJANDRA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

MUTUN DE LAS COMUNIDADES
JULIO L. RIBOTTA
SECRETARÍA

24
5133

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS

- Modelo SMA (Soil Moisture Accounting), que permite simular el movimiento del agua a través del suelo y del subsuelo, su interceptación y almacenamiento en diferentes zonas, y el escurrimiento superficial del exceso.
- En cuanto a la evapotranspiración no se requiere de información cuando se simula eventos ya que este proceso se considera despreciable mientras ocurre una precipitación.

Determinación del hidrograma Unitario: El programa HEC-HMS contempla dos posibles alternativas, basadas en modelos de tipo empírico o conceptual, respectivamente.

Entre los modelos de tipo empírico, basados todos ellos, en mayor o menor medida, en el concepto de hidrograma unitario, propuesto originalmente por Sherman en 1932, el programa permite seleccionar uno de los siguientes:

- Hidrograma unitario definido por el usuario.
- Hidrograma sintético de Snyder.
- Hidrograma del Soil Conservation Service.
- Hidrograma de Clark (original y modificado).

Tránsito del hidrograma por el cauce: La agrupación de caudales de agua de diversa procedencia (superficial, etc.) en un punto de un cauce y su variación a lo largo del tiempo constituye un hidrograma. El discurrir de estos caudales hacia aguas abajo, a lo largo de un determinado tramo de cauce, da lugar a un nuevo hidrograma en el extremo de aguas abajo del mismo. El programa permite escoger entre los siguientes modelos a la hora de tratar de representar la transformación que experimenta la onda de crecida entre el inicio y final de un tramo de cauce:

- Lag.
- Puls modificado.
- Muskingum.
- Muskingum-Cunge.
- Onda cinemática

Control del Modelo

Además de establecer un modelo de cuenca y un modelo meteorológico, es preciso definir, previamente a la ejecución del programa un conjunto de variables de control:

- Fecha y hora del comienzo del periodo de tiempo que se pretende analizar.
- Fecha y hora del final del periodo de tiempo que se pretende analizar.
- Incremento de tiempo de cálculo.

Es importante resaltar que esta estructuración del programa en tres bloques independientes es muy versátil, ya que permite representar diferentes situaciones de manera muy sencilla, sin más que realizar modificaciones en alguno de los bloques. Así, por ejemplo, se pueden tener diferentes modelos de cuenca, con distintos valores de parámetros, o modelos meteorológicos, correspondientes a distintas lluvias, o bien



Alejandra Pisani
ALEJANDRA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA

Julio C. Ribotta
MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. RIBOTTA
GERENTE

[Signature]
Instituto Geográfico
Instituto Civil
2019198

conjuntos de variables de control, con distintos períodos de tiempo o incrementos de tiempo de cálculo, todos susceptibles de ser combinados entre sí.

Con respecto al tiempo de cálculo, su valor está definido por el usuario y determina la resolución del modelo, es decir, el intervalo de tiempo en el que se proporcionan los resultados correspondientes a una determinada ejecución.

Aunque el rango de valores posibles se sitúa, en principio, entre 1 minuto y 24 horas, pueden existir restricciones directas o indirectas, en función del modelo concreto que se considere en la representación de algunos de los procesos.

La utilización del modelo de Muskingum para representar el tránsito de hidrogramas a lo largo de tramos de cauce introduce una restricción de tipo indirecto, en relación con el incremento de tiempo de cálculo. En este caso, con objeto de garantizar la precisión y la estabilidad de la solución, se recomienda dividir la longitud total del tramo de cauce considerado en una serie de sub-tramos, de manera que la longitud de cada uno coincida aproximadamente con la distancia recorrida por el flujo durante el incremento de tiempo de cálculo.

3.5.2 Modelación sobre Escenario Actual

Con la modelación se busca cuantificar los caudales erogados en el emisario final, siendo éste la cuneta Sur de la avenida Circunvalación S la cual limita al Norte del área en estudio. Se considera como sección de control la ubicada a 50 metros aguas abajo del extremo Noreste de la subcuenca C2, indicado con un punto rojo en la Figura 4.

En la elaboración del modelo se tuvieron en cuenta las siguientes premisas:

- Las características fisiográficas e hidricas son las descritas en el punto 3.2.1
- Pérdidas estimadas con el método de curva número del SCS
- Transformación lluvia-caudal mediante el método del hidrograma unitario del SCS. Los tiempos de concentración de las cuencas responden al método SCS.
- El modelo hidrológico mostrado en la Figura 7 responde a las reglas de funcionamiento enunciadas en el punto 3.2.
- Las lluvias de diseño ocurren simultáneamente en todas las Subcuencas.
- El punto de interés a la salida del sistema ubicado 50m aguas debajo de la descarga de la subcuenca C2 se identifica con el elemento "FIN".



Figura 7 – Esquema de Modelo Hidrológico – Escenario Actual.



ANDREA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CARRERA

MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. BOGOTA
GERENTE

Fabrizio Colombo
Ingeniero Civil
N.º P. 153

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS

El modelo mostrado se simuló con las seis lluvias de diseño de TR 100, 25 y 10 años, y duraciones de 60 y 120 minutos, arrojando resultados más desfavorables las tres lluvias de 120 minutos de duración. La simulación se realizó durante un periodo de 24 horas.

Los resultados de caudales pico para las diferentes lluvias de 120min de duración por ser la más desfavorable, se muestran en formato de tabla a continuación, valores que se intentarán conservar luego de la impermeabilización que implica el desarrollo del mismo, mediante la ejecución de lagunas de retardo

Tabla 10 – Caudales correspondientes a la sección de control – Escenario Actual.

Lluvia	Q (m3/s)
10 años - 120min	0,51
25 años - 120min	0,76
100 años - 120min	0,96

3.5.3 Modelación sobre Escenario de Proyecto

De igual forma que en el apartado anterior, se busca cuantificar los caudales erogados por el área de estudio bajo las condiciones futuras del uso del suelo y así poder evaluar la situación.

En la Figura 8 se muestra el esquema del modelo, el cual cuenta con tres cuencas, respecto del escenario actual, la subcuenca C2 se dividió en 2 donde la C-Loteo corresponde al área del futuro loteo. En la elaboración del modelo se tuvieron en cuenta las mismas premisas que en caso anterior. En la Figura 8 se muestra el modelo utilizado para el estudio hidrológico.



Figura 8 - Esquema de Modelo Hidrológico – Escenario Futuro.

El modelo mostrado se simuló con las seis lluvias de diseño de TR 100, 25 y 10 años, y duraciones de 60 y 120 minutos, arrojando resultados más desfavorables las tres lluvias de 120 minutos de duración. La simulación se realizó durante un periodo de 24 horas.

Los resultados de caudales pico para las diferentes lluvias de 120min de duración, por ser la más desfavorable, se muestran en formato de tabla a continuación.



ALEXANDRA PISANI
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL GUTIERREZ

MUTUALIDAD DE COMUNIDADES
JULIO BOITTA
GERENTE

Fabrizio Lombardi
Ingeniero Civil
M.P. 0133
27

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
LOTEO LAS QUINTAS

Tabla 11 - Caudales correspondientes a la sección de control - Escenario Futuro.

Lluvia	Q (m ³ /s)
10 años - 120min	0,68
25 años - 120min	0,98
100 años - 120min	1,25



MUTUAL DE LAS COMUNIDADES
JULIO C. RIBOTTA
GERENTE

Francisco Lombardo
Ingeniero Civil
M.P. 6153

3.6 DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN


Como se puede observar los valores de caudal aumentan para el escenario de proyecto para todas las lluvias analizadas. Esto es producto de que el desarrollo del loteo aumenta la impermeabilidad de la superficie, lo que conlleva a un incremento de la velocidad y la cantidad de agua escurrida. La variación en el caudal pico para todas las lluvias representa un incremento del 130% respecto del escenario actual.


A fin de evitar que el loteo aporte escorrentía a los terrenos colindantes y minimizar el impacto que produce el aumento del área impermeable por el desarrollo del loteo, se proyecta conducir las aguas en forma superficial mediante cordones cuneta respetando en forma general la superficie natural hacia una zona baja del loteo ubicada al Noreste del mismo, donde se emplazará una laguna de retención. La misma mediante las estructuras de entrada y salida regulará los caudales erogados de forma de no superar los valores bajo las condiciones actuales.

El diseño de las estructuras mencionadas tanto de conducción como de retardo y control, se diseñaron de una forma integral y bajo un análisis global mediante el software SWMM (Storm Water Management Model) desarrollado en el estudio hidráulico.




ALEJANDRA PISANI
SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPALIDAD DE GENERAL CABRERA


MULIAN DELAS CORCHULES
JULIO C. RIBOTTA
GERENTE


Fabricio Colombari
Ingeniero Civil
M. P. 5153

4 ESTUDIO HIDRÁULICO

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

En esta etapa se analizó el comportamiento hidrológico e hidráulico de la cuenca en la cual se encuentra el loteo considerándola ya urbanizada y de forma integral con las cuencas externas. Siendo el objetivo el diseño y verificación de obras hidráulicas de manera que cumplan con el grado de influencia determinado en el estudio hidrológico. Las obras fueron secciones de calles, cordón cuneta, laguna de retardo y estructuras de ingreso y salida de la misma.

4.2 SISTEMA VIAL PROPUESTO

El loteo estará compuesto por calles y avenidas. A continuación se muestran las tipologías de vías y se describen las mismas. (ver Figura 9).

Tipología A (color amarillo)

- Correspondiente a calles A, 1 y 3
- Ancho de calle 16,40m
- Ancho de calzada de 10,40m
- Veredas de 3,00m de ancho
- Escurrimiento superficial mediante cordón cuneta.

Tipología B (color rojo)

- Correspondiente a calles C y 4
- Ancho de calle 14,40m
- Ancho de calzada de 8,40m
- Veredas de 3,00m de ancho
- Escurrimiento superficial mediante cordón cuneta.

Tipología C (color celeste)

- Correspondiente a calles B y 2
- Avenidas con doble carril de circulación con una isleta en el medio de ancho variable. Con ancho de calle variable entre 14,40m y 30,0m
- Ancho de calzada de 8,40m
- Veredas de 3,00m de ancho
- Escurrimiento superficial mediante cordón cuneta.

Todas las tipologías serán de calzada de ripio, con cordón cuneta, apoyados sobre subrasante compactada. Los detalles de las tipologías de calles se pueden observar en los planos.

