

**BERTERO, FACUNDO**  
**HORVAT, NICOLÁS**

---

**Estudio hidrológico, red de  
agua potable y red colectora  
de líquidos cloacales para  
una urbanización**

**Tesis para la obtención del título de  
grado de Ingeniero Civil**

Director: Fontana, Marcos

Documento disponible para su consulta y descarga en Biblioteca Digital - Producción Académica, repositorio institucional de la Universidad Católica de Córdoba, gestionado por el Sistema de Bibliotecas de la UCC.

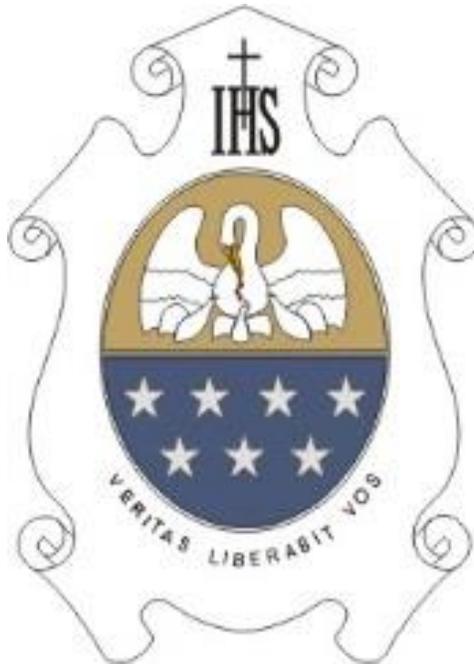


[Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.](#)

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### INGENIERÍA CIVIL



## TRABAJO FINAL

### ESTUDIO HIDROLÓGICO, RED DE AGUA POTABLE Y RED COLECTORA DE LÍQUIDOS CLOACALES PARA UNA URBANIZACIÓN

BERTERO, FACUNDO

HORVAT, NICOLÁS

AÑO 2015



## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Palabras Clave:</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Key Words:</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
6.1	<b>OBJETIVOS GENERALES:</b> .....	<b>10</b>
6.2	<b>OBJETIVOS PARTICULARES:</b> .....	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL ENTORNO</b> .....	<b>11</b>
7.1	<b>UBICACIÓN</b> .....	<b>11</b>
7.2	<b>HIDROLOGÍA</b> .....	<b>13</b>
7.3	<b>VÍAS DE COMUNICACIÓN</b> .....	<b>14</b>
7.4	<b>POBLACIÓN</b> .....	<b>15</b>
7.5	<b>Uso de Suelo</b> .....	<b>15</b>
7.6	<b>ASPECTOS FÍSICOS</b> .....	<b>15</b>
7.6.1	Geografía y topografía .....	<b>15</b>
7.6.2	Condiciones climáticas .....	<b>16</b>
7.6.3	Sismicidad .....	<b>17</b>
7.6.4	Flora .....	<b>18</b>
7.6.5	Fauna .....	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
8.1	<b>8.1. Urbanizaciones</b> .....	<b>20</b>
8.2	<b>Precipitaciones</b> .....	<b>21</b>
8.3	<b>Variabilidad de la precipitación</b> .....	<b>23</b>
8.4	<b>Lluvia</b> .....	<b>23</b>
8.5	<b>Lluvia sobre un área</b> .....	<b>24</b>
8.6	<b>Evaporación</b> .....	<b>25</b>
8.7	<b>Evapotranspiración</b> .....	<b>25</b>
8.8	<b>Infiltración</b> .....	<b>26</b>
8.9	<b>Hidrograma de Caudal</b> .....	<b>27</b>

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 2 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



8.10	Hidrograma anual .....	27
8.11	Hidrograma de tormenta.....	29
8.12	Hidrograma Unitario .....	30
8.13	Hidrograma adimensional SCS.....	32
8.14	Hidrogramas unitarios para diferentes duraciones de lluvia .....	33
8.15	Hidrograma unitario instantáneo.....	33
9	CUENCAS .....	35
9.1	tipos de cuencas .....	35
10	Tipo y uso de Suelo.....	35
11	LAGUNAS DE RETENCIÓN .....	38
11.1	Descripción.....	38
11.2	Ventajas e inconvenientes.....	39
11.3	Procedimiento de diseño.....	39
11.4	Factibilidad:.....	39
11.5	Legislaciones vigentes .....	40
11.5.1	Introducción .....	40
11.5.2	Ley Provincial N° 4146 .....	40
11.5.3	Ley Provincial N° 5735 .....	42
11.5.4	Ordenanza Municipal de Alta Gracia N° 9257 .....	42
11.6	Dimensionamiento. ....	43
11.7	Hidrología.....	43
11.8	Terreno.....	43
11.9	Volumen de la laguna.....	44
11.10	Descarga. ....	44
11.11	Verificación de los volúmenes de almacenamiento .....	44
11.12	Diseño de detalle. ....	44
11.13	Condiciones Generales. ....	44
11.14	Dimensionamiento.....	45
11.15	Geometría de la laguna. ....	48
11.15.1	Diseño en dos niveles .....	48
11.15.2	Usos múltiples. ....	48
11.15.3	Área aportante y coeficientes de escurrimiento.....	49
11.15.4	Tiempo de concentración. ....	49
11.15.5	Lluvias de diseño.....	49

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 3 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



11.15.6	Interpretación de los datos de lluvia .....	50
11.15.7	Crecidas de diseño .....	51
11.15.8	Caudal máximo de descarga .....	51
11.15.9	Construcción.....	51
11.15.10	Preparación del terreno.....	52
11.15.11	Estudios y análisis de suelos .....	52
11.15.12	Reconocimiento del sitio .....	53
11.15.13	Ensayos de laboratorio .....	53
11.15.14	Excavaciones y movimientos de tierra.....	54
11.15.15	Mantenimiento .....	55
<b>12</b>	<b>DETALLES DEL LOTEO .....</b>	<b>57</b>
12.1	CANTIDAD DE MANZANAS, LOTES, DIMENSIONES DE LOTES.....	57
<b>13</b>	<b>HIDROLOGÍA: .....</b>	<b>58</b>
13.1	Memoria Descriptiva.....	58
13.2	CARACTERIZACIÓN FISOGRÁFICA DE CUENCAS DE APORTE .....	59
13.2.1	CUENCAS DE APORTE A LA ALCANTARILLA .....	59
13.3	CUENCAS DE APORTE INTERNAS DEL LOTEO .....	63
13.4	CUENCAS DE APORTE LOTEO URBANIZADO .....	65
13.5	DETERMINACIÓN DE LLUVIA DE DISEÑO .....	65
13.6	MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE CUENCAS – ESTADO ACTUAL.....	70
13.6.1	Modelo computacional utilizado .....	70
13.6.2	Modelación Hidrológica Cuencas Externas – Estado Actual .....	74
13.7	SITUACION EXTERNA AL LOTEO .....	77
13.8	Ubicación de las cunetas: .....	77
13.9	Detalle de las lagunas.....	78
13.10	MODELACIÓN HIDROLÓGICA CUENCAS INTERNAS – ESTADO ACTUAL.....	81
13.11	RESULTADOS MODELACIÓN HIDROLÓGICA EXTERNAS MÁS INTERNAS .....	88
13.12	MODELACIÓN HIDROLÓGICA CUENCAS INTERNAS – ESTADO FUTURO .....	91
13.12.2	Modelación hidrológica de cuencas internas con loteo desarrollado.....	95
13.12.3	Análisis de estado futuro: obras de conducción y atenuación propuestas .....	97
13.12.4	11.6.4. Obra de conducción de agua excedente de cuencas externas al loteo....	103
13.12.5	Lagunas de detención temporal .....	105
13.13	Comparación de resultados para los tres escenarios.....	108
13.13.1	Comparación de los escenarios sin la cuenca externa .....	108

Elaboró:	Bertero - Horvat	Código:	TRABAJO FINAL 2015	
Revisó:	Fontana - Ganancias	Emisión:	03 de Diciembre 2015	
Autorizó:	Fontana - Ganancias	Revisión:	01	Página 4 de 155
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>				



13.13.2	Comparación de los escenarios con la cuenca externa.....	109
<b>13.14</b>	<b>Verificación hidráulica de calles del loteo.....</b>	<b>111</b>
<b>13.15</b>	<b>Verificación de canales dentro del loteo.....</b>	<b>112</b>
<b>13.16</b>	<b>Obras del proyecto – especificaciones técnicas.....</b>	<b>113</b>
13.16.1	Descripción de las obras hidráulicas .....	113
<b>13.17</b>	<b>Computo y presupuesto de hidrología .....</b>	<b>115</b>
<b>14</b>	<b>AGUA POTABLE .....</b>	<b>119</b>
<b>14.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>119</b>
<b>14.2</b>	<b>La distribución de agua .....</b>	<b>120</b>
<b>14.3</b>	<b>Cálculo hidráulico de las conducciones .....</b>	<b>123</b>
<b>14.4</b>	<b>Parámetros de diseño de la red de distribución.....</b>	<b>123</b>
<b>14.5</b>	<b>Cálculo del caudal .....</b>	<b>126</b>
14.5.1	Pérdida de energía.....	127
14.5.2	Dimensionamiento .....	128
<b>14.6</b>	<b>DESARROLLO .....</b>	<b>128</b>
<b>14.7</b>	<b>Población y dotación:.....</b>	<b>129</b>
<b>14.8</b>	<b>Calculo de Consumos .....</b>	<b>129</b>
<b>14.9</b>	<b>CÁLCULO DE LA RESERVA (Cisterna).....</b>	<b>135</b>
<b>14.10</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>136</b>
<b>14.11</b>	<b>MODELO UTILIZADO PARA EL CÁLCULO .....</b>	<b>137</b>
<b>14.12</b>	<b>Unión de cañerías.....</b>	<b>137</b>
<b>14.13</b>	<b>Computo de Materiales y Presupuesto.....</b>	<b>139</b>
<b>15</b>	<b>REDES COLECTORAS .....</b>	<b>140</b>
<b>15.1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>140</b>
<b>15.2</b>	<b>Características generales de LOS efluentes DEL EMPRENDIMIENTO .....</b>	<b>140</b>
<b>15.3</b>	<b>Descripción del cuerpo receptor .....</b>	<b>143</b>
<b>15.4</b>	<b>Proyecto red cloacal.....</b>	<b>143</b>
15.4.1	Criterios de diseño.....	143
<b>15.5</b>	<b>Computo y presupuesto .....</b>	<b>150</b>
<b>15.6</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>151</b>
<b>16</b>	<b>Matriz de Leopold .....</b>	<b>152</b>
<b>17</b>	<b>Resumen y conclusiones.....</b>	<b>152</b>
<b>18</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>153</b>

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 5 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



---

<b>19</b>	<b>PLANOS .....</b>	<b>154</b>
-----------	---------------------	------------

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 6 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 1 RESUMEN

El presente Trabajo Final se realizó con el fin de estudiar y diseñar tres etapas fundamentales en el marco del proyecto de una urbanización al norte de la ciudad de Alta Gracia, provincia de Córdoba, Argentina, a la vera de la Ruta Provincial C 45, que comunica dicha ciudad con la localidad de Falda del Carmen.

Dentro de los alcances del mismo se abarcó el estudio hidrológico, la red de agua potable y la red colectora de líquidos cloacales.

Se estudió de manera exhaustiva el compartimiento y las condiciones hidrológicas del emplazamiento, tanto en estado actual (previo urbanizar) como así también en estado futuro (post urbanización). A su vez, se diseñó el conjunto de obras hidráulicas tendientes a atenuar el impacto del emprendimiento, con el respectivos cómputo y presupuesto.

Se diseñó la red de agua potable y la red colectora líquidos cloacales, ajustando el dimensionado de las mismas a las normas ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento).

## 2 PALABRAS CLAVE:

Cuenca – Análisis estadístico – Hidrología – Infiltración - Loteo.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 7 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### 3 ABSTRACT

This final work was performed with the purpose of studying and designing three key stages in the project of an urbanization north of the town of Alta Garcia, Córdoba, Argentina, on the banks of the Provincial Route C 45, connects that city with the town of Falda del Carmen.

Within the scope of the same hydrological study, the drinking water and sewage collection network was covered.

Exhaustively he studied the magazine and hydrological conditions of the site, both in current state (prior urbanize) as well as in future state (post urbanization). In turn, the whole designed to mitigate the impact of the venture, with the respective counting and budget waterworks was designed.

The drinking water and sewage collection system was designed, adjusting sizing them to ENOHSA (National Agency of Water and Sanitation Works) standards.

### 4 KEY WORDS:

Cuenca - Statistical analysis - Hydrology - Infiltration - Allotment

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 8 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 5 INTRODUCCIÓN

Todas las obras de Ingeniería nacen con el surgimiento de una idea de proyecto precursora, sin embargo, rara vez dichas ideas se mantienen inmaculadas o invariables. A partir de ellas, el siguiente paso consiste en realizar un anteproyecto que permita establecer ciertos parámetros económicos y técnicos que permitan tomar la decisión de desarrollar, o no, la idea original.

En un contexto general, un anteproyecto puede definirse como: *“una tarea que pretende describir los recursos o los medios físicos indispensables para que un emprendimiento se desarrolle de manera normal, esto con el objeto de lograr poder contar con el presupuesto adecuado para procurarse los mismos.”* Esta definición presentada por Sabino (1994), destaca que es necesario organizar nuestras ideas, definir metas claras y elaborar un programa de trabajo antes de emprender una acción que puede resultar dilatada en el tiempo y en el espacio.

El presente Trabajo Final, apunta al Estudio Hidrológico, Hidráulico y Estructural para el diseño, a nivel de anteproyecto avanzado, de un puente carretero en la Ruta Provincial C-45 sobre el Arroyo Falda del Carmen, en la provincia de Córdoba.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 9 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 6 OBJETIVOS

### 6.1 OBJETIVOS GENERALES:

- Desarrollar, a nivel de anteproyecto avanzado, el estudio hidrológico, hidráulico y estructural necesario para el diseño de un puente carretero.
- Vincular y aplicar los conocimientos adquiridos durante el cursado de diversas materias de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Córdoba.

### 6.2 OBJETIVOS PARTICULARES:

- Profundizar y aplicar los conocimientos adquiridos en las materias de Hidráulica I y II.
- Profundizar y aplicar los conocimientos adquiridos en las Materias de Cálculo I y II.
- Trabajar de manera interdisciplinaria entre ambas ramas de la Ingeniería Civil.
- Recopilar, analizar y aplicar los reglamentos vigentes a nivel Nacional para el diseño de puentes vehiculares.
- Adquirir y aplicar programas computacionales de Hidrología (HEC HMS), Hidráulica (HEC RAS) y Estructuras (RAM-Advance)
- Realizar de manera integral, el Proyecto completo de una obra de Ingeniería.
- Completar los requisitos necesarios para culminar con la Carrera de Ingeniería Civil.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 10 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 7 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL ENTORNO

### 7.1 UBICACIÓN

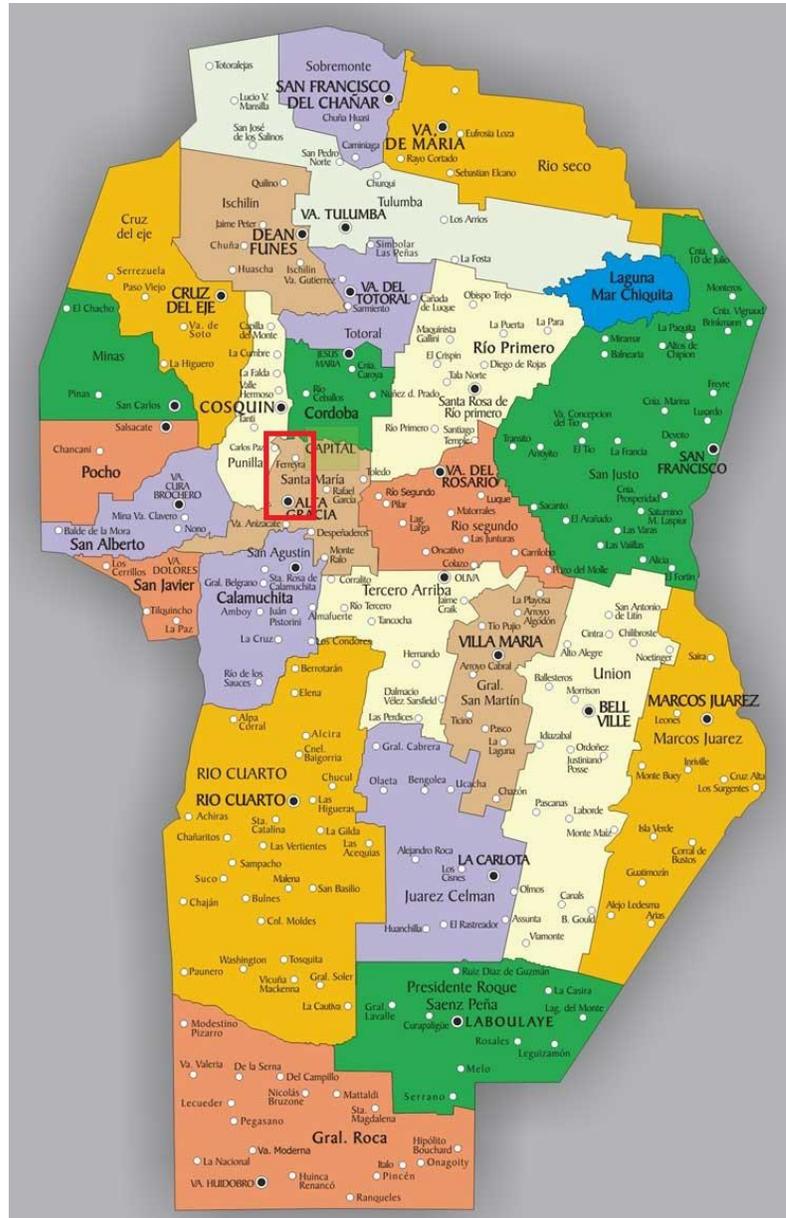
En la provincia de Córdoba.



<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 11 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



En el departamento de Santa María.



<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 12 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



El predio se encuentra a 3,5 km al norte de la Ciudad de Alta Gracías, yendo por la ruta 45, con una superficie de 14ha. Sus coordenadas son 31°37'05,83" de la Latitud Sur y 64°26'15,63" de Longitud Oeste. La altura sobre el nivel del mar es de aproximadamente unos 601 m.

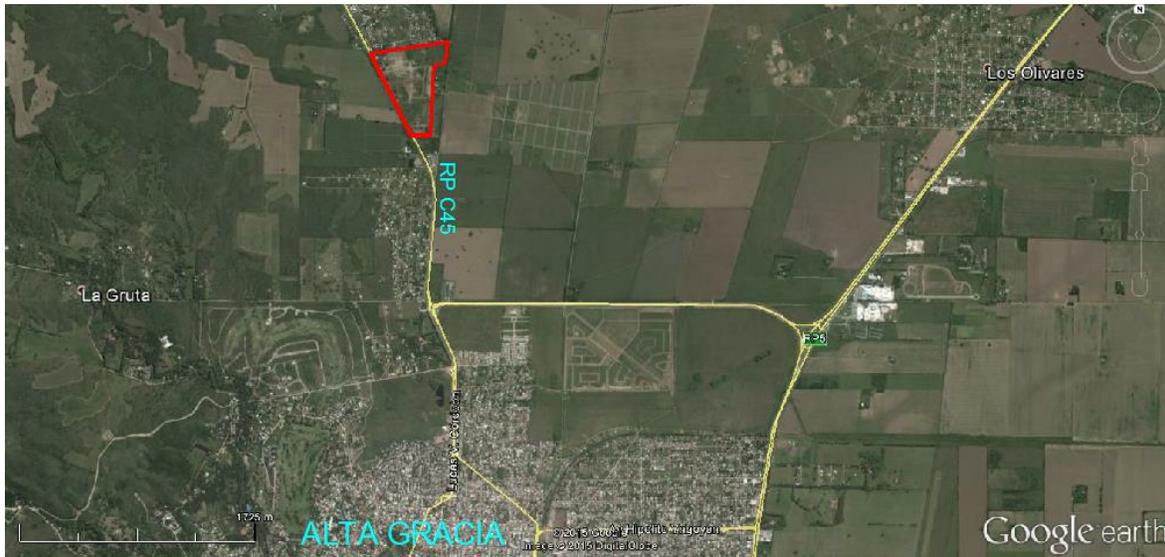


FIGURA 1

El predio se encuentra delimitado al Norte por el barrio Valle Alegre, al Sur por Pozo del Tala, al Oeste por la ruta provincial 45 y al este por un campo.

## 7.2 HIDROLOGÍA

La Provincia de Córdoba se caracteriza por su abundante cantidad de arroyos, vertientes, ríos, lagunas y embalses. Desde el punto de vista hidrográfico, las cuencas de la Provincia de Córdoba son cuencas sedimentarias con drenaje al Mar Atlántico, a través del Río Paraná y el Río de la Plata, o cuencas que no drenan al mar, sino que desaguan a lagunas, la más importante es la inmensa laguna salada de Mar Chiquita.

Los ríos más destacados nacen en las Sierras Grandes y de Comechingones siendo de norte a sur los siguientes: Río Suquía (o Primero), Río Xanaes (o Segundo), Río Calamochita (o Tercero), Río Chocancharava (o Cuarto) y río Popopis (o Quinto), que nace en las sierras de San Luis y

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 13 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



recorre la provincia en dirección oeste-este. Estos ríos y sus afluentes presentan máximos caudales durante el verano, con crecidas violentas e inesperadas tras las lluvias.

### 7.3 VÍAS DE COMUNICACIÓN

El loteo se encuentra ubicado a 3,5 km de la localidad de Alta Gracia, se accede por la Ruta Provincial N°45. Esta vincula la localidad de Río Segundo con Alta Gracia, Villa Carlos Paz y sirve de enlace con otras importantes rutas que llevan a los valles de Punilla, Calamuchita, Paravachasca y Traslasierra. Posee una extensión de 73,7km.

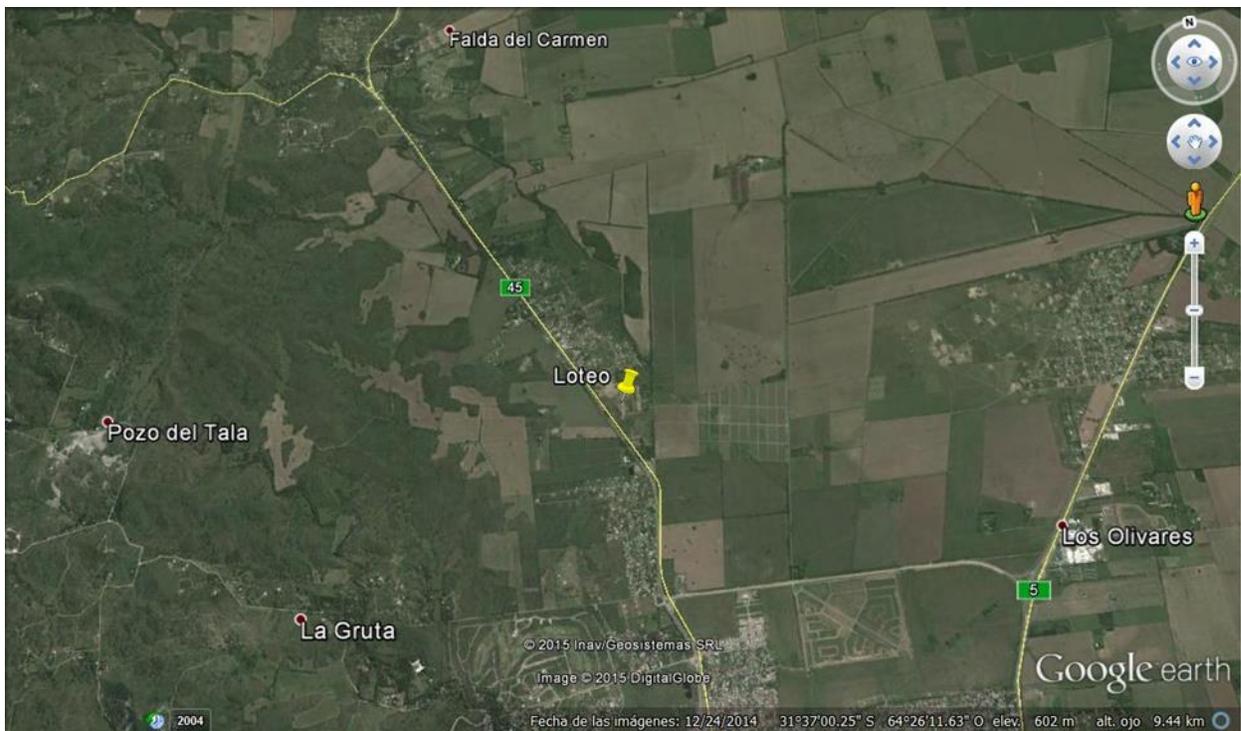


Figura 2

A modo de referencia se enumeran algunas ciudades y su forma de llegar hasta el loteo:

- Desde el Sur, por Río Cuarto, tomando la Ruta Nacional N° 36. Al llegar a la localidad de Alta Gracia se sigue por la ruta N°45 donde se llega al loteo.
- Desde Villa María por la Ruta Nacional N° 9 tomando luego la Ruta Nacional N° 36 y por la Ruta Nacional 20-C-45.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 14 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



- Desde Córdoba Capital, por la Autovía Ruta Provincial Nº 5 (alrededor de 36 km), por Ruta Provincial Nº 36 y por Ruta Nacional 20-C-45.
- Desde Carlos Paz transitando por autopista hacia Córdoba, hasta la salida por la Ruta C-45.
- Desde Mina Clavero, pasando por El Cóndor, El Observatorio Astronómico Bosque Alegre hasta la localidad de Falda del Carmen, luego por la Ruta C-45.

## 7.4 POBLACIÓN

De acuerdo al Censo Nacional de la población realizado por el INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en el año 2012, la ciudad de Alta Gracia cuenta con una población de 48335 personas.

## 7.5 USO DE SUELO

De acuerdo a las leyes y normativas sobre el Impacto Ambiental, el loteo en estudio se ve afectado por la Ley Nº 25.675: Los arts. 11 a 13 (Ley general del ambiente). Estos prevén la obligación de realizar un procedimiento de evaluación de impacto ambiental previo a la ejecución de toda obra o actividad que en el territorio de la Nación sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población en forma significativa.

## 7.6 ASPECTOS FÍSICOS

### 7.6.1 Geografía y topografía.

Según la página web de la Provincia de Córdoba, la geografía del departamento Santa María presenta hacia el oeste un ambiente serrano en el cual se halla el cordón montañoso de las Sierras Chicas y aún más hacia el oeste el cordón montañoso de las Altas Cumbres, cuyo punto máximo es el cerro de la Ventana con 2.410 m sobre el nivel del mar (msnm). En esta zona se encuentra un significativo sistema de drenaje que incluye -en el extremo sur de este departamento- a la espectacular Quebrada del Yatán, cuyos.

A excepción de la parte oeste, donde hay sierras y se destaca el Valle de Paravachasca, el resto del territorio es todo una hermosa y fertilísima penillanura cubierta principalmente por praderas, pasturas y sembradíos. El departamento está regado por los Ríos Anisacate, San José, Segundo o Xanaes y Del Medio; y algunos arroyos que nacen en sus sierras cercanas.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 15 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 7.6.2 Condiciones climáticas

El clima de la región ha sido considerado como uno de los más saludables por presentar condiciones ambientales de extraordinaria bondad, sobre todo en los meses de invierno con gran exposición solar, sequedad del aire, poca nubosidad y escasez de lluvias, todo ello debido a la situación geográfica mediterránea, a su altitud y a la barrera montañosa que a la vez de impedir la acción de los vientos del oeste condiciona las variaciones de la temperatura y la distribución de las lluvias. En la zona las estaciones se suceden paulatinamente sin presentar a pesar de la situación mediterránea marcadas diferencias entre ellas. La temperatura máxima media anual es de 25,2 °C y la mínima media anual es de 12,1 °C. La presión barométrica normal es de 960 hPa. Esta región es normalmente un centro ciclónico de baja presión aspirador de vientos, siendo al más predominante el norte, caliente y seco, soplando normalmente con cielo sereno y marcando considerablemente descenso barométrico, el viento sur viene acompañado de altas presiones barométricas, temperaturas bajas, acentuada humedad y notable nubosidad.

La humedad atmosférica es poco frecuente en estas regiones, siendo la humedad relativa anual del 62%, razón por la cual la nubosidad es ínfima. En la zona la distribución de las precipitaciones es muy irregular, siendo comunes las sequías prolongadas que perjudican en gran medida el desarrollo del agro de la región, generalmente la época de lluvias es de los meses de octubre a marzo culminando en el mes de diciembre, la época menos lluviosa es la comprendida entre los meses de abril a septiembre siendo por lo común el más seco el mes de agosto, en la ciudad la precipitación media anual es de 720 mm.

Finalmente, ateniéndonos a los fenómenos meteorológicos ya vistos y a la clasificación general del clima en la región predomina ampliamente el clima templado continental moderado.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 16 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

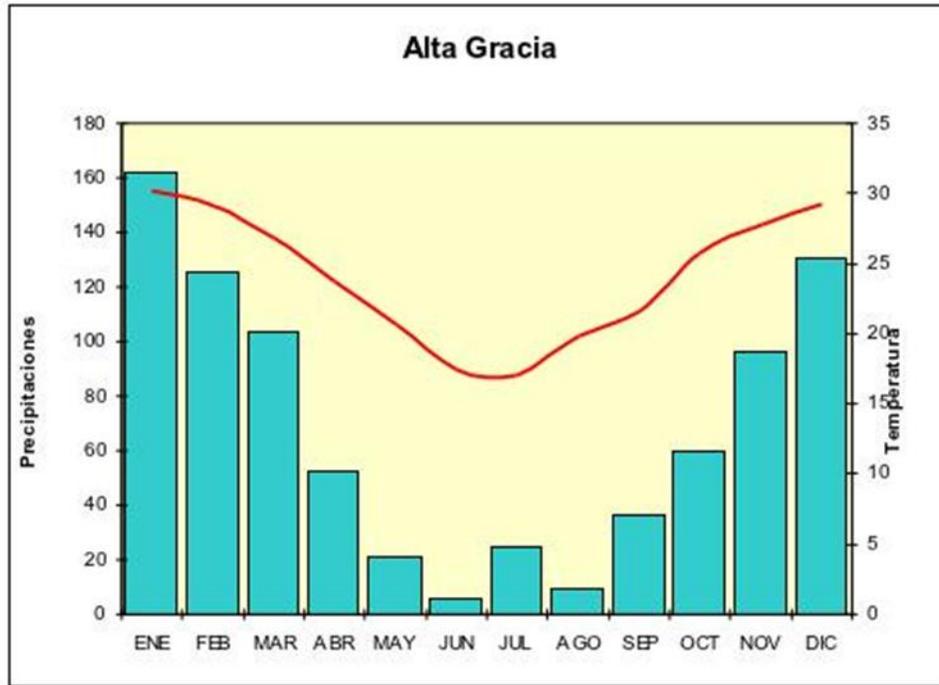


GRAFICO 1

Parámetros climáticos promedio de													[ocultar]
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima media (°C)	31	30	28	25	22	19	19	21	23	26	28	30	25.2
Temperatura mínima media (°C)	18	17	16	12	9	6	6	7	9	13	15	17	12.1
Precipitación total (mm)	122	99	109	53	18	13	13	10	33	66	96	137	769

GRAFICO 2

### 7.6.3 Sismicidad.

La sismicidad de la región de Córdoba es frecuente y de intensidad baja, y un silencio sísmico de terremotos medios a graves cada 30 años en áreas aleatorias. Sus últimas expresiones se produjeron:

- 22 de septiembre de 1908, a las 17.00 UTC-3, con 6,5 Richter, escala de Mercalli VII; ubicación 30°30'0"S 64°30'0"O; profundidad: 100 km; produjo daños en Deán

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 17 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Funes, Cruz del Eje y Soto, provincia de Córdoba, y en el sur de las provincias de Santiago del Estero, La Rioja y Catamarca.

- 16 de enero de 1947, a las 2.37 UTC-3, con una magnitud aproximadamente de 5,5 en la escala de Richter (terremoto de Córdoba de 1947).
- 28 de marzo de 1955, a las 6.20 UTC-3 con 6,9 Richter: además de la gravedad física del fenómeno se unió el desconocimiento absoluto de la población a estos eventos recurrentes (terremoto de Villa Giardino de 1955).
- 7 de septiembre de 2004, a las 8.53 UTC-3 con 4,1 Richter.
- 25 de diciembre de 2009, a las 21.42 UTC-3 con 4,0 Richter.
- 11 de septiembre de 2013, a las 22.42 UTC-3 con 4.2 Richter.

#### 7.6.4 Flora.

La flora autóctona de la zona corresponde a la Región Neotropical, Distrito Chaqueño, con la formación del Bosque Serrano que se extiende al oeste como una extensa faja que ocupa el faldeo frondoso y exuberante, y otras en el bajo y achaparrado llegando a desaparecer en partes siendo reemplazado por faldeos rocosos y pelados poblados de gramíneas, carquejas y líquenes.

En la formación boscosa los árboles dominantes son: los cocos, que crecen primero en grupos aislados para continuar en bosques en las laderas y valles; los molles que crecen a mayor altura para disminuir diseminados en los montes y matorrales al igual que los talas, quebrachos, garabatos, romerillos y guayacanes; es muy notable en los faldeos de las sierras, entre medio de los grandes árboles que cubren, los bosques de tabaquillo, las matas de peperina, tomillo, vira-vira, zarzaparrilla y ruda, las alfombras de musgos, líquenes y helechos que crecen debajo de las rocas, y finalmente los conglomerados de cactus, hongos y plantas silvestres de las más variadas.

En las zonas llanas, estas especies desaparecen para dar nacimiento a la formación Espinal, que es la más extensa y homogénea pero menos desarrollada y achaparrada, presentando el dominio de los algarrobos y chañares, y los bosquecillos de arbustos con: jarillas, espinillos, piquillines, talillas, retamos, duraznillos, poleos, palos amarillos, carquejillas y romerillos.

En las regiones húmedas a orillas de los arroyuelos y corrientes de agua se distinguen los sauces, álamos, mimbres, lecherones, colas de caballo, cortaderas, mentas, hierbas buenas, berros, redonditos de agua, etc.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 18 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



En otras partes se extiende la pampa con toda su característica cubierta de gramíneas y otras especies herbáceas encontrando principalmente rosetas, seatillas, yuyos colorados, tolas, yaretas, tomatillos y churquis; apareciendo de tanto en tanto algunas manchas de pequeños montes en los campos próximos a las sierras.

A todo lo largo de la serranía y especialmente en los faldeos y quebradas la flora autóctona se nutre de un sinnúmero de arbustos e hierbas de múltiples aplicaciones medicinales.

### **7.6.5 Fauna.**

La fauna debido a su uniformidad pertenece a la Región Neotropical, Distrito Pampásico-Cordobense, que se extiende en toda la región serrana a lo largo de los faldeos de mediana altura con las mismas características y determinaciones naturales.

Los quirópteros se encuentran representados por varias especies de murciélagos, los felinos por el puma y el gato montés común; los caninos por el zorro y los mustélidos por el hurón y el zorrino, entre los marsupiales encontramos a las comadrejas, entre los roedores a la típica vizcacha, los ratones, los cuises, la liebre común y los conejos del monte; los desdentados están representados por los peludos y los quirquinchos, en el orden de los rumiantes cabe mencionar la cabra, que aunque domesticada es el animal típico de la región serrana debido a las características que posee. Entre las aves de la región encontramos rapaces como los caranchos, jotes, chimangos y lechuzas; trepadoras como los carpinteros, crispines, gallitos, caseritas, urracas, loros barranqueros y catitas de las sierras; en el orden general de los pájaros podemos citar a los gorriones, canarios, mixtos, cabecitas negras, corbatas, cachirulos, cardenales, monjitas, churrinches, viuditas, tijeritas, horneros, Martín-pescadores, pijuís, dormilones, jilgueros, chingolos, calandrias, ratonas y los picaflores, cuya especie más común es el rundún.

Entre las gallináceas hallamos la perdiz del monte, la montaraz y la martineta; en las palomáceas varias especies diferentes siendo la torcaza la más difundida; en el orden de las zancudas encontramos los teros y en las palmípedas existen una serie de patos que viven espontáneamente en los bañados y estanques de agua de la región.

Los reptiles están representados por varias especies, pudiendo mencionar la iguana overa, la lagartija verde común, y los chelcos en la zona serrana; los ofidios están caracterizados por las culebras, víbora falsa coral, yarará o de la cruz y de cascabel; en el orden de los batracios hallamos a los escuerzos, los sapos y las ranas.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 19 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Entre los peces encontramos en los arroyos: las viejas del agua, las mojarras, los bagres y las anguilas, e introducidas en los lagos y ríos serranos: los pejerreyes, las truchas, los dientudos y las palometas; en el grupo de los moluscos encontramos varias especies de caracoles siendo los más conocidas las babosas, los espirales, las Ampullaria y Pulmonata.

Los insectos bien representados en toda la zona por los “ciempiés”, bichos bolitas, “choncacos”, arañas, juanitas, garrapatas, bichos colorados, piojos, pulgones, vinchucas, pulgas, cogollos, chicharras, tucos, escarabajos, taladros, abejorros, bichos moros, vaquitas, luciérnagas, hormigas, abejas, sanjorges, avispa, “bicho del cesto” y una variedad extraordinaria de mariposas que resultan muy interesantes por la diversidad de formas y combinación de colores.

## 8 MARCO TEÓRICO

### 8.1 8.1. URBANIZACIONES

*Al hablar de urbanización se hace referencia al complejo proceso de transformación de una región (ver Fig. N°1) o, simplemente, a la tarea concreta de urbanizar una reducida porción de territorio, es decir convertir en poblado una porción de terreno o prepararlo para ello, abriendo calles y dotándolas de luz, pavimento y demás servicios urbanos. En este caso, urbanizar es llevar a cabo las actuaciones precisas para dotar a ese terreno de las infraestructuras de conexión, abastecimiento y saneamiento.*

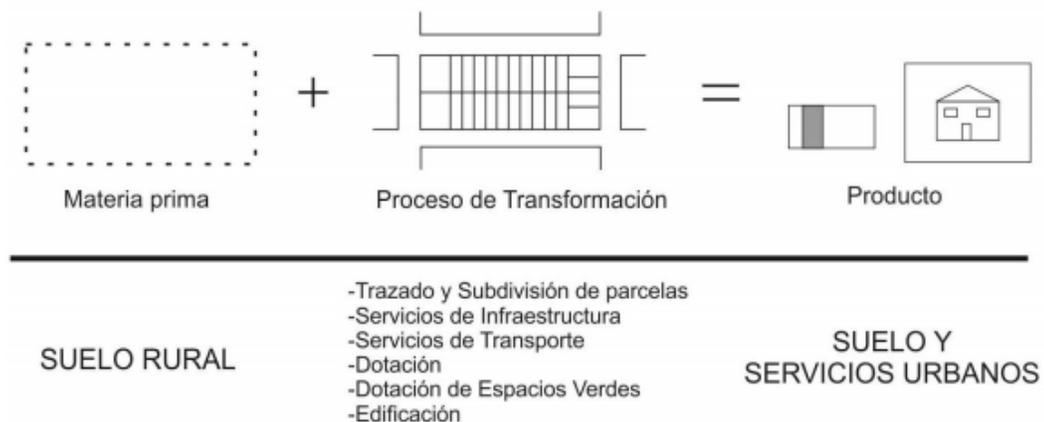


Figura N°1 – Transformación del suelo rural en urbano

La urbanización no es algo independiente, sino que responde a un orden social y cultural concreto, del que pasa a formar parte. Debe tenerse en cuenta que la urbanización es un proceso

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01
<b>Página 20 de 155</b>	
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>	



de organización de la sociedad sobre el espacio en la búsqueda de las formas más idóneas, de acuerdo con unas determinadas aptitudes técnicas y dentro de un cierto encuadre cultural. Cuando en una región tiene lugar su proceso de urbanización crece en ella más rápidamente la proporción de la población y aumenta el espacio urbano mediante la transformación del suelo rural.

En lo que respecta a la Provincia de Córdoba, según datos se observó que a lo largo de los años se ha producido un crecimiento de las urbanizaciones, dado a una transferencia rural-urbana de la población. Esto implica una serie de cambios en la estructura y composición de las ciudades, como así también la influencia de los distintos usos de suelo que van modificando la naturaleza y configuración espacial de las cuencas fluviales, dando lugar a cuencas urbanizadas, es decir cuyos procesos y funciones difieren notablemente de los naturales, que existían antes de ser ocupadas. Para comprender estas modificaciones o cambios del uso del suelo es necesario estudiar los conceptos de: tasas de impermeabilización, coeficientes de escorrentía, capacidad de almacenamiento potencial de agua, entre otros aspectos asociados a los cambios de usos y coberturas de suelos causados por la urbanización sobre el sistema hídrico y sus componentes, específicamente la escorrentía. Se define como escorrentía superficial al flujo del agua, lluvia, nieve, u otras fuentes, que se desplaza sobre la tierra. Dicho concepto es importante tenerlo en cuenta ya que cuando realizamos una urbanización el valor de escorrentía aumenta, esto se debe al crear superficies más impermeables, como pavimento y edificios, que no permiten la filtración del agua hasta el acuífero. En vez de filtrarse al suelo, el agua es forzada directamente hacia corrientes o drenajes, donde la erosión y sedimentación pueden ser problemas importantes, incluso cuando no hay inundación. El aumento de escorrentía reduce la recarga de agua subterránea, bajando así la capa freática y empeorando las sequías, sobre todo para los agricultores y quienes dependen de pozos de agua.

## 8.2 PRECIPITACIONES

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Los tres mecanismos principales para la elevación de masas de aire son la elevación frontal, donde el aire caliente es elevado sobre aire frío por un pasaje frontal; la elevación orográfica, mediante la cual una masa de aire se eleva para pasar por encima de una cadena montañosa; y la elevación convectiva, donde el aire se arrastra hacia arriba por una acción

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 21 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



convectiva, como ocurre en el centro de una celda de una tormenta eléctrica. Las celdas convectivas se originan por el calor superficial, el cual causa una inestabilidad vertical de aire húmedo, y se sostienen por el calor latente de vaporización liberado a medida que el vapor del agua sube y se condensa.

A medida que el aire sube y se enfría, el agua se condensa de un estado de vapor a un estado líquido. Si la temperatura se encuentra por debajo del punto de congelamiento, se forman cristales de hielo. La condensación requiere de una semilla llamada el núcleo de condensación alrededor del cual las moléculas del agua se pueden unir o nuclear. Algunas partículas de polvo que flotan en el aire pueden actuar como núcleos de condensación; las partículas que contienen iones son efectivas como núcleos debido a que los iones atraen por electrostática las moléculas de agua enlazadas polarmente. Los iones en la atmósfera incluyen partículas de sal que se forman a partir de la evaporación de espuma marina, y compuestos de sulfuro y nitrógeno resultantes de procesos de combustión, Los diámetros de estas partículas varían desde  $10^{-3}$  hasta  $10 \mu\text{m}$  y se conocen como aerosoles. Como comparación, el tamaño de un átomo es aproximadamente de  $10^{-4} \mu\text{m}$  lo cual significa que los aerosoles más pequeños pueden componerse sólo de algunos cientos de átomos.

Las pequeñas gotas de agua crecen mediante la condensación e impacto con las más cercanas a medida que se mueven por la turbulencia del aire, hasta que son lo suficientemente grandes para que la fuerza de gravedad sobrepase la fuerza de fricción y empiezan a caer, incrementando su tamaño cuando golpean otras gotas en su descenso. Sin embargo, a medida que la gota cae, el agua se evapora de su superficie y su tamaño disminuye, de tal manera que puede reducirse nuevamente al tamaño de un aerosol y desplazarse hacia arriba en la nube debido a la turbulencia. Una corriente ascendente de solamente  $0.5 \text{ cm/s}$  es suficiente para arrastrar una pequeña gota de  $10 \mu\text{m}$ . Algunos cristales de hielo del mismo peso, debido a su mayor forma y tamaño, pueden ser arrastrados por velocidades aún más pequeñas. El ciclo de condensación, caída, evaporación y elevación se repite en promedio unas diez veces antes de que la gota alcance un tamaño crítico de alrededor de  $0.1 \text{ mm}$ , que es suficientemente grande para que caiga a través de la base de la nube. Las gotas permanecen esféricas hasta un diámetro de alrededor de  $1 \text{ mm}$ , pero empiezan a aplanarse en el fondo cuando aumenta su tamaño, y dejan de ser estables en su caída al atravesar el aire dividiéndose en pequeñas gotas de lluvia. Las gotas de lluvia normales que caen a través de la base de una nube tienen de  $0.1$  a  $3 \text{ mm}$  de diámetro. Algunas observaciones indican que en las nubes pueden existir gotas de agua a temperaturas por debajo del punto de congelamiento, hasta unos  $-35^\circ\text{C}$ . A esta temperatura, las gotas súper enfriadas se congelan aun sin la presencia de núcleos de congelamiento. La presión de vapor de

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 22 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



saturación del vapor de agua es menor en hielo que en agua líquida; luego si las partículas de hielo se mezclan con gotas de agua, estas partículas crecerán por efecto de la evaporación de las gotas y la condensación de los cristales de hielo. Los cristales de hielo normalmente forman racimos mediante colisión y fusión y caen como copos de nieve. Sin embargo, algunos cristales de hielo pueden crecer tanto, que caen directamente a la tierra como granizo o nevisca. La siembra de nubes es un proceso mediante el cual se nuclean artificialmente las nubes para inducir la precipitación. El yoduro de plata es un agente nucleante común que puede esparcirse desde un aeroplano, donde una solución de este químico se evapora al utilizar un quemador de propano para producir partículas. A pesar de que ha habido muchos experimentos en los cuales se consideró que la siembra de nubes indujo precipitación, la gran variabilidad de los procesos meteorológicos implícitos en la producción de precipitación hace difícil obtener resultados consistentes.

### 8.3 VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN

La precipitación varía en el espacio y en el tiempo de acuerdo con el patrón general de circulación atmosférica y con factores locales. El promedio de una variable climática, a lo largo de algunos años de observación, se conoce como su valor normal.

La precipitación promedio anual sobre el área continental de la Tierra es aproximadamente de 800 mm (32 pul), pero existe gran variabilidad desde Arica, Chile, con un promedio anual de 0.5 mm (0.02 pul) hasta Mt. Waialeale, Hawái, que recibe 11,680 mm (460 pul) por año en promedio.

### 8.4 LLUVIA

Las lluvias presentan una gran variación en el espacio y en el tiempo. Estas pueden representarse por mapas de isoyetas; una isoyeta es un contorno de lluvia constante.

Los mapas de isoyetas se construyen interpolando información de lluvia que se registra en sitios con pluviómetros. Un registro de pluviógrafo está compuesto por un conjunto de profundidades de lluvia que se registra para incrementos de tiempo sucesivos. Un hietograma de lluvia es una gráfica de profundidad de lluvia o intensidad en función del tiempo.

La máxima profundidad de lluvia, o intensidad (profundidad/tiempo) que se registra en un intervalo de tiempo de referencia, para una tormenta, se establece calculando las profundidades de lluvia totales corrientes para ese intervalo de tiempo empezando en algunos puntos de la tormenta, para luego seleccionar el valor máximo de esta serie.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 23 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 8.5 LLUVIA SOBRE UN ÁREA

El método de la media aritmética es el más simple para determinar la lluvia promedio sobre un área. Se promedian las profundidades de flujo que se registran en un número dado de pluviómetros. Este método es satisfactorio si los pluviómetros se distribuyen uniformemente sobre el área y sus mediciones individuales no varían de manera considerable de la media.

Si se tiene en cuenta que algunos de los pluviómetros son más representativos del área en cuestión que otros, pueden asignárseles pesos relativos para el cálculo del promedio del área. El método de Thiessen establece que en cualquier punto de la cuenca la lluvia es igual a la que se registra en el pluviómetro más cercano; luego la profundidad registrada en un pluviómetro dado se aplica hasta la mitad de la distancia a la siguiente estación pluviométrica en cualquier dirección. Los pesos relativos de cada pluviómetro se determinan de las correspondientes áreas de aplicación en una red de polígonos de Thiessen, cuyas fronteras están formadas por los bisectores perpendiculares a las líneas que unen pluviómetros adyacentes, si existen  $J$  pluviómetros y el área de la cuenca que se asigna a cada uno de ellos es  $A_j$  y  $P_j$  es la lluvia registrada en el pluviómetro  $j$ -ésimo, la precipitación promedio para la cuenca sobre el área es

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \sum_{j=1}^J A_j P_j \quad \text{Ecuación 1}$$

El método de Thiessen generalmente es más exacto que el método de la media aritmética, pero es inflexible, debido a que se tiene que construir una nueva red de Thiessen cada vez que haya un cambio en la red de pluviómetros, tal como ocurre cuando falta información en alguno de ellos. Además, el método de Thiessen no tiene en cuenta en forma directa las influencias de la orografía en la lluvia.

El método de las isoyetas supera algunas de estas dificultades mediante la construcción de isoyetas, utilizando profundidades que se observan en los pluviómetros e interpolando entre pluviómetros adyacentes. Cuando existe una red densa de pluviómetros, los mapas de isoyetas pueden construirse utilizando programas de computador para dibujar curvas de nivel. Una vez que el mapa de isoyetas se construye, se mide el área  $A_j$  entre cada par de isoyetas en la cuenca y se multiplica por el promedio  $P_j$  de las profundidades de lluvia de las dos isoyetas adyacentes para calcular la precipitación promedio sobre el área. El método de las isoyetas es flexible, y el conocimiento de los patrones de la tormenta puede influir en la gráfica de las mismas, pero es necesaria una red de medidores más o menos densa para construir correctamente el mapa de isoyetas de una tormenta compleja.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 24 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Se han propuesto otros métodos para ponderar los registros de pluviómetros, tales como el método del cuadrado de la distancia recíproca, donde la influencia de la lluvia en una estación para el cálculo de la misma en cualquier otro punto, es inversamente proporcional a la distancia entre los dos puntos (Wei y McGuinness,1973). Singh y Chowdhury (1986) estudiaron varios métodos para calcular la precipitación promedio sobre un área, incluyendo los descritos anteriormente, y llegaron a la conclusión de que todos los métodos dan resultados comparables, especialmente cuando el periodo es largo; esto quiere decir que los diferentes métodos varían más de uno a otro cuando se aplican a la información de precipitación diaria que cuando se aplican a la precipitación anual.

## 8.6 EVAPORACIÓN

Los dos factores principales que influyen en la evaporación desde una superficie abierta de agua son el suministro de energía para proveer el calor latente de vaporización, y la habilidad para transportar el vapor fuera de la superficie de evaporación. La radiación solar es la principal fuente de energía calórica. La habilidad de transporte del vapor fuera de la superficie de evaporación depende de la velocidad del viento sobre la superficie y del gradiente de humedad específica en el aire por encima de ella.

La evaporación desde la superficie terrestre comprende la evaporación directa desde la superficie del suelo y desde la superficie de la vegetación, y la transpiración a través de las hojas de las plantas, mediante la cual el agua es extraída por las raíces de éstas, transportada hacia arriba a lo largo de sus tallos y difundida a la atmósfera a través de pequeñas aberturas en las hojas llamadas estomas. Los procesos de evaporación desde la superficie terrestre y de transpiración de la vegetación se conocen con el nombre de evapotranspiración. La evapotranspiración es influida por los dos factores descritos anteriormente para la evaporación desde una superficie abierta de agua, y también por un tercer factor, el suministro de humedad hacia la superficie de evaporación. La evapotranspiración potencial es la evapotranspiración que puede ocurrir desde una superficie bien cubierta por vegetación cuando el suministro de humedad es ilimitado, y se calcula de una forma similar a la que se aplica para la evaporación sobre una superficie abierta de agua. La evapotranspiración real cae por debajo de su nivel potencial a medida que el suelo se seca.

## 8.7 EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración es la combinación de evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación. Los mismos factores que dominan la evaporación desde una superficie de agua abierta también dominan la evapotranspiración, los cuales son: el suministro de

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 25 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



energía y el transporte de vapor. Además, el suministro de humedad a la superficie de evaporación es un tercer factor que se debe tener en cuenta. A medida que el suelo se seca, la tasa de evapotranspiración cae por debajo del nivel que generalmente mantiene en un suelo bien humedecido.

## 8.8 INFILTRACIÓN

La infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. Muchos factores influyen en la tasa de infiltración, incluyendo la condición de la superficie del suelo y su cubierta vegetal, las propiedades del suelo, tales como la porosidad y la conductividad hidráulica, y el contenido de humedad presente en el suelo. Estratos de suelos con propiedades físicas diferentes pueden superponerse unos sobre otros formando horizontes; por ejemplo, un suelo limoso con una conductividad hidráulica relativamente alta puede estar superpuesto sobre una zona de arcilla de baja conductividad. Los suelos también presentan una gran variabilidad espacial aun dentro de pequeñas áreas. Como resultado de estas grandes variaciones espaciales y de las variaciones temporales de las propiedades del suelo que ocurren a medida que cambia el contenido de humedad de éste, la infiltración es un proceso muy complejo que puede describirse mediante ecuaciones matemáticas solamente en forma aproximada.

Existen cuatro zonas de humedad: una zona saturada cerca de la superficie, una zona de transmisión de flujo no saturado y contenido de humedad aproximadamente uniforme, una zona de mojado en la cual la humedad decrece con la profundidad y un frente de mojado en el cual el cambio de contenido de la humedad con la profundidad es tan grande que da la apariencia de una discontinuidad aguda entre el suelo mojado arriba y el suelo seco debajo. Dependiendo de la cantidad de infiltración y de las propiedades físicas del suelo, el frente de mojado puede penetrar en el suelo desde unas pocas pulgadas hasta varios pies.

La tasa de infiltración  $f$ , que se expresa en pulgadas por hora o centímetros por hora, es la tasa a la cual el agua entra al suelo en la superficie. Si el agua se encharca en la superficie, la infiltración ocurre a la tasa de infiltración potencial. Si la tasa de suministro de agua en la superficie, por ejemplo, por lluvia, es menor que la tasa de infiltración potencial, entonces la tasa de infiltración real también será menor que la tasa potencial. La mayor parte de las ecuaciones de infiltración describen la tasa potencial. La infiltración acumulada  $F$  es la profundidad acumulada de agua infiltrada dentro de un periodo dado y es igual a la integral de la tasa de infiltración en ese periodo:

$$F_{(t)} = \int_0^t f_{(\tau)} d\tau \quad \text{Ecuación 2}$$

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 26 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Donde  $\tau$  es una variable auxiliar de tiempo en la integración. A la inversa, la tasa de infiltración es la derivada temporal de la infiltración acumulada:

$$f_{(t)} = \frac{dF_{(t)}}{dt} \quad \text{Ecuación 3}$$

## 8.9 HIDROGRAMA DE CAUDAL

Un hidrograma de caudal es una gráfica o una tabla que muestra la tasa de flujo como función del tiempo en un lugar dado de la corriente. En efecto, el hidrograma es "una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y la escorrentía de una cuenca de drenaje particular" (Chow, 1959). Dos tipos de hidrogramas son particularmente importantes: el hidrograma anual y el hidrograma de tormenta.

## 8.10 HIDROGRAMA ANUAL

El hidrograma anual, una gráfica de caudal vs tiempo en un año, muestra el balance de largo plazo de la precipitación, la evaporación y el caudal en una cuenca. Principalmente se pueden mencionar tres tipos de hidrogramas anuales, los cuales los vamos a mencionar mediante un ejemplo:

- El primer hidrograma, del riachuelo Mili cerca de Belleville, Texas, tiene un régimen perenne o de flujo continuo característico de climas húmedos. Los picos, que se originan por las tormentas, se conocen como escorrentía directa o flujo rápido, mientras que el flujo con pocas variaciones en los periodos sin lluvias se llama flujo base. El volumen total de flujo bajo el hidrograma anual es la capacidad de la cuenca. La mayor parte de la capacidad de la cuenca proviene del flujo base para un río con flujo perenne, lo cual indica que una gran proporción de la lluvia se infiltra en la cuenca y alcanza el río como flujo subsuperficial. (Grafico 3)

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 27 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

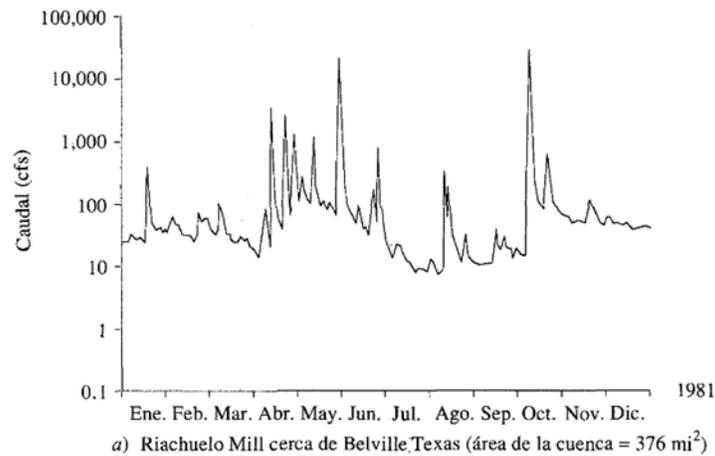


GRAFICO 3

- El segundo hidrograma, del río Frío cerca de Uvalde, Texas, es un ejemplo de un río efímero en un clima árido. Existen largos periodos durante los cuales el río está seco. La mayor parte de la lluvia se convierte en escorrentía directa y se presenta muy poca infiltración. En este caso la capacidad de la cuenca es el resultado de la escorrentía directa de tormentas grandes. (Grafico 4)

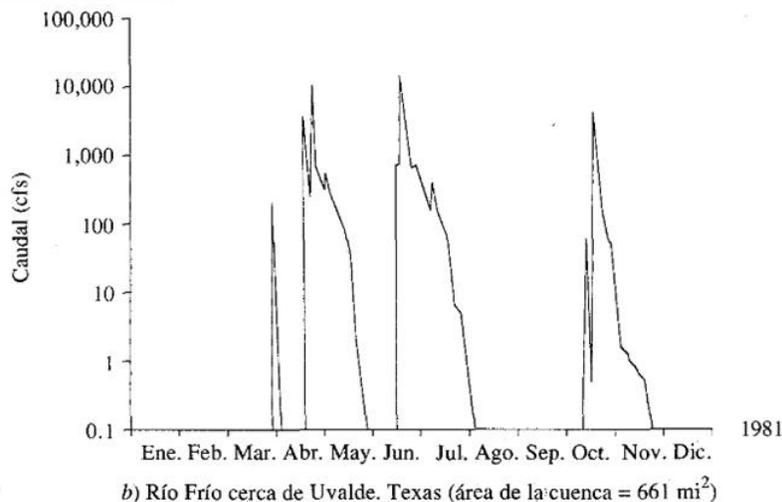


GRAFICO 4

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 28 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



- El tercer hidrograma, del río East cerca de Almont, Colorado, es típico de un río que se alimenta por el derretimiento de nieve. La parte principal de la capacidad de la cuenca ocurre en la primavera y a comienzos del verano debido a dicho derretimiento. El gran volumen de agua que se almacena en la nieve, en conjunto con su permanente salida, crean un hidrograma anual que varía en forma más suave a lo largo del año que los de las corrientes perennes o efímeras que se ilustran. (Grafico 5)

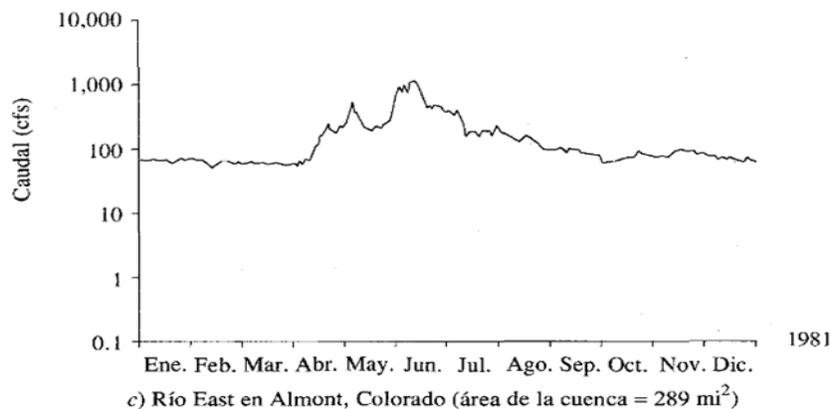


GRAFICO 5

### 8.11 HIDROGRAMA DE TORMENTA

El estudio de los hidrogramas anuales muestra que los picos de crecientes se producen en forma poco frecuente y son el resultado de la lluvia por sí sola o acompañada por el derretimiento de nieve. La siguiente figura muestra cuatro componentes de un hidrograma de caudal durante una tormenta. Antes de que comience la lluvia en forma intensa, el flujo base está disminuyendo gradualmente (segmento AB). La escorrentía directa empieza en B, alcanza su pico en C y termina en D. Luego sigue el segmento DE en el cual nuevamente empieza la recesión normal del flujo base. (Grafico 6)

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 29 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

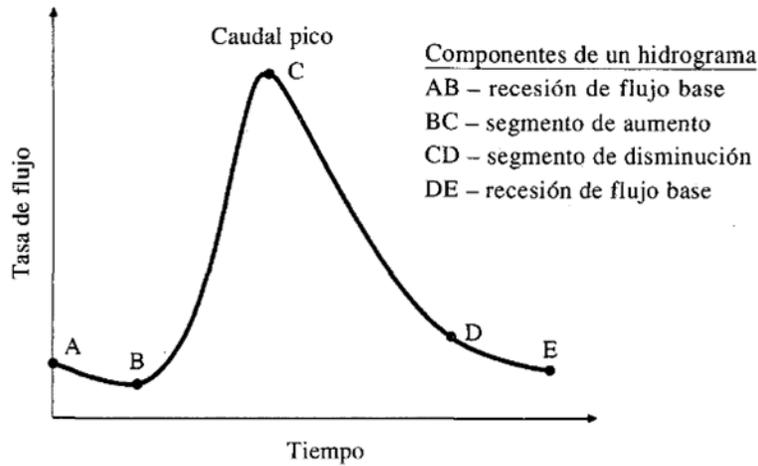


GRAFICO 6

## 8.12 HIDROGRAMA UNITARIO

El hidrograma unitario es la función respuesta de pulso unitario para un sistema hidrológico lineal. Propuesto por primera vez por Sherman (1932), el hidrograma unitario (conocido originalmente como gráfica unitaria) de una cuenca, se define como el hidrograma de escorrentía directa (DRH, por sus siglas en inglés) resultante de 1 pul (usualmente tomado como 1 cm en unidades del SI) de exceso de lluvia generado uniformemente sobre el área de drenaje a una tasa constante a lo largo de una duración efectiva. Originalmente, Sherman utilizó la palabra "unitario" para denotar un tiempo unitario, pero desde entonces se ha interpretado frecuentemente como una profundidad unitaria de exceso de lluvia. Sherman clasificó la escorrentía en escorrentía superficial y escorrentía de agua subterránea, y definió el hidrograma unitario para ser usado únicamente con la escorrentía superficial.

El hidrograma unitario es un modelo lineal simple que puede usarse para deducir el hidrograma resultante de cualquier cantidad de exceso de lluvia. Las siguientes suposiciones básicas son inherentes en este modelo:

1. El exceso de precipitación tiene una intensidad constante dentro de la duración efectiva.
2. El exceso de precipitación está uniformemente distribuido a través de toda el área de drenaje.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 30 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



3. El tiempo base de DRH (la duración de la escorrentía directa) resultante de un exceso de lluvia de una duración dada es constante.
4. Las ordenadas de todos los DRH de una base de tiempo común son directamente proporcionales a la cantidad total de escorrentía directa representada por cada hidrograma.
5. Para una cuenca dada, el hidrograma resultante de un exceso de lluvia dado refleja las características no cambiantes de la cuenca.

En condiciones naturales, dichas suposiciones no se satisfacen en forma perfecta. Sin embargo, cuando la información hidrológica que va a utilizarse se selecciona cuidadosamente de tal manera que llegue a cumplir en forma aproximada dichas suposiciones, los resultados obtenidos por el modelo de hidrograma unitario generalmente son aceptables para propósitos prácticos. A pesar de que el modelo fue desarrollado originalmente para cuencas grandes, se ha encontrado que puede aplicarse a cuencas pequeñas desde menos de 0.5 hectáreas hasta 25 km<sup>2</sup>. En algunos casos no puede usarse el modelo debido a que una o más de las suposiciones no son satisfechas ni siquiera en forma aproximada. Por ejemplo, se considera que el modelo es inaplicable a la escorrentía originada por la nieve o el hielo.

Con relación a la suposición (1), las tormentas seleccionadas para el análisis deben ser de corta duración, debido a que es más probable que éstas produzcan una tasa de exceso de lluvia intensa y aproximadamente constante, arrojando un hidrograma bien definido, con pico único y de tiempo base corto.

Con relación a la suposición (2), el hidrograma unitario puede volverse inaplicable cuando el área de drenaje es demasiado grande para ser cubierta por una lluvia distribuida aproximadamente en forma uniforme. En tales casos, el área debe dividirse y cada subárea analizarse para tormentas que cubran toda la subárea.

Con relación a la suposición (3), el tiempo base del hidrograma de escorrentía directa (DRH) es generalmente incierto, pero depende del método de separación de flujo base. Usualmente el tiempo base es corto si se considera que la escorrentía directa solamente incluye la escorrentía superficial, pero es largo si la escorrentía directa también incluye la escorrentía subsuperficial.

Con relación a la suposición (4), los principios de superposición y proporcionalidad se suponen válidos. El hidrograma resultante es solamente una aproximación, que es satisfactoria en muchos casos prácticos.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 31 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Con relación a la suposición (5), el hidrograma unitario se considera único para una cuenca dada e invariable con respecto al tiempo. Este es el principio de invarianza temporal, el cual junto con los principios de superposición y proporcionalidad es fundamental para el modelo del hidrograma unitario. Los hidrogramas unitarios se aplican solamente cuando las condiciones del canal permanecen sin cambio y las cuencas no tienen almacenamientos apreciables. Esta condición se viola cuando el área de drenaje contiene muchos embalses, o cuando las crecientes fluyen por las planicies de inundación, produciendo así considerable almacenamiento.

Los principios del análisis de sistemas lineales forman la base del método del hidrograma unitario.

### 8.13 HIDROGRAMA ADIMENSIONAL SCS

El hidrograma adimensional SCS es un hidrograma unitario sintético en el cual el caudal se expresa por la relación del caudal  $q$  con respecto al caudal pico  $q_p$  y el tiempo por la relación del tiempo  $t$  con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario,  $T_p$ . Dados el caudal pico y el tiempo de retardo para la duración de exceso de precipitación, el hidrograma unitario puede estimarse a partir del hidrograma sintético adimensional para la cuenca dada. Los valores de  $q_p$  y  $T_p$  pueden estimarse utilizando un modelo simplificado de un hidrograma unitario triangular, en donde el tiempo está dado en horas y el caudal en  $m^3/s$ . cm (Soil Conservation Service, 1972).

Con base en la revisión de un gran número de hidrogramas unitarios, el Soil Conservation Service sugiere que el tiempo de recesión puede aproximarse como  $1.67 T_p$ . Como el área bajo el hidrograma unitario debería ser igual a una escorrentía directa de 1 cm (o 1 pul), puede demostrarse que:

$$q_p = \frac{CA}{T_p} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde  $C = 2.08$  (483.4 en el sistema inglés de unidades) y  $A$  es el área de drenaje en kilómetros cuadrados (millas cuadradas).

Adicionalmente, un estudio de los hidrogramas unitarios de muchas cuencas rurales grandes y pequeñas indica que el tiempo de retardo  $t_p \approx 0.6 TC$  donde  $TC$ , es el tiempo de concentración de la cuenca. El tiempo de ocurrencia del pico  $T_p$  puede expresarse en términos del tiempo de retardo  $t_p$  y de la duración de la lluvia efectiva  $t_r$ .

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 32 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p$$

*Ecuación 5*

## 8.14 HIDROGRAMAS UNITARIOS PARA DIFERENTES DURACIONES DE LLUVIA

Cuando se encuentra disponible un hidrograma unitario para un exceso de lluvia dado, pueden deducirse los hidrogramas unitarios para otras duraciones. Si las otras duraciones son múltiplos enteros de la duración dada, el nuevo hidrograma unitario puede calcularse fácilmente aplicando los principios de superposición y proporcionalidad. Sin embargo, puede utilizarse un método general de deducción aplicable a hidrogramas unitarios de cualquier duración requerida, con base en el principio de superposición. Este es el método del hidrograma S.

El hidrograma S teórico es aquel que resulta de un exceso de lluvia continuo a una tasa constante de 1 cm/h (o 1 pul/h) durante un periodo indefinido. Es la función de respuesta de paso unitario para un sistema de cuenca. La curva adopta una forma de S deformada y sus ordenadas finalmente se aproximan a la tasa de exceso de lluvia en el tiempo de equilibrio.

Teóricamente, el hidrograma S derivado debería ser una curva suave, debido a que se supone que el exceso de precipitación de entrada tiene una tasa constante y continua. Sin embargo, el proceso de suma producirá una forma ondulatoria, si existen errores en las abstracciones de lluvia o en la separación de flujo base, o si la duración real del exceso de lluvia no es la duración deducida para el hidrograma unitario. Una duración que produce ondulación mínima puede encontrarse mediante procesos de prueba y error. La ondulación de la curva también puede originarse por una distribución temporal y de área no uniforme de la lluvia; adicionalmente, cuando la información natural no es lineal, las oscilaciones inestables del sistema resultante pueden producir ordenadas negativas. En tales casos, debe utilizarse una técnica de optimización para obtener un hidrograma unitario más suave.

Una vez que el hidrograma S ha sido construido, el hidrograma unitario para una duración dada puede deducirse como sigue: Se avanza, o compensa, la posición del hidrograma S un periodo igual a la duración deseada  $\Delta t'$  y se llama a este hidrograma S el hidrograma S compensado.

## 8.15 HIDROGRAMA UNITARIO INSTANTÁNEO

Si el exceso de lluvia es una cantidad unitaria y su duración es infinitesimal, el hidrograma resultante es una función impulso respuesta que se denomina el hidrograma unitario instantáneo

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 33 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



(IUH, por sus siglas en inglés). Para un IUH, el exceso de lluvia se aplica al área de drenaje en el tiempo cero. Por supuesto, este es solamente un concepto teórico el cual no puede utilizarse en cuencas reales, pero es útil porque el IUH caracteriza la respuesta de la cuenca a lluvia sin referencia a la duración de ésta. Por consiguiente, el IUH puede relacionarse con la geomorfología de la cuenca.

La integral de convolución es:

$$Q(t) = \int_0^t u(t - \tau)I(\tau)d\tau \quad \text{Ecuación 6}$$

Si las cantidades  $I(\tau)$  y  $Q(t)$  tienen las mismas dimensiones, las ordenadas del IUH deben tener dimensiones de  $[T^{-1}]$ . Las propiedades del IUH son las siguientes, con  $l = t - \tau$

$$\begin{aligned} 0 \leq u(l) \leq \text{algún valor pico positivo} & \quad \text{para } l > 0 \\ u(l) = 0 & \quad \text{para } l \leq 0 \\ u(l) \rightarrow 0 & \quad \text{cuando } l \rightarrow \infty \end{aligned}$$

$$\int_0^{\infty} u(l) dl = 1 \quad \text{y} \quad \int_0^{\infty} u(l) l dl = t_L$$

La cantidad  $t_L$  es el tiempo de retardo del IUH. Puede demostrarse que  $t_L$  es el intervalo de tiempo entre el centroide del hietograma de exceso de lluvia y el centroide del hidrograma de escorrentía directa. Nótese la diferencia entre  $t_L$  y la variable  $t_P$  utilizada para el tiempo de retardo en hidrogramas unitarios sintéticos;  $t_P$  mide el tiempo desde el centroide del hietograma de exceso de lluvia hasta el pico, no hasta el centroide del hidrograma de escorrentía directa. La forma ideal de un IUH semeja aquella de un hidrograma con un pico único de escorrentía directa; sin embargo, un IUH puede tener ordenadas negativas y ondulatorias.

Existen varios métodos para determinar un IUH de un ERH y un DRH. Como una aproximación la ordenada del IUH en el tiempo  $t$  se iguala a la pendiente en el tiempo  $t$  de un hidrograma construido para una intensidad de exceso de lluvia de profundidad unitaria por unidad de tiempo. Este procedimiento se basa en el hecho de que el hidrograma  $S$  es una curva integral del IUH; esto

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01
<b>Página 34 de 155</b>	
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>	



es, su ordenada en el tiempo  $t$  es igual a la integral de área bajo el IUH desde 0 hasta  $t$ . El IUH obtenido de esta manera es generalmente una aproximación porque la pendiente de un hidrograma  $S$  es difícil de medir en forma exacta.

## 9 CUENCAS

Conocida más formalmente como cuenca hidrográfica, una cuenca hídrica es un área de terreno que drena agua en un punto común como un arroyo, río o lago cercano. Cada cuenca pequeña a su vez drena agua en una cuenca mayor que puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o bien directamente en el mar.

Se trata de una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto. Los límites de la cuenca o “divisoria de aguas” se definen naturalmente y en forma práctica corresponden a las partes más altas del área que encierra un río.

Una cuenca no solamente abarca la superficie, a lo largo y ancho, sino también la profundidad, comprendida desde el extremo superior de la vegetación hasta los estratos geológicos limitantes bajo la tierra.

### 9.1 TIPOS DE CUENCAS

De acuerdo al relieve de cada lugar, las cuencas pueden ser de tres tipos. Las cuencas exorreicas son aquellas cuyas aguas llegan al mar o al océano (la cuenca del Río de la Plata, por ejemplo).

Las cuencas endorreicas, por su parte, son aquellas cuyas aguas no llegan al mar, sino que desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación al mar (cuenca del río Desaguadero, en Bolivia).

Finalmente, se distinguen las cuencas arreicas, que son aquellas en que las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje.

## 10 TIPO Y USO DE SUELO

El número de curva (CN) es un parámetro empírico que se calcula con el método desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) actualmente Servicio de Conservación de los Recursos Naturales (NRCS) de los EEUU (SCS, 1972). Debido a su facilidad de cálculo se ha

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 35 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



difundido ampliamente. Se basa en una relación simple donde los volúmenes de precipitación neta deben ser equivalentes a los volúmenes de escorrentía directa. Toma en cuenta las condiciones de humedad antecedente (AMC) del suelo (seco, normal y húmedo) determinada a partir de la precipitación total en los cinco días previos (Chow et al., 1994). Se representa mediante un número adimensional, en curvas estandarizadas, las que varían entre 0 y 100; donde un área con  $CN = 0$  no tiene escurrimiento y otra con  $CN = 100$  es impermeable y toda la precipitación genera escorrentía. Según el método simplificado de Ponce y Hawkins (1996), el CN se puede determinar empleando solamente la información del uso de suelo y del tipo de suelo.

En los últimos años, la modelización hidrológica ha tenido un gran auge y se han difundido numerosos modelos desarrollados con diversos propósitos y aplicaciones. Casi todos, no obstante, requieren como dato de entrada el CN o información derivada de este parámetro. A este respecto, se puede mencionar la implementación del SAC-SMA (*Sacramento Soil Moisture Accounting Model*) (Georgakakos y Baumer, 1996) en la cuenca del río Arrecifes, donde la falta de una serie prolongada y confiable de registros de caudal a la salida de la cuenca impide la calibración de los parámetros del modelo por métodos convencionales. Los mismos pueden, sin embargo, ser ajustados preliminarmente en función de características de cuenca, incluyendo el CN entre otras variables (Koren et al., 2000; Anderson et al., 2006).

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 36 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Tabela 11.3. Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas

Utilização ou cobertura do solo	A	B	C	D
Zonas cultivadas: sem conservação do solo	72	81	88	91
com conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições	68	79	86	89
Baldios boas condições	39	61	74	80
Prado em boas condições	30	58	71	78
Bosques ou zonas cobertura ruim	45	66	77	83
Florestais: cobertura boa	25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golf, cemitérios, boas condições	39	61	74	80
com relva em mais de 75% da área	49	69	79	84
com relva de 50 a 75% da área				
Zonas comerciais e de escritórios	89	92	94	95
Zonas industriais	81	88	91	93
Zonas residenciais				
lotes de (m <sup>2</sup> )	% média impermeável			
<500	65	77	85	90
1000	38	61	75	83
1300	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	68	79
Parques de estacionamentos, telhados, viadutos, etc	98	98	98	98
Arruamentos e estradas				
asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98
paralelepípedos	76	85	89	91
terra	72	82	87	89

TABLA 1

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 37 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 11 LAGUNAS DE RETENCIÓN

### 11.1 DESCRIPCIÓN.

Una laguna de retención mantiene un volumen permanentemente ocupado por agua, el cual es reemplazado total o parcialmente durante las tormentas. Sobre este volumen permanente se provee de un volumen adicional destinado a amortiguar las crecidas provocadas por las aguas lluvias. Estas lagunas de retención son similares a los estanques de retención ya que están diseñadas para captar y retener un volumen de agua determinado para las tormentas más frecuentes. La diferencia es que en este caso el agua que se incorpora en cada tormenta se mezcla con el agua retenida anteriormente en el volumen permanente al almacenarse sobre él. El volumen captado adicional al volumen permanente se evacua después de cada tormenta en un periodo del orden de 12 horas. Habitualmente estas lagunas de retención requieren la alimentación de un flujo continuo durante los periodos entre tormentas para mantener el volumen de agua permanente.

Las lagunas de retención pueden emplearse para controlar la escorrentía urbana procedente de calles, estacionamientos, barrios residenciales, áreas comerciales y sitios industriales. Este tipo de lagunas puede emplearse en conjunto con otras obras alternativas de control de las aguas lluvias en el mismo lugar tanto aguas arriba como hacia aguas abajo. El volumen de retención requerido incluye el volumen permanente más el volumen mínimo a capturar para la amortiguación de crecidas. Pueden ser muy efectivas en la remoción de contaminantes, y, bajo ciertas condiciones, pueden satisfacer múltiples objetivos, como proveer de agua para incendios, riego y recreación.

Frente a los cinco objetivos básicos propuestos para las obras alternativas de drenaje urbano los que se pueden lograr con las lagunas de retención son los siguientes:

- Disminuyen el caudal máximo
- Permiten otros usos alternativos
- Mejoran la calidad del efluente
- NO Disminuyen el volumen escurrido
- NO Recargan la napa de agua subterránea

Para cumplir con el objetivo principal de disminuir los caudales máximos se debe colocar la laguna inmediatamente aguas abajo de la zona urbanizada que sirve, descargando hacia el sistema de drenaje.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 38 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 11.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES.

Las lagunas de retención pueden ser muy apropiadas para áreas aportantes relativamente grandes. Además de la amortiguación de crecidas urbanas, con ellas se puede lograr una remoción de moderada a alta de la mayoría de los contaminantes urbanos, crear o proveer de espacio para la recreación, paisajismo y áreas abiertas, almacenar agua para otros fines como riego de áreas verdes y volúmenes de incendio entre las tormentas. Por otra parte, la mayoría de los sedimentos que puedan atraparse en la laguna quedan depositados en la zona cubierta permanentemente con agua, de manera que no son vistos por el público.

Una de las principales desventajas de este tipo de obras son los problemas de seguridad. Además, en ellas resulta más difícil limpiar los sedimentos atrapados que en los estanques, y si reciben aguas poco limpias pueden observarse problemas de cuerpos flotantes, espumas, crecimiento indiscriminado de algas, olores y en algunos casos mosquitos. El crecimiento de plantas acuáticas puede causar problemas en los elementos de evacuación. El volumen de agua permanente puede atraer una sobrepoblación de aves acuáticas, lo cual puede producir suciedad por materia fecal y exceso de nutrientes que entran y salen de la laguna, haciendo más difícil la mantención del lugar y el control de la calidad del agua retenida.

## 11.3 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

El procedimiento de diseño para este tipo de obras considera tres etapas. Un análisis de factibilidad de la obra de acuerdo a las condiciones locales, en segundo lugar, un dimensionamiento de los elementos principales y finalmente el diseño de los elementos de detalle. A continuación, se plantea lo que debiera considerarse en cada una de estas etapas para el caso de una laguna de retención.

## 11.4 FACTIBILIDAD:

En base a los antecedentes que consideran las condiciones climáticas, las características del suelo, la existencia de agua subterránea y su nivel, las propiedades de la urbanización, incluyendo la disponibilidad de espacio, sus destinos y tipo, así como el comportamiento esperado de los usuarios y vecinos, se debe decidir si es conveniente recurrir a una laguna de retención para amortiguar el efecto de las aguas lluvias.

Para decidir la factibilidad de la laguna de retención es necesario que el proyectista reúna los siguientes antecedentes:

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 39 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 11.5 LEGISLACIONES VIGENTES

### 11.5.1 Introducción

Con lo que respecta a las legislaciones vigentes en la Provincia de Córdoba, es necesario que se establezcan diferentes normativas regulatorias, con el fin de lograr una organización territorial coherente, para esto se debería proceder a realizar un planeamiento integral desde una visión sistémica que tenga por objeto el ordenamiento urbanístico de la totalidad del territorio. En este caso de estudio se hará referencia a lo referido al fraccionamiento en loteos.

Será considerado a loteo como todo fraccionamiento de tierra con el fin fundamental de ampliar el núcleo urbano ya existente, con ampliación o modificación de la red vial, con la provisión de espacios verdes y/o espacios libres para uso público. También se considerará urbanización o loteo todo fraccionamiento, aún sin apertura de calles, cuando las parcelas resultantes superen el núcleo de 10 (diez), (según ordenanza N°8060 –Fraccionamiento de Tierras- de la Provincia de Córdoba- Capítulo II – Art.4).

A continuación, se describen algunas de las legislaciones existentes en la Provincia de Córdoba, como así también en el municipio de Alta Gracia donde se encuentra ubicado el loteo correspondiente.

### 11.5.2 Ley Provincial N° 4146

Dicha ley hace referencia en su Art. 1 que todo fraccionamiento de tierra en el territorio de la Provincia, hecho con el fin de formar o ampliar centros de población, se ajustará a las disposiciones de la presente Ley. También hace referencia a que cada municipalidad podrán acogerse a las disposiciones de la presente ley, incorporando en sus ordenanzas todos aquellos preceptos que sean compatibles con sus actividades urbanísticas.

Requisitos Previos para fraccionar:

El propietario que quiera fraccionar su inmueble o inmuebles deberá presentar a la Dirección General de Catastro:

a) Solicitud de aprobación del loteo, indicando:

- 1) Zona en que está ubicado.
- 2) Medios de comunicación y transporte.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 40 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



3) Posibilidad de obtención de agua y energía eléctrica, indicando claramente si se compromete a dar agua y energía eléctrica a cada comprador de lotes.

b) Plano de loteos del inmueble o inmuebles a fraccionarse, en seis copias, confeccionado por un profesional universitario con título habilitante. En el plano se indicarán, además, todos los elementos indispensables para que se conozca la real conformación planialtimétrica del terreno, adjuntándose memoria descriptiva del plan de trabajo a desarrollar en el loteo.

c) Dos planillas de los lotes en que se fraccionará el inmueble o inmuebles especificando número de orden y superficie.

d) Informe de la Dirección General de Hidráulica de la Provincia, sobre:

1) Existencia de agua: si existe río, arroyo o napas subterráneas, indicando profundidad.

2) Potabilidad de la misma.

La Dirección General de Hidráulica determinará si hay agua disponible y suficiente para las necesidades de todos los lotes, y requisito a llenar para la satisfacción de las mismas.

e) Informe de la Dirección General de la Energía Eléctrica de la Provincia, sobre:

1) Existencia de usina cercana o posibilidad de hacer llegar energía eléctrica al lugar del loteo.

2) Posibilidad de que pueda proveerse de energía eléctrica a todos los lotes.

La repartición técnica provincial referida obrará de la misma manera que se indica para la Dirección General de Hidráulica en el inciso anterior.

f) Título de dominio con correlación del mismo, certificada por un escribano de registro sobre su idoneidad legal, acompañado de un certificado del Registro General de la Propiedad en el que se informe que el dominio consta a nombre del o de los propietarios y sobre inhibiciones a nombre de los mismos, e informe asimismo sobre los gravámenes que soporte la propiedad.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 41 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



**Lotes:**

Estos tendrán un frente mínimo de diez (10) metros en los lugares simplemente habitables. En zonas de turismo será de dieciocho (18) metros y una superficie mínima de setecientos (700) metros cuadrados.

**Espacios Verdes:**

En todo fraccionamiento de tierra en que se deban aplicar las disposiciones de la presente Ley, se destinará con ubicación y dimensiones adecuadas, el 10% de la superficie total de lotes, para espacios verdes.

**Calles y avenidas (Infraestructura vial):**

El trazado de los barrios o nuevas poblaciones deberá realizarse en un todo de acuerdo a la situación de los caminos y calles existentes y facilitando el enlace racional con los mismos. Se abrirán calles de un ancho mínimo de 12 metros, debiéndose dejar por lo menos 6 metros de calzada. No menos del 20% de la longitud total de calles estará constituido por avenidas, que tendrán un ancho mínimo de 20 metros. Las calles podrán tener las siguientes pendientes máximas: a) En tramos rectos, el 12%. b) En tramos curvos, el 7%.

**Servicios Públicos:**

El propietario podrá prometer agua y energía eléctrica, cuando haya obtenido el permiso o autorización necesarios.

### **11.5.3 Ley Provincial N° 5735**

Dicha ley hace referencia a la aplicación de la ley nacional n°14005 con relación al fraccionamiento de loteos destinados a viviendas y ventas de las parcelas resultantes por el loteador o terceros vendedores ubicados en el territorio de la Provincia de Córdoba. Regula el procedimiento de subdivisión y los requisitos que deben cumplir los instrumentos por los cuales se transfieren los lotes que surgen de la subdivisión.

### **11.5.4 Ordenanza Municipal de Alta Gracia N° 9257**

ART.1: Establézcase para todo el ejido municipal de Alta Gracia el cumplimiento y la aplicación de la resolución normativa única N°01/2011, que define las procedimentales a aplicar con referencia a la competencia catastral y urbanística.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 42 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



ART.2: Considérese urbanización o loteo a todo fraccionamiento de tierra con apertura de calles de uso público y todo fraccionamiento por el que se generen más de 25 parcelas, aunque no haya apertura de calles.

ART.3: Exíjase todo tipo de subdivisiones de hasta 25 parcelas, para su aprobación, contar con el tendido de redes de agua y luz y la habilitación correspondiente emanada por los prestadores de los servicios mencionados.

## 11.6 DIMENSIONAMIENTO.

El dimensionamiento de la laguna de retención y de sus elementos principales requiere disponer de las características del terreno y del suelo base, así como también de estudios hidrológicos e hidrogeológicos. Además de los antecedentes mencionados en la Factibilidad para el dimensionamiento el proyectista reunirá los siguientes:

Plano a una escala adecuada en el que se muestren las superficies que drenan a la laguna y la naturaleza de cada una.

Cuadro de superficies, con indicación de áreas y coeficiente de escorrentía de cada tipo, (techos, pavimentos impermeables, porosos, áreas verdes con y sin vegetación, calles, veredas y otros).

Con los antecedentes mencionados se abordarán los siguientes aspectos:

## 11.7 HIDROLOGÍA.

Estimar las crecidas de periodos de retorno entre 5 y 200 años afluentes al lugar, tanto en condiciones naturales como totalmente urbanizadas. Se requiere conocer el uso del suelo, las características de las lluvias, y la topografía del sector.

## 11.8 TERRENO.

Disponibilidad de espacio, elementos de la red de drenaje natural del sector. Existencia de redes de colectores hacia aguas abajo. Límites de la zona y el comportamiento de las aguas lluvias que pueden llegar por escurrimiento superficial. Estimar la capacidad máxima de descarga o evacuación del sistema hacia aguas abajo, la forma en que se realizará la descarga y su efecto. Cantidad y calidad del agua disponible para otros usos, o la que se empleará para mantener el volumen mínimo de la laguna permanentemente lleno. Ubicación de la superficie de agua subterránea y la posibilidad de emplearla para mantener la laguna llena. Fluctuaciones esperadas de este nivel.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 43 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 11.9 VOLUMEN DE LA LAGUNA.

Con los antecedentes disponibles se procede a determinar el volumen de almacenamiento necesario de la laguna. Se determinan los volúmenes del nivel inferior y el superior. Establecer las cotas de cada nivel, así como de los umbrales de los elementos de descarga, evacuación y entrada. Hacer un diseño en planta de la laguna que considere los volúmenes mencionados de acuerdo al espacio disponible y los usos que se les darán a los terrenos adicionales al control de crecidas. Determinar el volumen necesario para el almacenamiento permanente, así como la operación requerida de la laguna para satisfacer esas necesidades. Establecer las curvas de volumen almacenado y de área inundada en función de la altura de agua en el estanque.

## 11.10 DESCARGA.

Seleccionar un diseño para el elemento de descarga y proceder a su dimensionamiento para la crecida de diseño. Seleccionar un diseño para el evacuador de crecidas y proceder a su diseño. Determinar la curva de descarga en función de la altura de agua en la laguna, considerando ambos elementos.

## 11.11 VERIFICACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE ALMACENAMIENTO

necesarios procediendo a realizar un rastreo de las crecidas de diseño de los elementos de descarga y evacuación, con las propiedades predeterminadas. Realizar los cambios necesarios de volumen y en los elementos de descarga y evacuación si es necesario.

## 11.12 DISEÑO DE DETALLE.

El diseño de detalle normalmente se traduce en los planos para la construcción de la obra y sus elementos. En esta etapa se debe proceder al diseño y dimensionamiento de los elementos auxiliares como son la obra de entrada y su dissipador de energía si es necesario, el desarenador, los muros de la laguna, los caminos de acceso para la manutención de la obra y su operación, la colocación de barandas, rejas, letreros. También debe considerarse la vegetación, necesidades de plantación, el riego y otros requisitos. Considerar el diseño de los elementos correspondientes al empleo del volumen permanente si se requieren. Además, debe agregarse todos los elementos necesarios para el empleo del lugar con propósitos múltiples como recreación, paisajismo, deportes si se consideran como parte del proyecto.

## 11.13 CONDICIONES GENERALES.

El principal requisito del lugar es la necesidad de disponer de un flujo de agua continuo de buena calidad para mantener el volumen de agua permanente. Para ello se debe realizar un balance hídrico completo para asegurar que el agua disponible permite superar las condiciones de

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 44 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

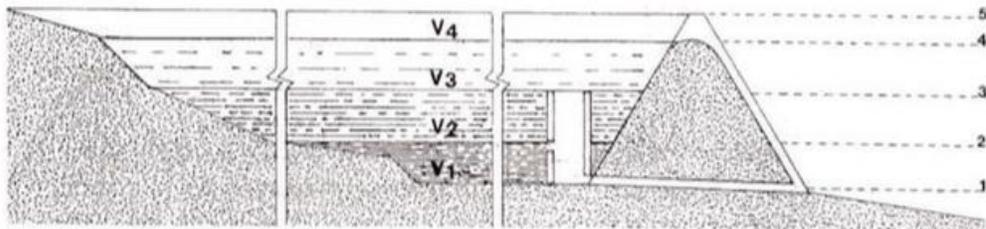


evaporación, evapotranspiración y filtraciones. Normalmente se trata de decidir entre un estanque o una laguna de retención, dependiendo de las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua. Una manera de asegurar un flujo de agua permanente es colocar la laguna bajo el nivel del agua subterránea del lugar, si no está muy profundo. En las obras nuevas las altas tasas de filtración iniciales pueden hacer difícil mantener el volumen de agua permanente, pero normalmente el fondo rápidamente se llena de sedimentos finos e impermeabiliza al poco tiempo. Sin embargo, es mejor sellar tanto el fondo como las paredes del volumen permanente y dejar solamente las áreas de contacto con los volúmenes superiores sin sellar.

### 11.14 DIMENSIONAMIENTO

Determinación del tamaño de la laguna y de sus elementos principales.

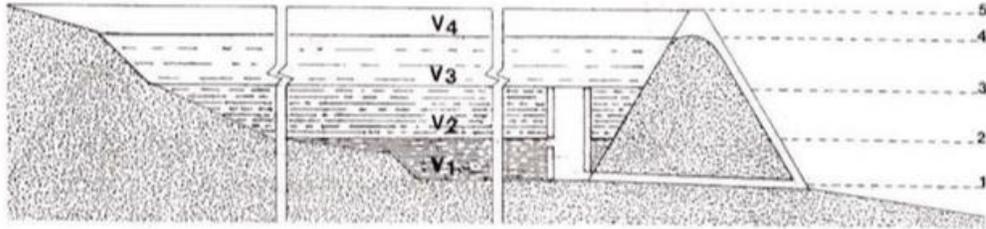
LOS VOLÚMENES COMPROMETIDOS EN UNA LAGUNA DE RETENCIÓN, ASÍ COMO LOS NIVELES DE LAS PRINCIPALES OBRAS EN RELACIÓN A ELLOS SE ILUSTRAN EN LA FIGURA 5 GRAFICO 7



*Volúmenes de almacenamiento: V1.- Laguna permanente, V2.- Crecidas frecuentes, V3.- Crecidas medianas, V4.- Crecidas mayores, 100 o más años de periodo de retorno. Niveles: 1.- Fondo de la laguna, 2.- Umbral del orificio de vaciamiento, 3.- Umbral de la cámara de descarga, 4.- Umbral del vertedero de seguridad, 5.- Umbral de los muros de la laguna.*

GRAFICO 7

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 45 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

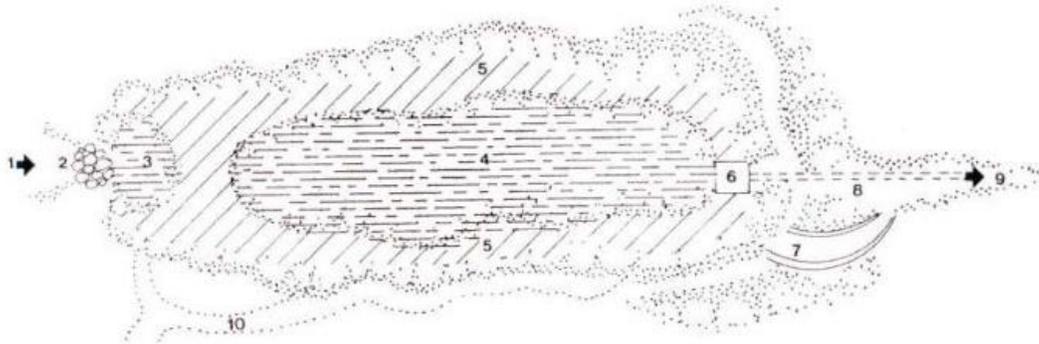


*Volúmenes de almacenamiento: V1.- Laguna permanente, V2.- Crecidas frecuentes, V3.- Crecidas medianas, V4.- Crecidas mayores, 100 o más años de periodo de retorno. Niveles: 1.- Fondo de la laguna, 2.- Umbral del orificio de vaciamiento, 3.- Umbral de la cámara de descarga, 4.- Umbral del vertedero de seguridad, 5.- Umbral de los muros de la laguna.*

GRAFICO 8

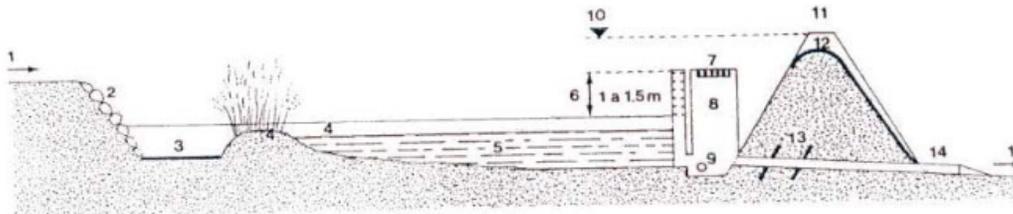
Las figuras siguientes muestran un esquema general de la planta, un perfil longitudinal y otro transversal de este tipo de obras, con los principales elementos que deben considerarse en el diseño. En general los criterios de diseño son muy similares a los propuestos para los estanques de retención, excepto que debe ponerse mayor atención a los problemas de filtraciones.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 46 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Disposición en planta de los elementos típicos de una laguna de retención: 1.- Entrada, 2.- Disipador de energía (opcional), 3.- Sedimentador (opcional), 4.- Zona de la laguna permanente, 5.- Zona litoral, (opcional) y de inundación, 6.- Cámara de descarga, 7.- Vertedero de seguridad, 8.- Tubería de descarga, 9.- Conexión a la red de drenaje, 10.- Acceso para mantención.

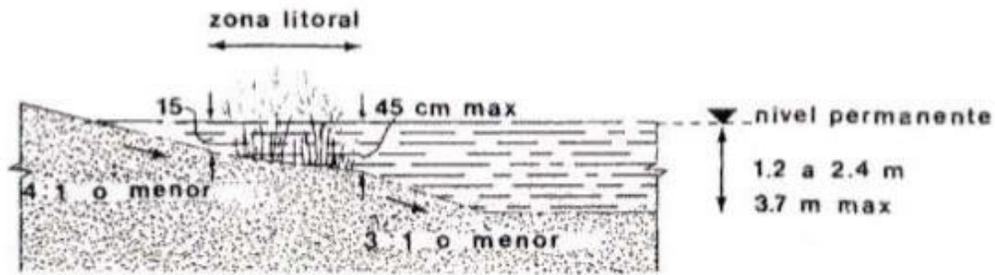
GRAFICO 9



Elementos en el perfil longitudinal de la laguna: 1.- Entrada, 2.- Disipador de energía, 3.- Sedimentador, 4.- Zona litoral, 5.- Zona de laguna permanente, 6.- Zona de inundación, 7.- Umbral cámara de descarga y reja, 8.- Cámara de descarga, 9.- Descarga de fondo para vaciamiento total, 10.- Umbral de muros, 11.- Muros de la laguna, 12.- Vertedero de seguridad, 13.- Anillos para evitar filtraciones, 14.- Tubería de descarga, 15.- Conexión a la red de drenaje.

GRAFICO 10

Elaboró:	Bertero - Horvat	Código:	TRABAJO FINAL 2015	
Revisó:	Fontana - Ganancias	Emisión:	03 de Diciembre 2015	
Autorizó:	Fontana - Ganancias	Revisión:	01	Página 47 de 155
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>				



*Perfil transversal de la zona litoral.*

GRAFICO 11

## 11.15 GEOMETRÍA DE LA LAGUNA.

La forma en planta de la laguna debiera considerar una expansión gradual desde la zona de entrada del flujo y una contracción hacia la salida, de manera de evitar el efecto de cortocircuito del flujo en condiciones de diseño. La razón entre el largo y el ancho máximo no debe ser menor de 2, y cuando sea posible al menos del orden de 4.

### 11.15.1 Diseño en dos niveles

Se recomienda un diseño con dos niveles de la laguna, considerando una zona litoral de menor profundidad y otra central más profunda. La zona litoral debiera tener profundidades del orden de 0,15 a 0,5 metros y ocupar entre el 25% y el 50% de la superficie de la laguna. En esta zona, que debiera tener un ancho de al menos 3m, se favorece el crecimiento de plantas acuáticas y actúa además como borde de seguridad. La zona central con profundidades entre 1,2m y hasta 2,5m permite la sedimentación y la digestión de nutrientes por parte del fitoplancton. La profundidad máxima no debiera ser mayor que 3,5m para el nivel de agua permanente.

### 11.15.2 Usos múltiples.

Los usos múltiples de estas lagunas se orientan a proveer de volúmenes de regulación para otros usos, como riego o incendios, y a la recreación, incluyendo la pesca o navegación de pequeños botes. Para ello se puede proveer de muelles y sectores litorales protegidos y diseñados especialmente. No se recomienda el lugar para nadar ni para bañarse.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 48 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### 11.15.3 Área aportante y coeficientes de escurrimiento.

El área impermeable equivalente aportante de la cuenca que drena hacia la laguna se calcula como la suma de las áreas de cada tipo ponderadas por el coeficiente de escurrimiento que les corresponda. Para el conjunto conviene calcular un coeficiente de escurrimiento como esta suma ponderada dividida por el área total, considerando tanto la situación original previa a la urbanización como la totalmente desarrollada, con el máximo de superficies impermeables, al final del plazo de previsión o de la vida útil de la obra.

### 11.15.4 Tiempo de concentración.

Para seleccionar lluvias de diseño adecuadas es necesario conocer el tiempo de concentración de la cuenca. Se debe estimar un tiempo de concentración de la cuenca aportante en condiciones naturales, o previas al proyecto, y otro en condiciones de máximo desarrollo futuro para el fin del plazo de previsión o vida útil de la obra.

### 11.15.5 Lluvias de diseño.

Para dimensionar los volúmenes de la laguna y los elementos de captación, entrada, vaciamiento, descarga y vertido hacia aguas abajo es necesario conocer las propiedades de las crecidas que llegan a la laguna. Para ello se seleccionan lluvias de diferentes periodos de retorno. Se recomienda emplear las máximas de entre las siguientes:

Si hacia aguas abajo existe un sistema de drenaje, natural o artificial, desarrollado:

T=5 años para las lluvias menores.

T=10 años para las lluvias medianas

T=100 años para las lluvias grandes

Si hacia aguas abajo no existe una red de drenaje desarrollada:

T=5 años para las lluvias menores

T=10 años para las lluvias medianas

T=200 años para las lluvias grandes

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 49 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### 11.15.6 Interpretación de los datos de lluvia

Para realizar una adecuada interpretación de los registros de precipitación se deben tener en cuenta la lámina, la intensidad y la duración de la lluvia, con las cuales se construyen diagramas como el hietograma que considera la distribución en el tiempo de la lluvia. Se entiende por lámina (L) el total de la lluvia caída en determinado tiempo (1 hora-24 horas-1 mes-1 año, etc.) en un punto (lluvia puntual) o sobre un área (lámina media). Se expresa en milímetros (mm), así 1 mm de lámina sobre un área de 1 hectárea equivale a un volumen de agua de 10 m<sup>3</sup>.

Se define duración (D) como el período de tiempo durante el cual llueve; ésta tiene importantes implicaciones en el diseño.

Se entiende por intensidad la tasa de la precipitación caída en un intervalo de tiempo (L/D) expresada generalmente en milímetros por hora (mm/hora). Es un valor importante en el diseño hidrológico, por ejemplo, una lluvia de intensidad de 60 mm/día tiene efectos y consecuencias muy diferentes a una de 60 mm/hora. La lluvia en función de su intensidad, puede ser identificada como: suave (valores hasta 3 mm/h), moderada (mayor de 3 y hasta 10 mm/h) y fuerte (mayor de 10 mm/h).

El hietograma es un gráfico de lámina o intensidad de lluvia en función del tiempo que generalmente se aplica, en diseño hidrológico, a tormentas individuales.

Uno de los métodos de construir un Hietograma es por el bloque alterno: usa curvas de IDF y genera una distribución triangular. Se realiza de la siguiente manera:

- a) Seleccionar el período de retorno.
- b) Leer en tablas o curvas IDF las láminas para dt, 2dt, 3dt, etc.
- c) Tomar diferencias entre valores sucesivos.
- d) Ordenar los bloques de modo que el mayor quede al centro y las siguientes alternativamente en cada lado.

*(Ing. Sergio Fattorelli, 2011)*

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 50 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### 11.15.7 Crecidas de diseño.

Una vez conocidas las lluvias de diseño es necesario estimar las características de las crecidas de diseño correspondientes, incluyendo los caudales máximos, tiempos de ascenso del hidrograma y volumen. Para ello puede emplearse el Método Racional Modificado suponiendo un hidrograma triangular con un tiempo al máximo igual al tiempo de concentración de la cuenca y un gasto máximo, en m<sup>3</sup>/s, dado por:

$$Q = \frac{C_i A}{3.6} \quad \text{Ecuación 7}$$

donde C es el coeficiente de escorrentía equivalente de toda la cuenca de área A, en km<sup>2</sup>, i la intensidad de la lluvia en mm/hora.

### 11.15.8 Caudal máximo de descarga.

El caudal máximo que puede descargar la laguna a través de la obra de descarga depende de las condiciones de aguas abajo, es decir de la capacidad de recibir caudales que tenga el sistema de drenaje, (natural, artificial o inexistente formalmente), hacia el cual la laguna entrega el agua retenida. Este caudal se determinará como el menor entre los siguientes:

El gasto máximo generado por la lluvia de diseño de periodo de retorno correspondiente a lluvias medianas, en condiciones naturales de la cuenca aportante.

La capacidad estimada con que puede operar el sistema de drenaje receptor para tormentas de periodo de retorno de lluvias medianas.

La capacidad de la obra que recibe los gastos descargados si la laguna opera en serie como elemento de regulación de otra obra alternativa (otra obra de retención, obras de infiltración, canales de drenaje urbano, etc.).

### 11.15.9 Construcción.

La construcción de obras de almacenamiento es muy similar ya se trate de estanque de retención o lagunas. En general este tipo de obras empleadas en drenaje urbano son de pequeñas dimensiones en comparación con embalses y tranques para otros usos. Los aspectos más complejos de la construcción están ligados a la materialización de los muros de retención, para los cuales deben tomarse todas las precauciones posibles. Las recomendaciones que se mencionan a continuación son válidas sólo para muros de tierra de pequeña altura, menores de 3 metros.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 51 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Las lagunas de retención corrientemente se construyen excavadas en el terreno con pequeños muros que represan las zonas bajas. Además, por condiciones de diseño las alturas de agua son pequeñas, menores de 2 metros en los puntos más profundos, lo que reduce las cargas hidrostáticas y los problemas que pueden generar las filtraciones. Por efectos y consideraciones de otros usos, preocupaciones estéticas y de mantención, la inclinación de los taludes está muy por el lado de la seguridad, de manera que la estabilidad de taludes en cortes y muros de tierra, no es habitualmente una condición crítica.

Las principales consideraciones de construcción se relacionan con los siguientes aspectos: a) preparación del terreno antes de la construcción, b) estudios y análisis de los suelos para ser empleados en las diferentes estructuras, c) precauciones en la construcción de excavaciones y terraplenes.

#### **11.15.10 Preparación del terreno.**

Se deben apreciar previamente todos los aspectos que pueden resultar en conflictos o problemas durante la construcción. Estos incluyen sitios con problemas geológicos o ambientales como escombros, rellenos recientes y basurales. Especial importancia debe darse a la existencia de otras obras o construcciones, necesidades de servidumbres de tránsito o accesos, existencia de redes de servicios ya sea aéreas o subterráneas, que puedan entrar en conflicto con las faenas de construcción. Considerar cuidadosamente la época del año, los factores climáticos y la duración de las faenas, evitando estar en medio de la construcción cuando empiezan las tormentas y las crecidas.

Las estructuras temporales deben diseñarse dependiendo del tiempo que necesitan ser usadas y de la época del año en que lo harán. Entre ellas son relevantes las que evitan la llegada de aguas lluvias a las faenas, conduciéndolas hacia aguas abajo mediante obras provisorias de desvío. En el caso de lagunas con partes permanentemente inundadas debe considerarse la forma en que se realizarán trabajos en los sectores bajo agua, las necesidades de agotamiento y control.

#### **11.15.11 Estudios y análisis de suelos.**

Es recomendable realizar algunos estudios complementarios que confirmen los realizados durante la etapa de proyecto y que permitan controlar el avance y la colocación adecuada de los materiales empleados en excavaciones y terraplenes. No existe un programa tipo de reconocimiento, ya que cada proyecto tiene sus propias singularidades impuestas por las características del sitio. La mayoría de estos estudios dependerán en gran medida del tamaño del muro o de la magnitud de las excavaciones necesarias, pudiéndose alterar durante el proyecto la

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 52 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



cantidad, el tipo y frecuencia de los ensayos. Todas las recomendaciones que se mencionan a continuación son válidas para muros y excavaciones de pequeña altura, menores de 3m.

Sondajes bajo la fundación del muro. Estos sondajes se realizan para asegurar que la fundación será hecha en un lugar adecuado y que no se verificarán problemas de falla en el suelo. Ellos pueden variar mucho de una obra a otra y normalmente serán necesario si existen dudas sobre las condiciones de fundación. Lo más común es recomendar sondajes de reconocimiento, ubicados a lo largo del eje del muro y en forma perpendicular a este eje en el lugar más alto del muro o ensayos en el lugar repartidos en el eje y el pie del muro en sectores que pueden esperarse como conflictivos. Las zonas a priori más críticas son las de mayor altura del muro, los extremos y los anclajes de obras en hormigón incluidas en el muro como cámaras de descarga, tubos de desagüe y vertederos. Todas estas zonas deben estar particularmente bien caracterizadas. En el caso de muros pequeños, o suelos de fundación uniformes, estos sondajes pueden reemplazarse por calicatas.

#### **11.15.12 Reconocimiento del sitio**

Tiene por objeto principal la confirmación de los estudios y antecedentes disponibles sobre la impermeabilidad del vaso de la laguna y la utilización de las tierras del lugar obtenidas de las zonas con excavación o nivelación para la construcción del muro o terraplenes. En el caso de lagunas en contacto con la napa de agua subterránea es importante conocer los niveles del agua en las diferentes zonas de construcción para adecuar los procedimientos constructivos cuando corresponda.

Si es necesario es el momento de verificar y comprobar las condiciones y características de infiltración para comparar los valores considerados en el diseño y hacer los ajustes que sean necesarios, o tomar las providencias para proceder a impermeabilizar las zonas que corresponda si ello se requiere.

#### **11.15.13 Ensayos de laboratorio.**

Las muestras recolectadas durante el reconocimiento deben llevarse al laboratorio para los ensayos de identificación y de comportamiento de suelos. Los objetivos de estos ensayos son la definición de posible reutilización del suelo, estabilidad de la obra y permeabilidad del suelo. En las especificaciones de construcción debe indicarse la cantidad, tipo y frecuencia de estos ensayos.

Los ensayos de laboratorio recomendados para este tipo de obras son los que se indican a continuación: a) ensayos de identificación como granulometría y límites de Atterberg, b) ensayos específicos de los movimientos de tierra para caracterizar el estado de los materiales entre los que se incluyen el contenido de humedad y proctor normal, c) ensayos específicos para verificar las

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 53 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



hipótesis de cálculo de estabilidad de las obras como son los de peso volumétrico húmedo y seco, compresión simple, triaxial, cizalle y compresibilidad. d) ensayos destinados a medir el coeficiente de permeabilidad  $k$ , como por ejemplo el ensayo LEFRANC (?) para terreno u otro en laboratorio bajo carga constante o variable.

#### **11.15.14 Excavaciones y movimientos de tierra**

Para efectuar y controlar las excavaciones debe establecerse los puntos en los cuales se medirán y controlarán los volúmenes excavados, la forma en que se considerará la sobre excavación y lo rellenos necesarios, el destino de los materiales, ya sea provisorios si van a ser empleados en otras etapas de la construcción o definitivos si no van a ser empleados. En caso de necesitarse empréstitos, su origen y reglas de aceptación.

Los trabajos previos a la excavación comprenden el talado de los árboles (si los hay y se requiere su remoción de acuerdo a las condiciones del proyecto), la remoción de la tierra vegetal, demoliciones varias, el desplazamiento de redes, la instalación de la faena (entre ellas el laboratorio si se harán ensayos en terreno), la disposición de canchas de acopio y almacenamiento de materiales. Considerar la desviación eventual de cursos de agua o evacuación de aguas estancadas.

La excavación propiamente tal comienza después de esta preparación inicial en las zonas de desmonte y de terraplén con la remoción y recuperación de la tierra vegetal en las zonas de fundación y anclaje de los muros, la eliminación de estratos o parte de estratos de suelo de calidad insuficiente en la base de los muros y obras o estructuras de hormigón, la nivelación de zonas altas y bajas en sectores que serán empleados para otros usos.

El movimiento de tierra debe considerar un sistema de extracción dependiendo del estado de humedad que se encuentre. Si existen grandes rocas que no pueden removerse por medios mecánicos se puede considerar la posibilidad de incorporarlas al proyecto como elementos naturales.

Los materiales extraídos del sitio pueden servir para la fabricación del muro, si sus características mecánicas e hidráulicas lo permiten. En caso contrario, se deben disponer en otro sitio y con otros usos.

Un aspecto importante en el control de los movimientos de tierra es el relacionado con los niveles en las condiciones de terminación para asegurar el correcto funcionamiento hidráulico de la obra. Debe establecerse un sistema de control topográfico que asegure la correcta posición de la obra y

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 54 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



el nivel de las estructuras de operación y control, incluyendo las pendientes del fondo, la inclinación de los taludes, las cotas de umbrales, desagües, vertederos, cámaras, y demás estructuras consideradas.

### **11.15.15 Mantención**

Las principales actividades de mantención de este tipo de lagunas están relacionadas con la remoción de sedimentos, cuya frecuencia depende de la producción de ellos en la cuenca aportante, y por lo tanto de las medidas de control de erosión y actividades de construcción que se desarrollen. Con un programa de control de erosión bien desarrollado en la cuenca aportante se estima que la frecuencia de remoción de sedimentos de estas lagunas es del orden de una vez cada 5 a 20 años. Si la generación de sedimentos es importante, la mantención de las laguna puede ser frecuente, o quedar inutilizada, sin volumen de almacenamiento suficiente, después de cada tormenta de consideración.

La responsabilidad por estas funciones, de acuerdo con las reglas generales de la legislación, recae sobre el propietario de las obras, el cual será una persona particular o pública según sea el dominio del terreno en el cual se encuentran emplazadas. Conviene distinguir los problemas de mantención derivados del aseo y ornato de la obra, en cuyo caso implican una responsabilidad municipal, de aquellos que significan una conservación técnica propiamente tal. En este último caso tratándose de vías públicas, como calles, avenidas, veredas, pasajes y similares. Algo similar podría ocurrir con las obras alternativas de drenaje de aguas lluvias en zonas urbanas. Sin embargo, es necesario que esta responsabilidad quede claramente establecida desde el punto de vista legal. Si las obras se encuentran en recintos privados, la responsabilidad por su mantención es del propietario o de quienes detenten legalmente el recinto.

A continuación, se resumen las labores básicas de mantención y su frecuencia, considerando una mantención preventiva y otra curativa.

#### **11.15.15.1 Mantención preventiva.**

Considera inspecciones, limpieza y cuidado de la vegetación.

Inspecciones. Observar el funcionamiento de la laguna de acuerdo a sus condiciones de diseño. Poner atención en la obstrucción de los elementos de descarga. Notar erosiones, niveles de sedimentación, crecimiento excesivo de plantas, integridad de los muros y el vertedero, daños estructurales en los disipadores de energía y capacidad de los elementos de evacuación hacia aguas abajo.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 55 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



*Rutinario. Al menos anualmente de las estructuras hidráulicas y los elementos estructurales de la obra. Una vez por lo menos en condiciones de operación durante tormentas significativas.*

Cuidado y corte del pasto. Cortar el pasto ocasionalmente para limitar el crecimiento de vegetación indeseada. Césped de riego mantenerlo en 5-10cm y pasto natural entre 10 y 15 cm.

*Rutina, dependiendo de las necesidades estéticas*

Remoción de basuras y objetos extraños. Recolectar y retirar todo tipo de basuras y objetos extraños de la superficie total de la laguna y sus alrededores para minimizar la obstrucción de las descargas y por necesidades estéticas. Considerar la remoción de objetos flotantes en la superficie del agua.

*Rutina. Incluir justo antes de la época de tormentas y después de las tormentas importantes. Retiro de hojas y ramas durante el otoño.*

#### **11.15.15.2 Mantención (No rutinaria)**

Corregir problemas de erosión, sedimentación y ambientales, así como reparaciones estructurales si es necesario.

Control de erosión y sedimentación. Reparar y resembrar vegetación en las zonas erosionadas que rodean la laguna y a lo largo de los canales. Reparar zonas dañadas en los disipadores de entrada y salida.

No rutinario. Periódico o reparar de acuerdo a las necesidades detectadas en las inspecciones

Control ambiental. Controlar problemas ambientales como malos olores, insectos y crecimiento excesivo de malezas con medias apropiadas.

*No rutinario. De acuerdo a las necesidades según antecedentes de la inspección o por quejas de los vecinos.*

Control de crecimiento de plantas acuáticas. Remover las plantas acuáticas de crecimiento excesivo y disponer de ellas fuera de la laguna.

*No rutinario. Puede ser cada 2 a 5 años o de acuerdo a las necesidades para controlar la acumulación excesiva.*

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 56 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



**Remoción de sedimentos.** Se requiere vaciar totalmente la laguna, redireccionar el flujo base para que no entre a ella durante la faena, y retirar los sedimentos del fondo de la laguna.

*No rutinario. De acuerdo a las indicaciones de la inspección o según el ritmo de acumulación de sedimentos.*

**Reparaciones estructurales.** Reparar elementos tales como entradas y descargas y revestimientos de disipadores de energía y canales. Estabilizar los muros y bermas. Reparar daños causados por tormentas importantes. Revisar mecanismos, compuertas, pintura de estructuras metálicas.

*No rutinario. De acuerdo a las necesidades detectadas en la inspección.*

## **12 DETALLES DEL LOTE O**

### **12.1 CANTIDAD DE MANZANAS, LOTES, DIMENSIONES DE LOTES**

El loteo tiene una superficie total aproximada de 17 hectáreas, dentro de estas hectáreas se distribuyen los lotes, calles, espacios verdes y obras de drenaje.

La superficie de los solares varía entre los 320 y los 500 m<sup>2</sup> aproximadamente, y se encuentran divididos entre las 9 manzanas diseñadas. Los lotes están, principalmente, orientados de Norte a Sur, aunque en el sector medio podemos encontrar algunos con orientación Este-Oeste.

A continuación, colocamos una imagen con el diseño interno del loteo.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 57 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



GRAFICO 12

## 13 HIDROLOGÍA:

### 13.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

Desde el punto de vista hidrológico, el loteo está afectado por una cuenca externa, dividida a su vez en dos subcuentas, cuyo punto de salida se encuentra en una alcantarilla transversal a la ruta y en el ingreso del loteo, por lo que toda esa agua proveniente del escurrimiento superficial ingresa al loteo y transita por el mismo. La misma está delimitada por la línea parte aguas y por accidentes antrópicos: la ruta C45, un camino rural, una alcantarilla en el extremo norte, y la alcantarilla de cierre que oficia como punto de salida.

Además, dentro del loteo se delimitaron tres cuencas presentes antes de la urbanización; vale hacer la salvedad que toda el agua de lluvia proveniente de la cuenca externa va a circular por las cuencas internas del loteo.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 58 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 13.2 CARACTERIZACIÓN FISIOGRAFICA DE CUENCAS DE APORTE

### 13.2.1 CUENCAS DE APORTE A LA ALCANTARILLA

A partir del estudio de las cartas IGN de la zona en observación, pudimos determinar la superficie y la forma de la cuenca de aporte a la alcantarilla que se encuentra ubicada en la entrada de nuestro loteo. Es de gran importancia conocer el aporte de agua de las cuencas externas, ya que luego ese caudal será transportado por un canal construido dentro del loteo.

Empezamos por marcar los límites de la cuenca en los puntos más altos, para luego ir uniendo las distintas curvas de nivel para completar el cerramiento. Como podemos ver uno de los bordes de la cuenca está definido por la ruta C45.

Dentro de la cuenca principal, encontramos 2 subcuencas. En cada una de ellas se determinó el cauce principal.

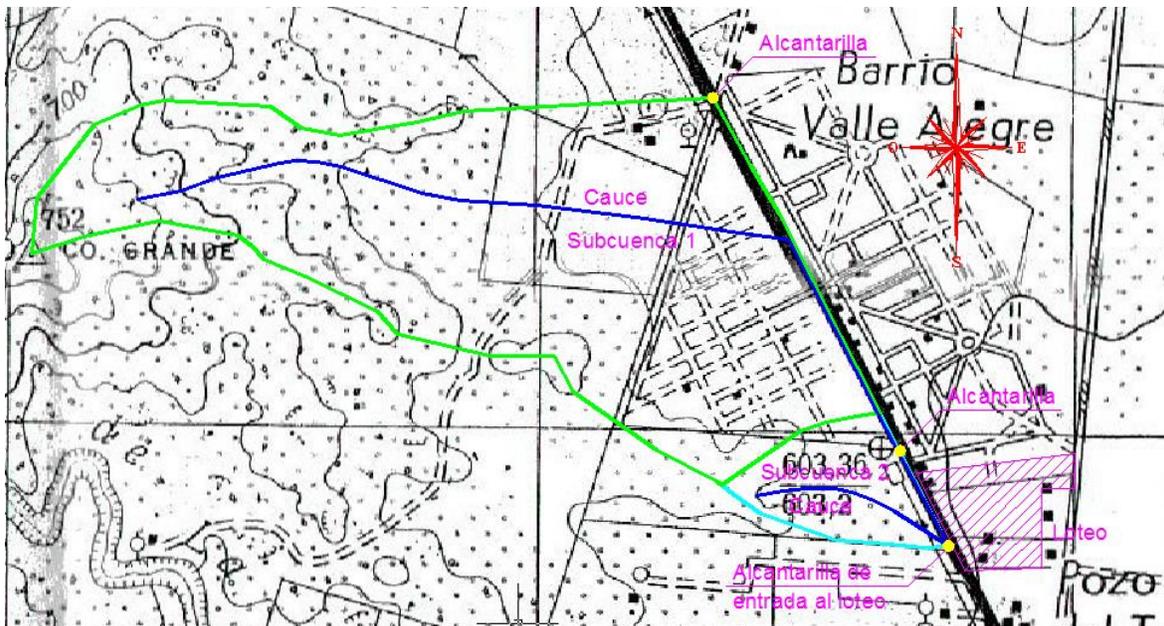


GRAFICO 13

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 59 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



De la imagen anterior también obtuvimos como datos las cotas de inicio y de final de los cauces, y a partir de la diferencia entre cotas dividido por la longitud del cauce podemos determinar la pendiente media del mismo.

Todos los cálculos expuestos, lo podemos resumir para una mejor visualización en la siguiente tabla resumen.

	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [km <sup>2</sup> ]	Per. [m]	Per. [km]
<b>Cuenca</b>	2634788	2,63	8671	8,67
<b>Subcuenca 1</b>	2379782	2,38	7873	7,87
<b>Subcuenca 2</b>	255006	0,26	2133	2,13

TABLA 2

	L [m]	L [km]	H sup. [m]	H inf. [m]	$\Delta H$ [m]	i [m/m]	i [%]	Lp [pies]
<b>Cauce 1</b>	3228	3,23	725	610	115	0,0356	3,56	10591
<b>Cauce 2</b>	777	0,78	625	604	21	0,0270	2,70	2549
<b>Cauce ppal.</b>	3792	3,79	725	604	121	0,0319	3,19	12441

TABLA 3

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 60 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Luego de esto, se determinaron los CN o NC (número de curva) de cada cuenca, necesarios para calcular el tiempo de concentración de cada una. Los CN están en función de los usos de suelo presentes en cada área. Se superpuso la cuenca dibujada en el AutoCAD con una imagen satelital del Google Earth.

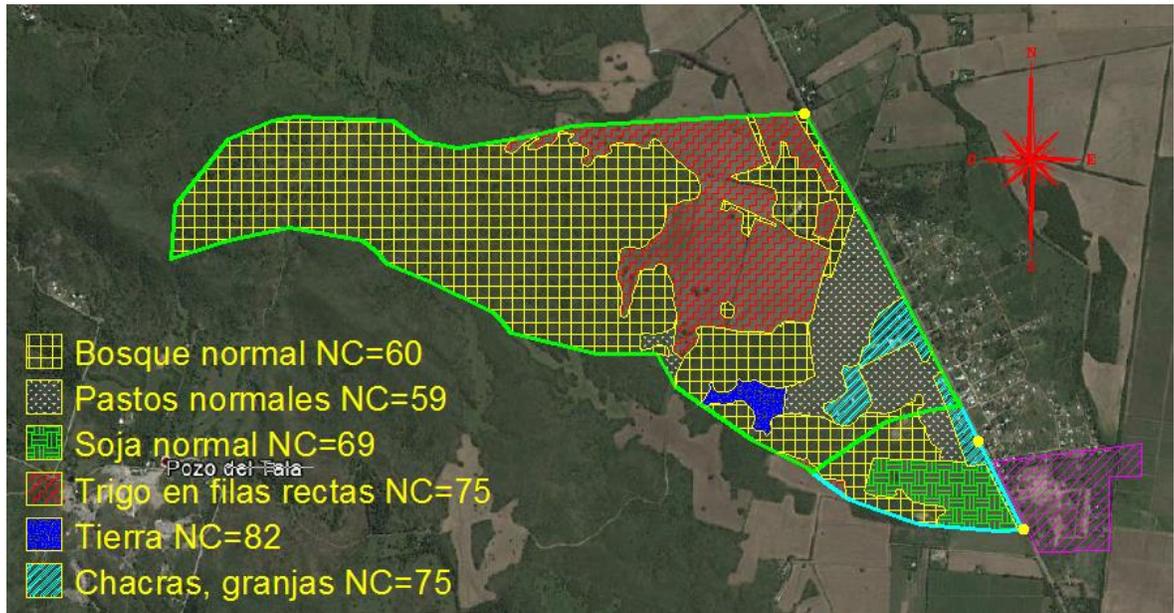


Ilustración 1

Éstos se obtuvieron de la Tabla 1

La misma plantea 4:

- Suelo A: suelos que producen bajo escurrimiento superficial y alta infiltración; suelos arenosos profundos con poca arcilla.
- Suelo B: suelos menos permeables que el anterior, suelos arenosos menos profundos que el tipo A y con permeabilidad superior a media.
- Suelo C: suelos que generan escurrimiento superficial encima de la media y con capacidad de infiltración debajo de la media, contienen un porcentaje considerable de arcilla y son poco profundos.
- Suelo D: suelos que contienen arcillas expansivas y poco profundos con muy baja capacidad de infiltración, con una mayor proporción de escurrimiento superficial.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 61 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



El suelo de la zona se caracteriza como suelo B.

Para cada subcuenca se ponderaron los distintos CN en función del área que abarcaba cada uso de suelo, entonces, multiplicando cada CN por el porcentaje de área de aporte al área total de la subcuenca, da como resultado los CNi ponderados; sumando cada CNi se obtiene el CN ponderado de la subcuenca.

Subcuenca 1	NC	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [%]	NCi ponderado
Bosque normal	60	1492525	62,72	38
Pastos normales	59	248573	10,45	6
Chacras, granjas	75	70656	2,97	2
Trigo en filas rectas	75	529639	22,26	17
Tierra	82	34146	1,43	1
			<b>Total =</b>	<b>64</b>

Subcuenca 2	NC	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [%]	NCi ponderado
Bosque normal	60	93076	36,50	22
Pastos normales	59	23026	9,03	5
Soja normal	69	110705	43,41	30
Trigo en filas rectas	75	4075	1,60	1
Chacras, granjas	75	21134	8,29	6
			<b>Total =</b>	<b>65</b>

A continuación, se calculó el almacenamiento máximo S de cada subcuenca, el cual está en función del uso de suelo, es decir, del CN. Este almacenamiento va a ser necesario para calcular el tiempo de concentración de las subcuencas.

$$S[mm] = \frac{25400}{CN} - 254$$

Ahora ya se está en condiciones de calcular el tiempo de concentración  $T_c$ ; el cual se calculó a través del método del SCS (Soil Conservation Service).

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 62 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



$$T_c = \frac{100 * L_p^{0.8} * \left[\left(\frac{1000}{NC}\right) - 9\right]^{0.7}}{1900 * (S * 100)^{0.5}}$$

Donde  $L_p$  es la longitud del cauce de la subcuenca o cuenca, expresado en pies;  $S$  es el almacenamiento máximo de la cuenca; y  $NC$  es el número de curva. Luego de esto, se calcularon otros parámetros que serán necesarios para la modelación de las cuencas. Éstos son: las pérdidas iniciales  $I_a$  y el tiempo de relajación  $T_e$ .

$$I_a = 0.2 * S$$

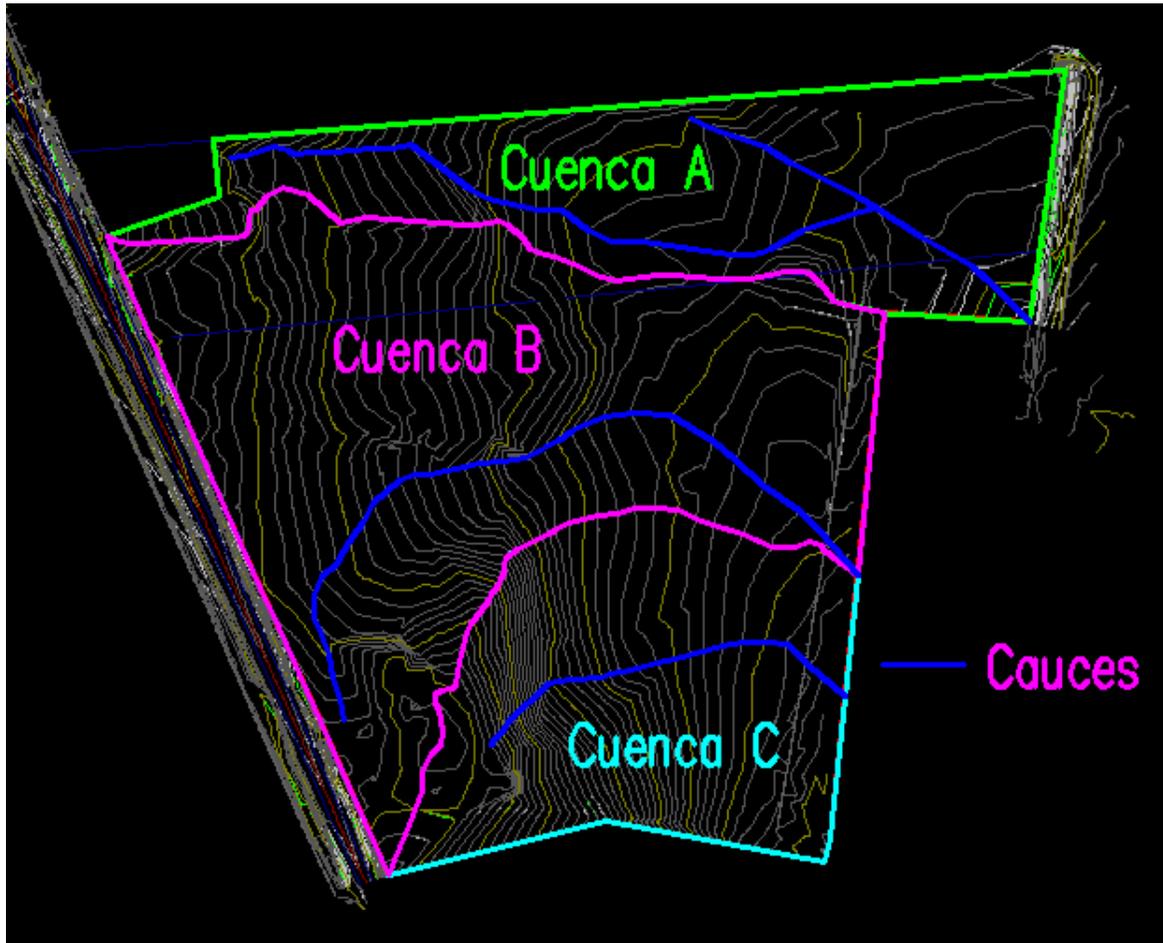
$$T_e = 0,6 * T_c$$

	Tc (SCS) [h]	Tc (SCS) [min]	Te [min]	S [mm]	I <sub>a</sub> [mm]
<b>Cuenca</b>	3,53	212	127	142	28
<b>Subcuenca 1</b>	2,96	178	107	144	29
<b>Subcuenca 2</b>	1,07	64	38	139	28

### 13.3 CUENCAS DE APORTE INTERNAS DEL LOTE O

El loteo cuenta con una superficie de 17.5 hectáreas, en el que observando las curvas de nivel pudimos observar 3 subcuencas en la superficie del mismo; las mismas son:

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 63 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Luego, al igual que con la cuenca externa, se obtuvieron las características fisiográficas y los valores que luego van a ser necesarios para la modelación.

	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [km <sup>2</sup> ]	Per. [m]	Per. [km]	Tc (SCS) [h]	Tc [min]	Te [min]	S	la [mm]
<b>Cuenca A</b>	49146	0,049	1385	1,39	1,09	65	39	119,5	23,9
<b>Cuenca B</b>	90175	0,090	1549	1,55	0,93	56	33	119,5	23,9
<b>Cuenca C</b>	44889	0,045	892	0,89	0,38	23	14	119,5	23,9

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 64 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



	L [m]	L [km]	L [pies]	H sup. [m]	H inf. [m]	$\Delta H$ [m]	i [m/m]	i [%]
Cauce cuenca A	535	0,54	1755	48,8	42,4	6,4	0,0120	1,20
Cauce cuenca B	490	0,49	1608	49,6	42,6	7,0	0,0143	1,43
Cauce cuenca C	250	0,25	820	49,6	42,2	7,4	0,0296	2,96

Tipo de suelo B	CN
Residencial 20 % impermeabilizado	68

### 13.4 CUENCAS DE APOORTE LOTE O URBANIZADO

### 13.5 DETERMINACIÓN DE LLUVIA DE DISEÑO

A partir de las IDF proporcionadas por la cátedra, pudimos obtener las lluvias de diseño con una duración de 180min para la cuenca de aporte a la alcantarilla a la entrada del loteo, y una duración de 60min para las cuencas internas. Se analizaron con recurrencias de 5, 10, 25 y 100 años. La relación, intensidad-duración-frecuencia se define en la siguiente tabla.

Recurrencia [Años]	Intensidad [mm/h]	
	Duración [h]	
	1	3
5	55,07	26,30
10	63,83	30,49
25	77,59	37,06
100	104,24	49,79

TABLA 4

El resultado del producto entre la Intensidad y la duración de la lluvia, es la lámina de agua caída expresada en mm.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 65 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Precipitación (mm)	
Duración (hs)	
1	3
55,07	78,9
63,83	91,47
77,59	111,18
104,24	149,37

TABLA 5

Luego, para determinar los hietogramas correspondientes a la lluvia de diseño se utilizó la distribución porcentual de la lluvia a partir de sextiles, con el pico en el segundo sextil. Esta distribución fue propuesta por Gabriel Caamaño Nelli y Clarita M. Dasso; característica propia de las lluvias de la zona.

Porcentaje de Lamina	
Sextil	%
1	12,00%
2	49,00%
3	23,00%
4	9,00%
5	4,00%
6	3,00%

TABLA 6

Conocido esto, se calcularon los Hietogramas para las lluvias de 60 minutos de duración, para las recurrencias dadas obteniendo los siguientes resultados.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 66 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

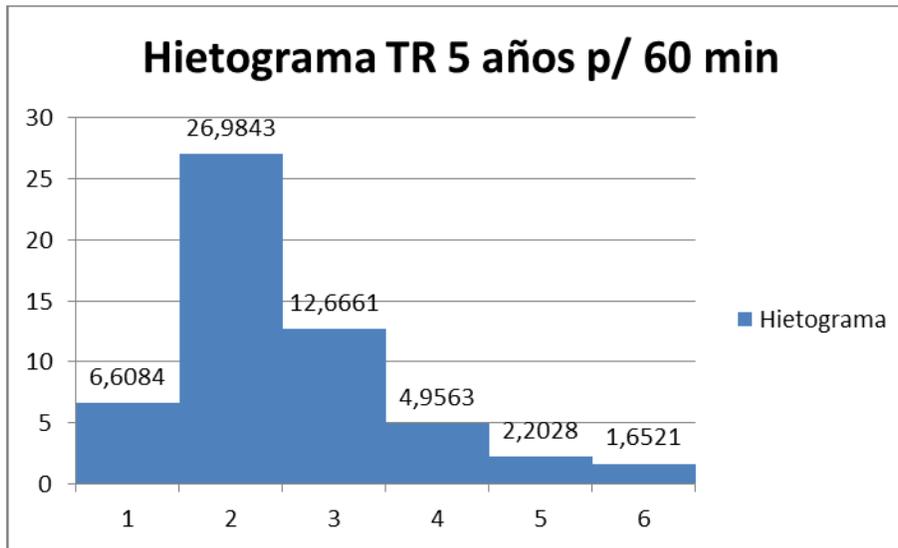


GRAFICO 14

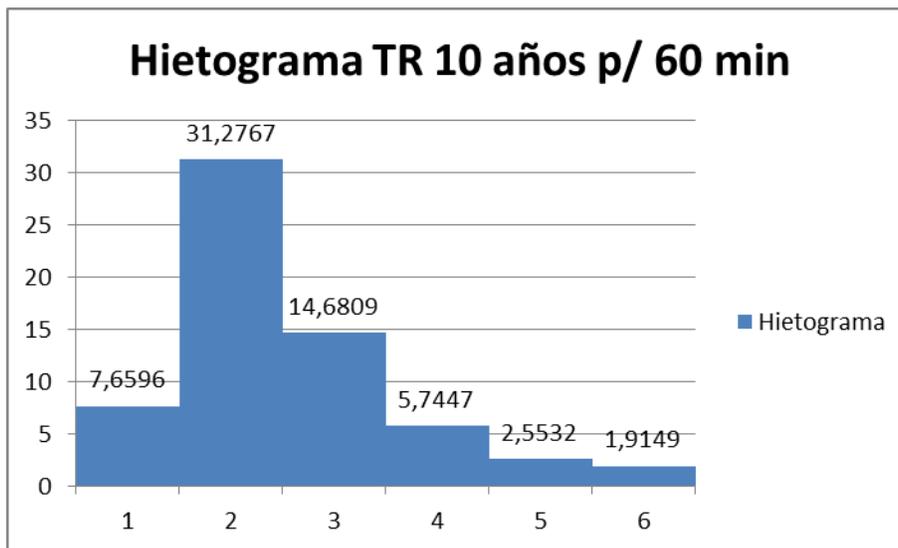


GRAFICO 15

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 67 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

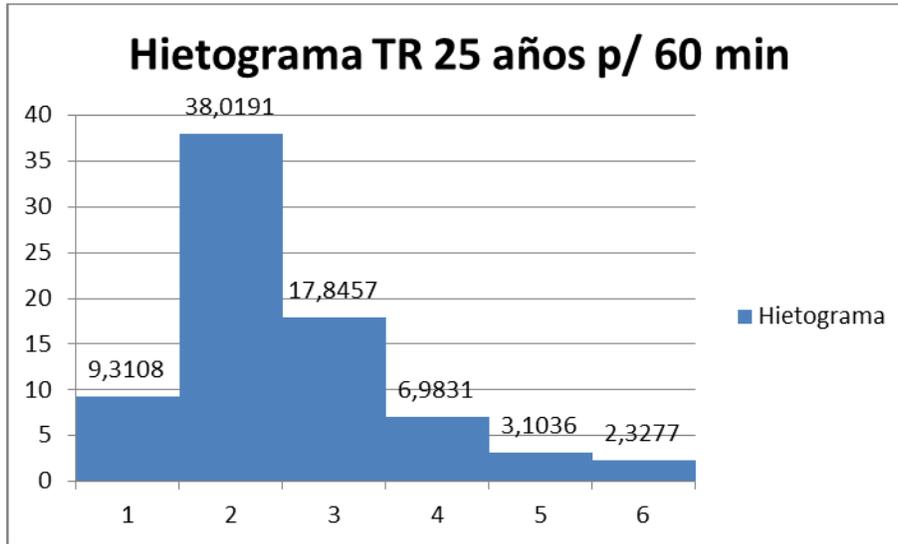


GRAFICO 16

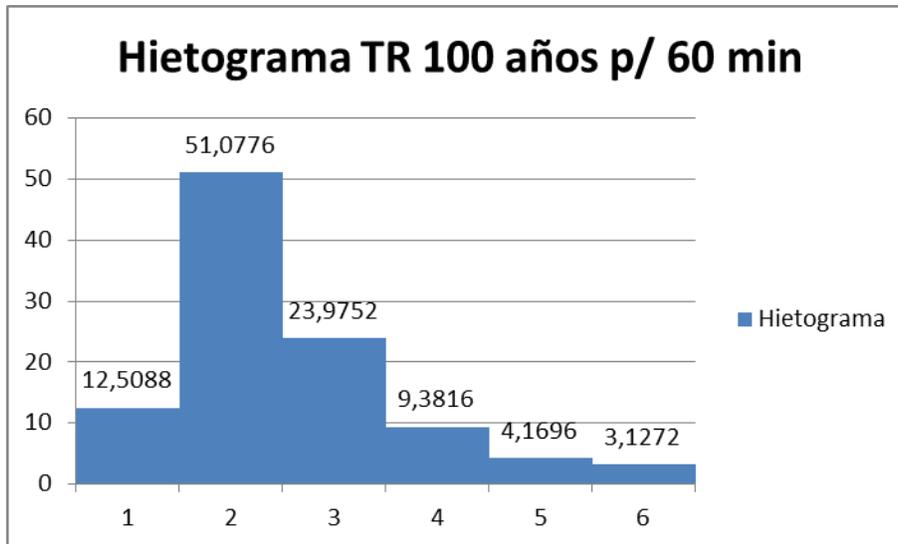


GRAFICO 17

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 68 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Los mismos cálculos se realizaron para las mismas recurrencias, pero con lluvias de duración de 180 minutos.

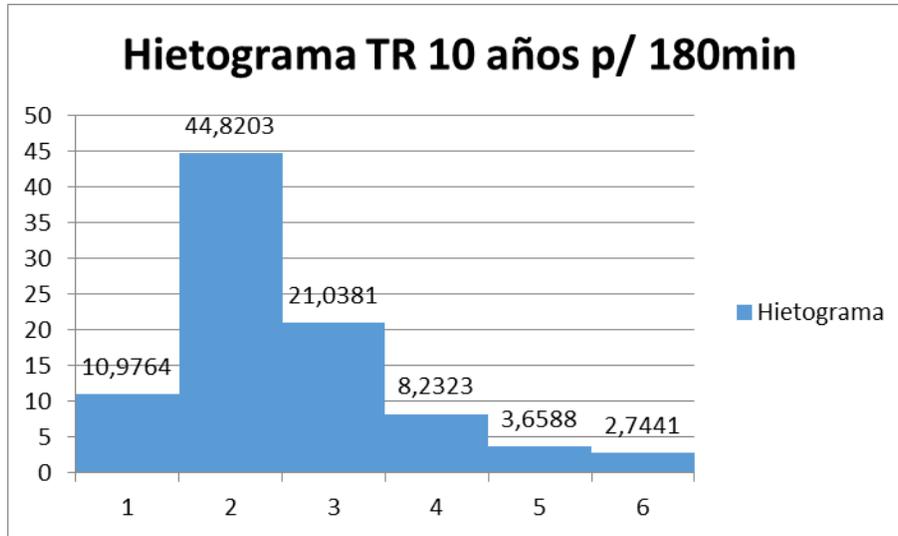


GRAFICO 18

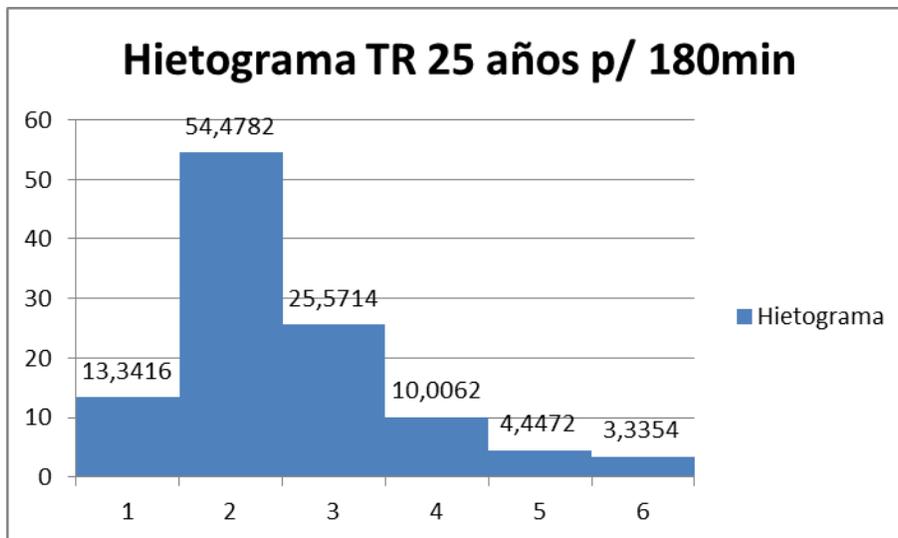


GRAFICO 19

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 69 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

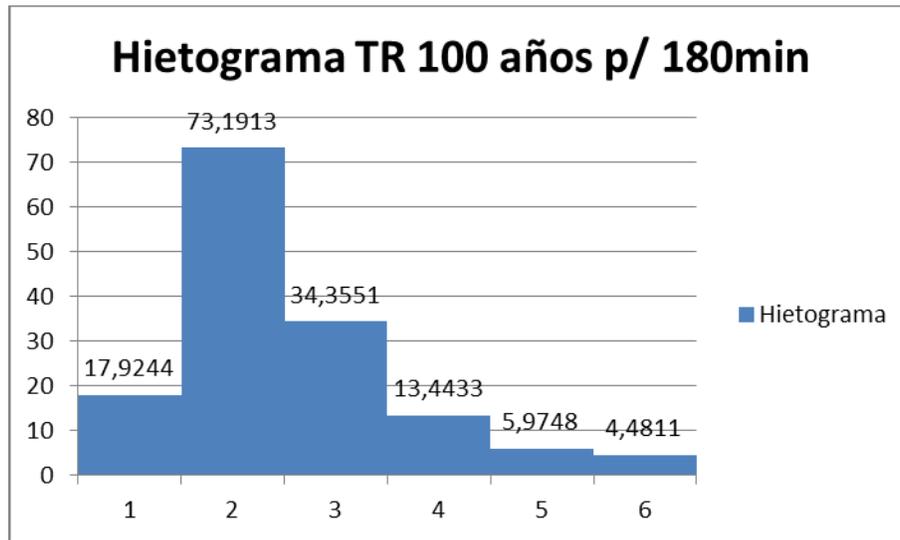


GRAFICO 20

## 13.6 MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE CUENCAS – ESTADO ACTUAL

### 13.6.1 Modelo computacional utilizado

Para la modelación hidrológica se utilizó el programa HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System), del centro de ingeniería hidrológica del ejército de ingenieros de los Estados Unidos.

El HEC-HMS es un programa de simulación hidrológica tipo evento, lineal y semidistribuido, desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas (caudales máximos y tiempos al pico) a partir de condiciones extremas de lluvias, aplicando para ello algunos de los métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión en escurrimiento directo.

El programa incluye una interfaz gráfica para el usuario que le permite introducir la información necesaria para una simulación, manejar los componentes de análisis hidrológico a través de módulos integrados, y obtener respuestas gráficas o tabuladas de fácil comprensión e impresión.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 70 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Para definir la estructura de las cuencas, el programa considera los siguientes elementos:

- Subcuencas
- Tramos de tránsito
- Uniones
- Embalses
- Fuentes
- Sumideros
- Derivaciones

Con estos siete componentes, se puede elaborar una cuenca tan compleja como se requiera. Además, el programa trabaja con tres módulos básicos que definen en su conjunto el proyecto de simulación de la cuenca:

- Módulo de precipitación: permite seleccionar el patrón de precipitación (hietograma) del evento tormenta que más se ajuste a las posibles condiciones de la cuenca, incluyendo la introducción manual de los datos de lluvia de diseño.
- Módulo de la cuenca: permite la representación del sistema físico con los elementos antes citados, y la inclusión de las características morfo métricas y de condición del suelo para cada uno de ellos.
- Módulo de control: incluye las fechas de inicio y culminación de los datos de lluvia y caudal para la simulación, y los intervalos de tiempo para realizar los cálculos.

Lo segundo que se hizo fue crear las dos subcuencas en el programa y cargar los datos fisiográficos de las mismas, obtenidos ya anteriormente. El método utilizado, tanto para las pérdidas como para la transformación de lluvia a caudal, fue el del SCS, del Número de Curva y del Hidrograma Unitario.

Dentro de la subcuenca 1 y al norte del loteo se encuentra una alcantarilla longitudinal a la ruta, correspondiente a la cuenca externa, que hace de embalse a toda el agua proveniente del escurrimiento superficial y que viaja por la cuneta. Algo similar ocurre con la alcantarilla de ingreso al loteo, nada más que en este caso es la ruta la que oficia como embalse. En ambos casos, hay una gran parte del agua que se pierde y sale hacia afuera de la cuenca, tanto por encima de la ruta en el primer caso, como por encima de la alcantarilla en el segundo caso. Todo esto debió ser

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 71 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



modelado en el HMS; por lo que se cargaron dos embalses y dos divergencias, con sus respectivas pérdidas, en cada alcantarilla.

Debido a esto, se tuvo que calcular el almacenamiento (volumen) de cada “embalse” y el caudal de paso por cada alcantarilla, haciendo especial diferencia entre el caudal que quedaba dentro de la cuenca y el que se “perdía” y salía de ésta por encima de la ruta, el cual no interesa para este análisis.

Para calcular los caudales de salida de por las alcantarillas, se utilizaron la fórmula de Manning para canal a cielo abierto, la fórmula de caudal erogado por un orificio, y la fórmula de caudal a través de un vertedero. Tanto el orificio como el vertedero se consideraron de pared y cresta gruesa respectivamente.

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Fórmula de Manning

$$R = \frac{A}{P}$$

Dónde:

- Q es el caudal a flujo permanente que pasa a través de una sección de un canal a cielo abierto, en [m<sup>3</sup>/s].
- N es el coeficiente de rugosidad de Manning, que depende de la rugosidad de las paredes y fondo del canal, fue usado un n = 0.017 correspondiente a canal de H° sin pulir. El mismo se obtuvo de la tabla 5-6 del libro: Chow, Ven Te. *Hidráulica de canales abiertos*.
- A es el área mojada de la sección en estudio del canal, en [m<sup>2</sup>].
- R es el radio hidráulico, expresado en [m].
- P es el perímetro mojado de la sección, en [m].
- S es la pendiente de la línea de energía, en este caso, al ser a cielo abierto, es la pendiente del fondo del canal. Se usó como pendiente 0.5%.

$$Q = C_D * A_o * \sqrt{2 * g * H}$$

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 72 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Caudal a través de un orificio a presión.

Dónde:

- $C_D$  es el coeficiente de orificio. Se usó 0.65.
- $A_o$  es el área del orificio, en  $[m^2]$ .
- $G$  es la gravedad, en  $[m^2/s]$ .
- $H$  es la distancia entre el pelo de agua y el centro de gravedad del orificio.

$$Q = C * L * H^{2/3}$$

Caudal a través de un vertedero.

Dónde:

- $C$  es el coeficiente de vertedero. Se usó 2.60.
- $L$  es la longitud del vertedero, en  $[m]$ .
- $H$  es la distancia entre el pelo de agua y el vertedero, en  $[m]$ .

Además, se tuvo en cuenta que, a cierta altura de llenado del embalse, el agua comienza a “perdersé” por encima de la ruta, por lo que fue computado como un aumento de la longitud de vertedero. Para computar estas “pérdidas”, se sacó una relación entre los caudales, dividiendo la longitud de vertedero por encima de la alcantarilla que quedaba dentro de la cuenca, con la longitud total del vertedero; luego con esta relación se diferencié entre caudal a través de la alcantarilla y caudal perdido. Éstos son los datos necesarios para cargar en el HMS para modelar los embalses y las divergencias.

Luego se cargó la cuneta de la ruta, que transporta el agua de la subcuenca 1 hasta el punto de salida de toda la cuenca, o sea hasta la alcantarilla de entrada al loteo. La misma tiene una longitud de aproximadamente 400 m con una pendiente del 0.7 %; el coeficiente de Manning utilizado fue de 0.03, correspondiente a pasto; su sección es trapezoidal con una base de 9 m y un talud de 4H: 1V.

Con esto quedó concluida la modelación de las cuencas externas.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 73 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### 13.6.2 Modelación Hidrológica Cuencas Externas – Estado Actual

Cargando los hietogramas obtenidos anteriormente y los datos en el programa HMS, obtuvimos los hidrogramas de entrada en la cuenca, con el caudal, y pico máximo, para 100, 25, 10 y 5 años como los podremos ver ahora:

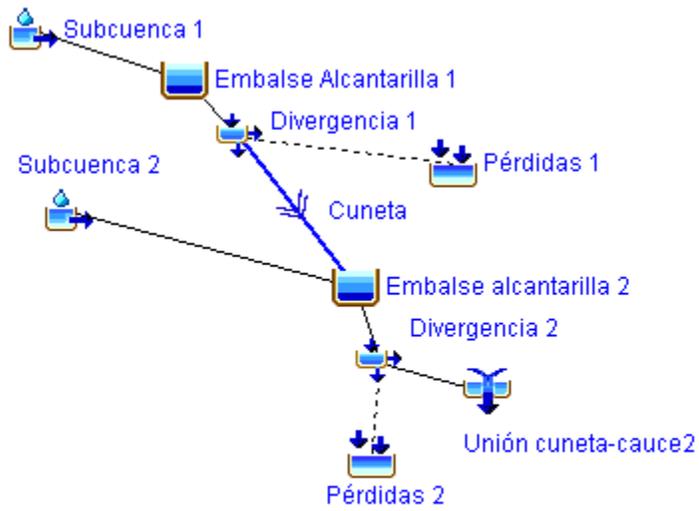


GRAFICO 21

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 74 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



A lo cual el resultado del hidrograma de ingreso al loteo para las diferentes recurrencias fue el siguiente:

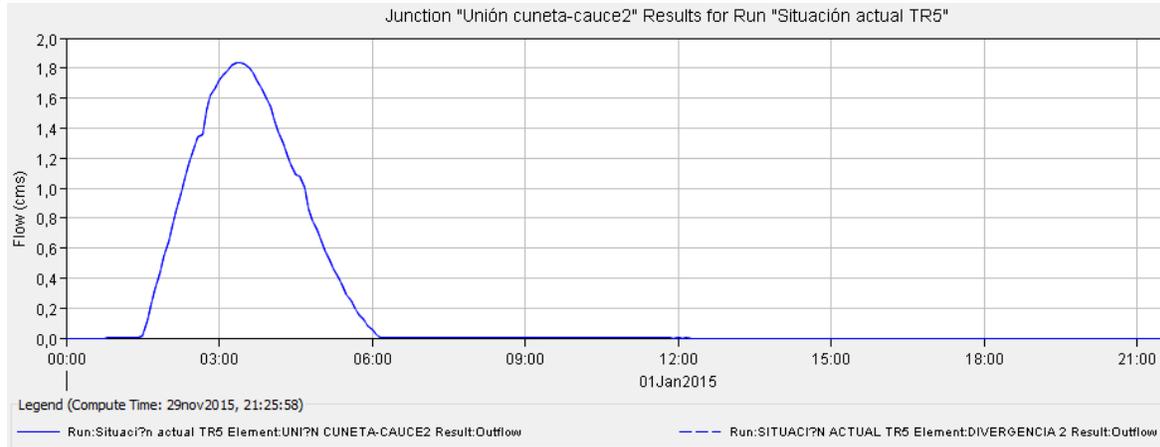


Gráfico 1

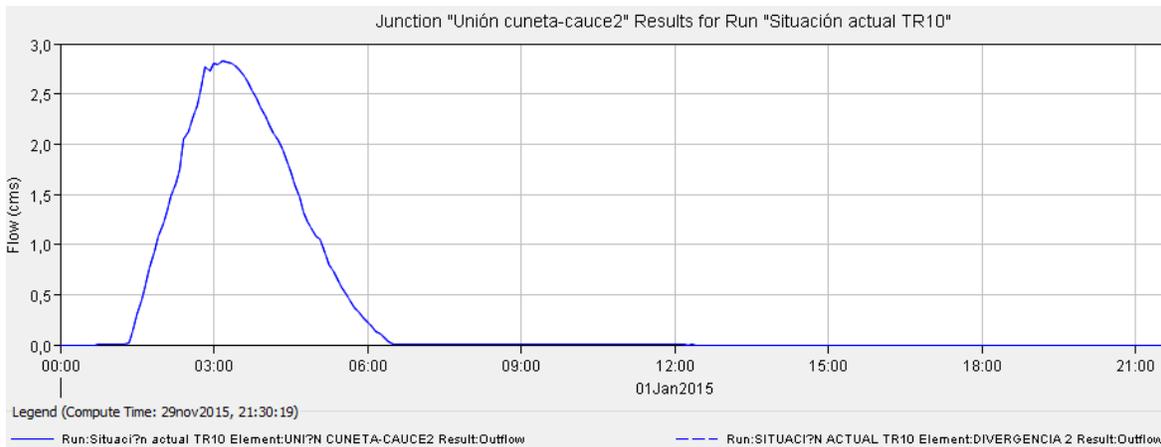


Gráfico 2

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 75 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

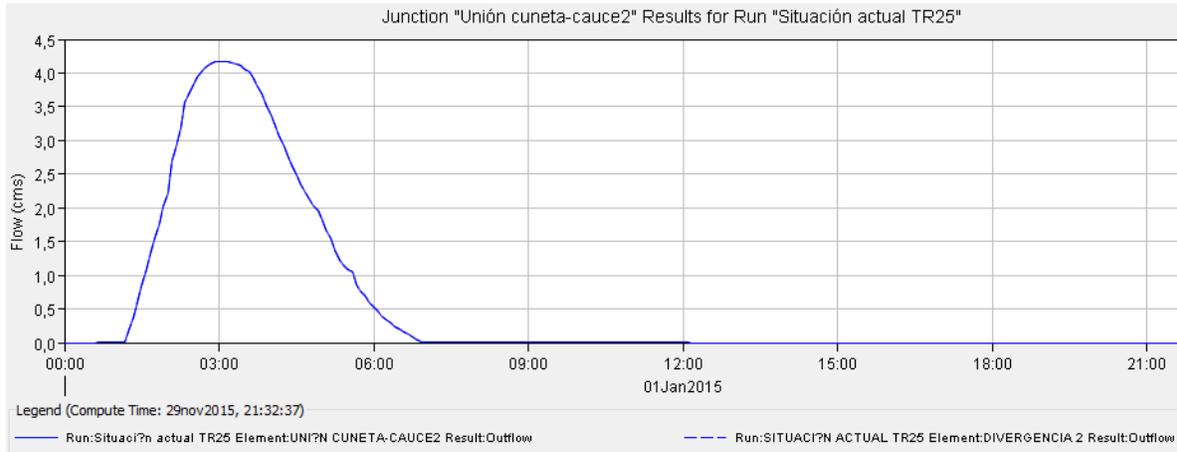


Gráfico 3

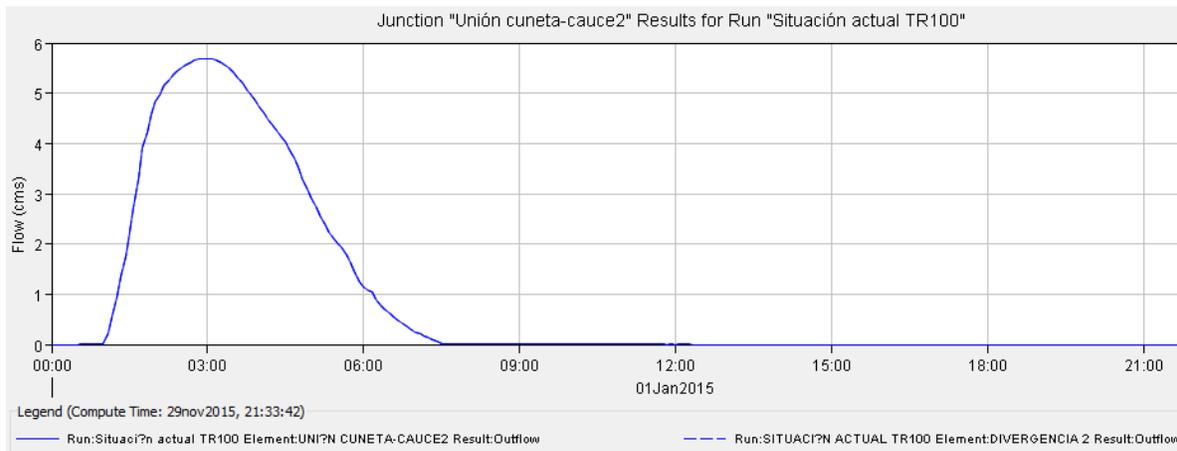


Gráfico 4

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 76 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



**Tabla resumen:**

Cuenca externa (entrada al loteo)				
Q picos de salida [m <sup>3</sup> /s]				
TR	5	10	25	100
Caudal	1,84	2,83	4,18	5,69

Tabla 7

### 13.7 SITUACION EXTERNA AL LOTEO

Luego de hacer el estudio de las cuencas externas al loteo se tuvieron que estudiar dos alcantarillas que funcionaban de laguna de retención, y a su vez generaban distribución del caudal, de tal manera no todo lo escurrido de las cuencas A y B termina ingresando al loteo.

### 13.8 UBICACIÓN DE LAS CUNETAS:

La primera laguna ubicada sobre la alcantarilla de la ruta 45 frente al loteo, que solo regula el caudal de la cuenca A, y luego la laguna más al sur, que cruza la ruta 45 para ingresar al loteo, que regula el caudal de ambas cuencas.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 77 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



GRAFICO 22

### 13.9 DETALLE DE LAS LAGUNAS

Laguna norte:

Está conformada por un ingreso a un campo, y la mima cuenca con dos caños de hormigón de 80 cm y uno de 60 cm para el paso del agua, la altura hasta funcionar como vertedero es 130 cm, cuando la misma empieza a subir el nivel, el ancho de vertedero empieza a aumentar, y el caudal que sobre pasa la cota de la ruta se pierde, generando una divergencia. Para la misma se generaron tablas con los siguientes resultados.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 78 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



<b>CALCULO VOLUMEN Y CAUDAL DE SALIDA ALCANTARILLA NORTE</b>		
<b>h [M]</b>	<b>V [M<sup>3</sup>]</b>	<b>Qt [M<sup>3</sup>]</b>
0	0	0
0,1	4,29	0,07
0,2	17,14	0,28
0,3	38,57	0,59
0,4	68,57	0,98
0,5	107,14	1,36
0,6	154,29	1,64
0,7	210,00	2,02
0,8	274,29	2,01
0,9	347,14	2,68
1	428,57	2,92
1,1	518,57	3,15
1,2	617,14	3,36
1,3	724,29	3,56
1,35	781,07	4,40
1,4	840,00	5,85
1,5	964,29	10,66
1,6	1097,14	16,46

Tabla 8

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 79 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Y las divergencias según altura y largo de vertedero resultando:

CALCULO DIVERGENCIA				
altura	Long Vertedero	Long Perdida	cauda alcantarilla	caudal perdido
[m]	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
1,3	14,32			
1,35	19,92	5,6	4,19	0,21
1,4	25,52	11,2	4,93	0,92
1,45	28,945	14,625	7,26	3,40
1,5	32,37	18,05	9,57	6,90

Tabla 9

Laguna sur

La misma está conformada por un canal cerrado de hormigón de 100 cm de alto por 200 cm de ancho, y esta cruza la ruta n° 45, generando antes de ingresar al loteo una laguna que regula el ingreso, y a grandes lluvias, genera una divergencia ya que el talud que se encuentra posterior a la entrada de la cuneta es sobre pasado al superar los 65cm de altura de agua.

LAGUNA CUNETA SUR Y DIVERGENCIA SUR				
Profundidad [m]	almacenamiento [1000 m <sup>3</sup> ]	descarga total [m <sup>3</sup> /s]	descarga ingreso a loteo [m <sup>3</sup> /s]	descarga hacia cuneta longitudinal [m <sup>3</sup> /s]
0,06	0,02	0,00	0,00	0,00
0,25	0,07	0,14	0,14	0,00
0,45	0,21	0,52	0,52	0,00
0,65	0,50	2,03	0,94	1,09
0,85	0,90	2,91	1,25	1,66
1,05	1,43	3,64	1,37	2,27
1,25	2,12	5,49	1,49	4,00
1,45	3,00	8,80	3,00	5,74
1,65	4,12	12,39	5,99	6,40
1,85	5,38	19,18	12,18	7,00
2,05	6,63	36,07	20,66	7,55

Tabla 10

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 80 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### 13.10 MODELACIÓN HIDROLÓGICA CUENCAS INTERNAS – ESTADO ACTUAL

De la misma manera anterior, cargamos los datos en HMS, teniendo en cuenta que las cuencas son mucho más pequeñas se va a tomar un tiempo de control de 10 minutos para poder ver bien los cambios en el hidrograma, ya que los tiempos de concentración son menores también, obteniendo como resultado:

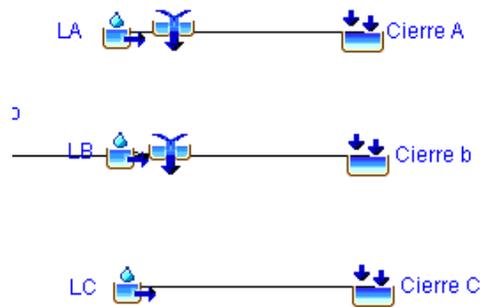
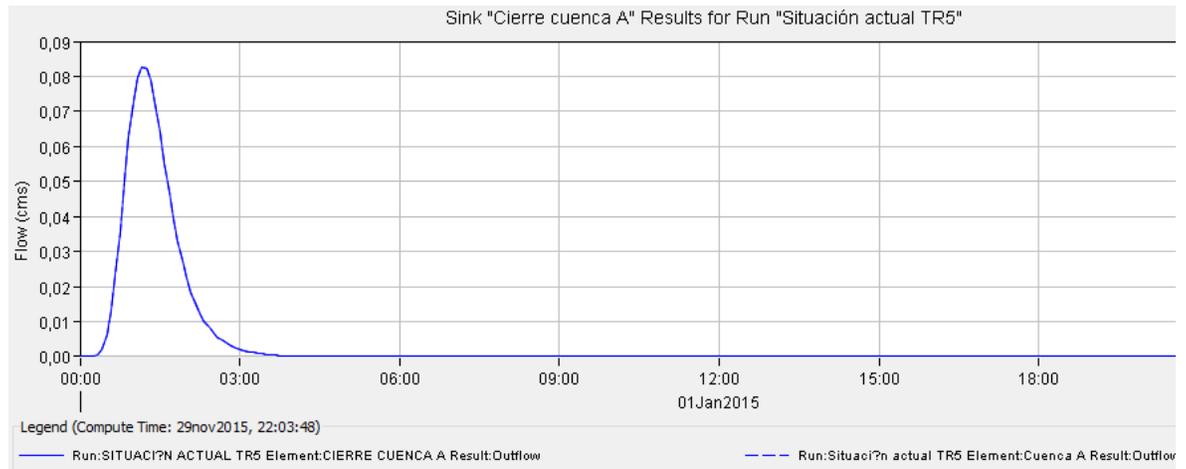


Gráfico 5

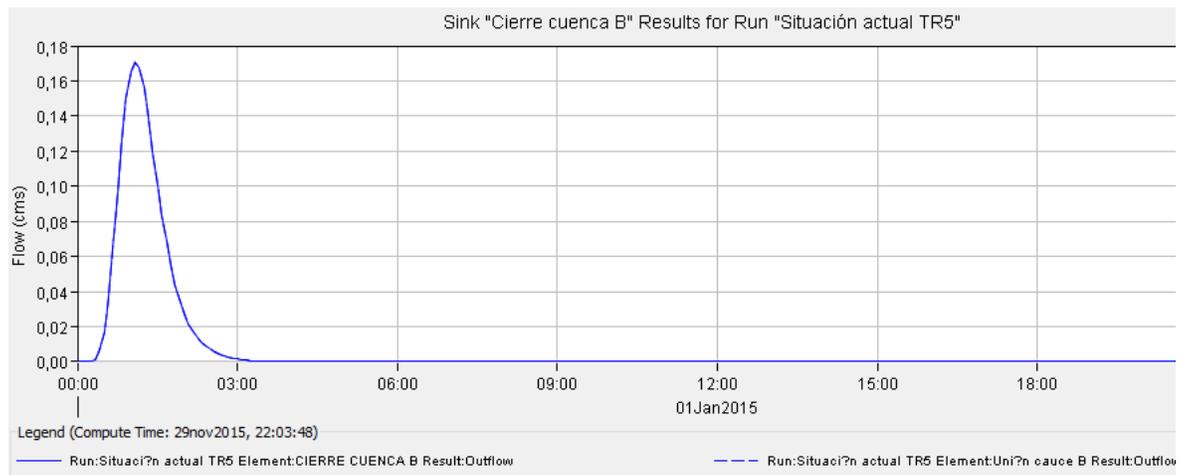
<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 81 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



El resultado de los hidrogramas de salida de las cuencas Cierre A, Cierre B y Cierre C es el siguiente

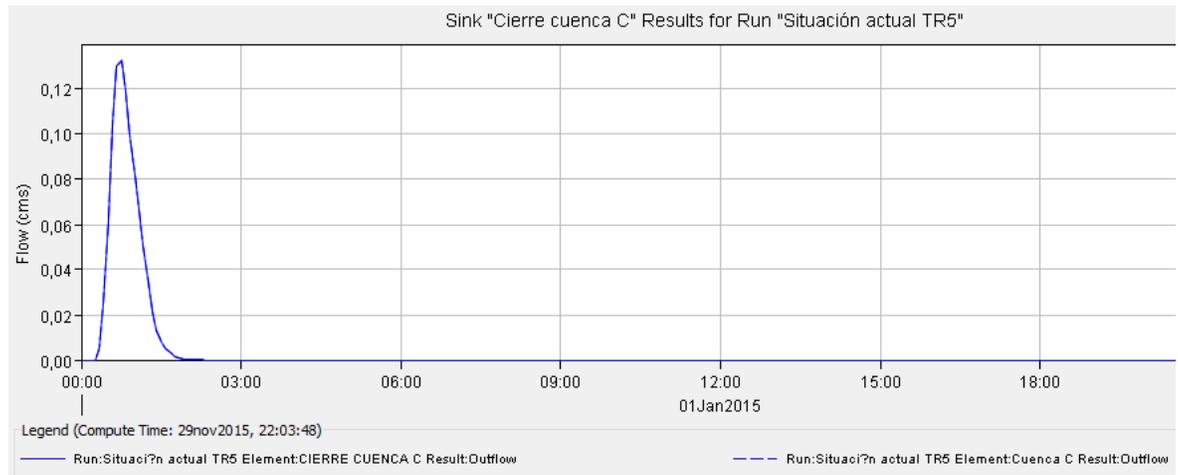


Hidrograma de salida de la cuenca interna A para TR5.

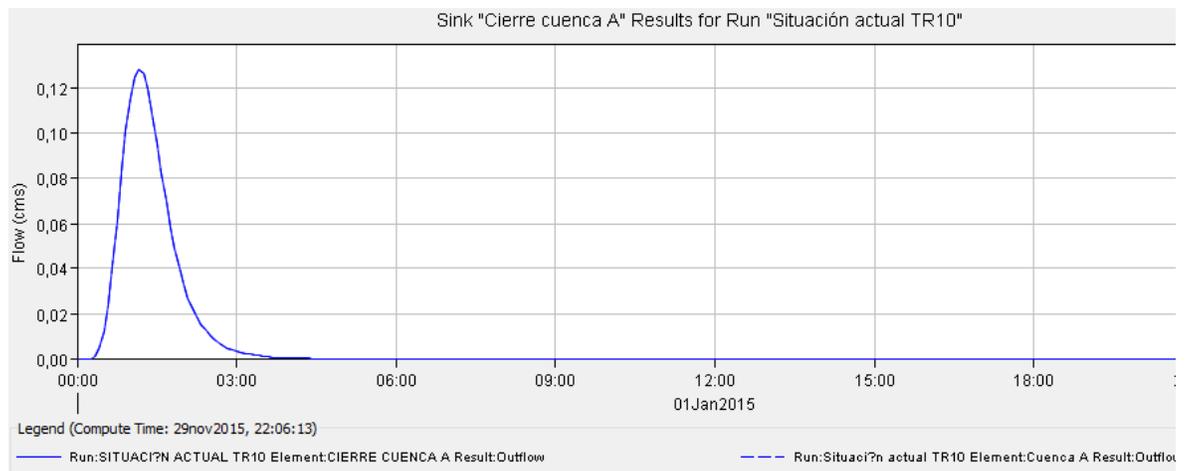


Hidrograma de salida de la cuenca interna B para TR5.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 82 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

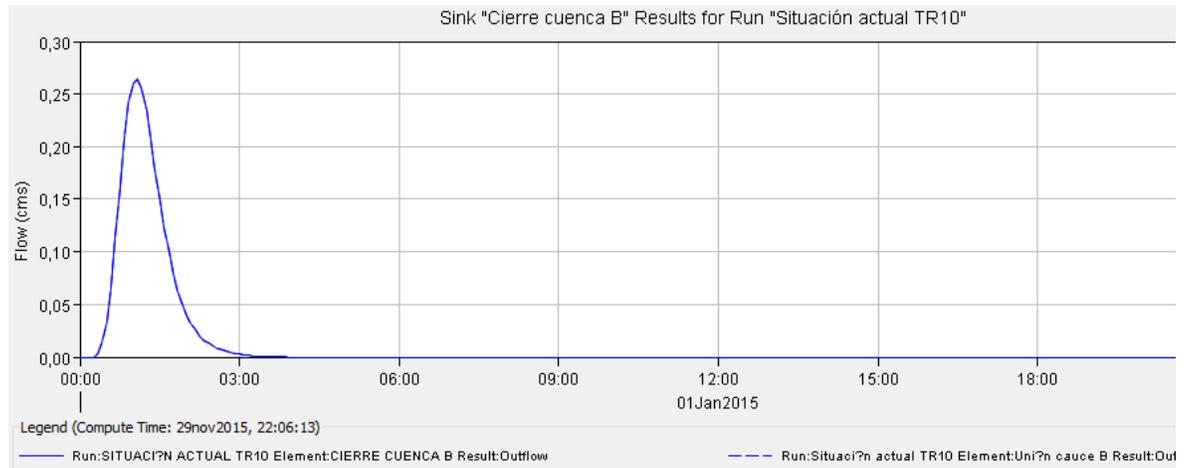


Hidrograma de salida de la cuenca interna C para TR5.

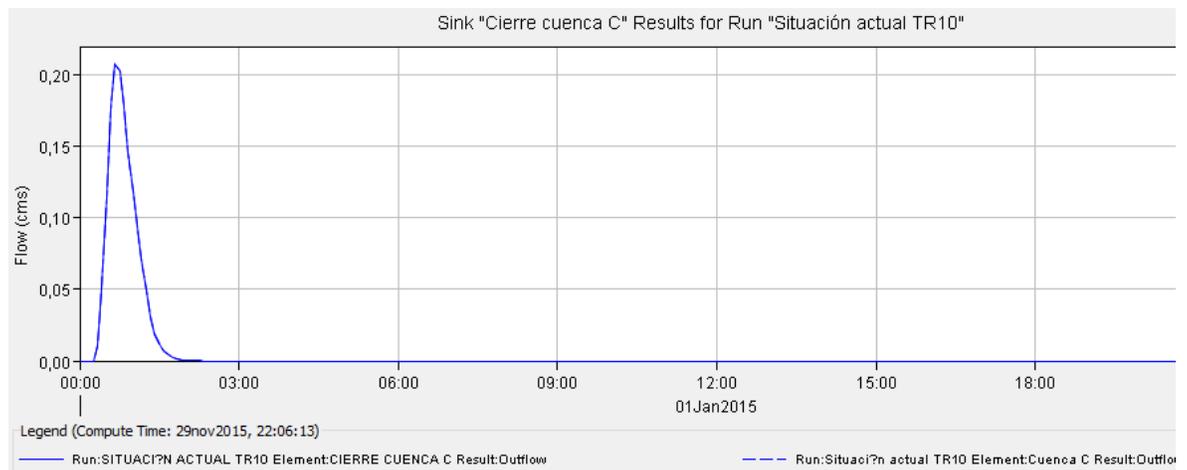


Hidrograma de salida de la cuenca interna A para TR10.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 83 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

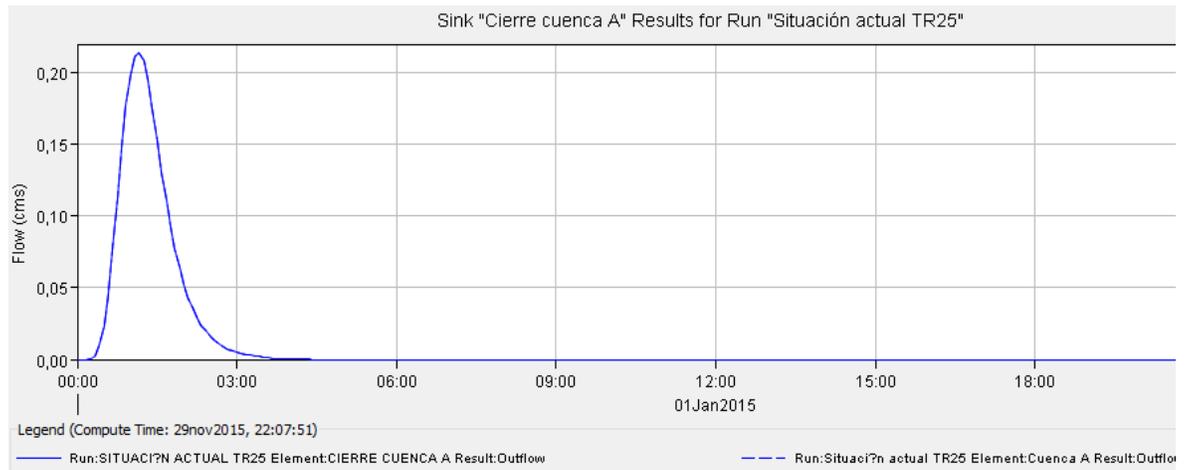


Hidrograma de salida de la cuenca interna B para TR10.

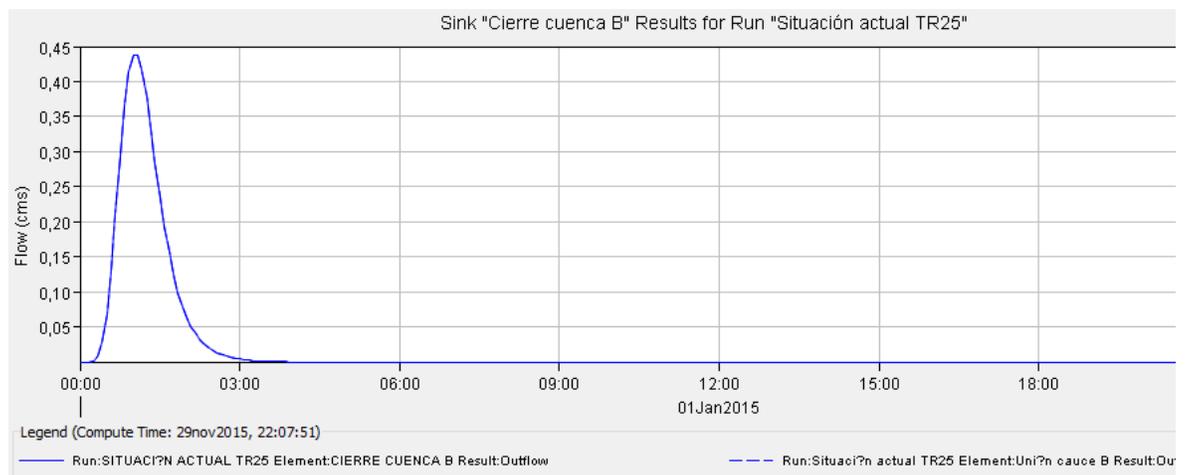


Hidrograma de salida de la cuenca interna C para TR10.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 84 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

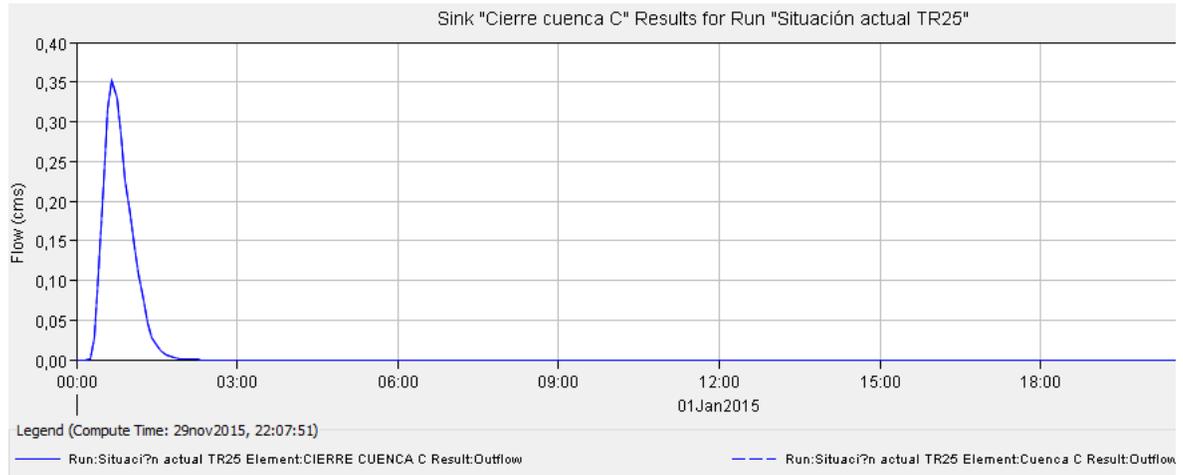


Hidrograma de salida de la cuenca interna A para TR25.

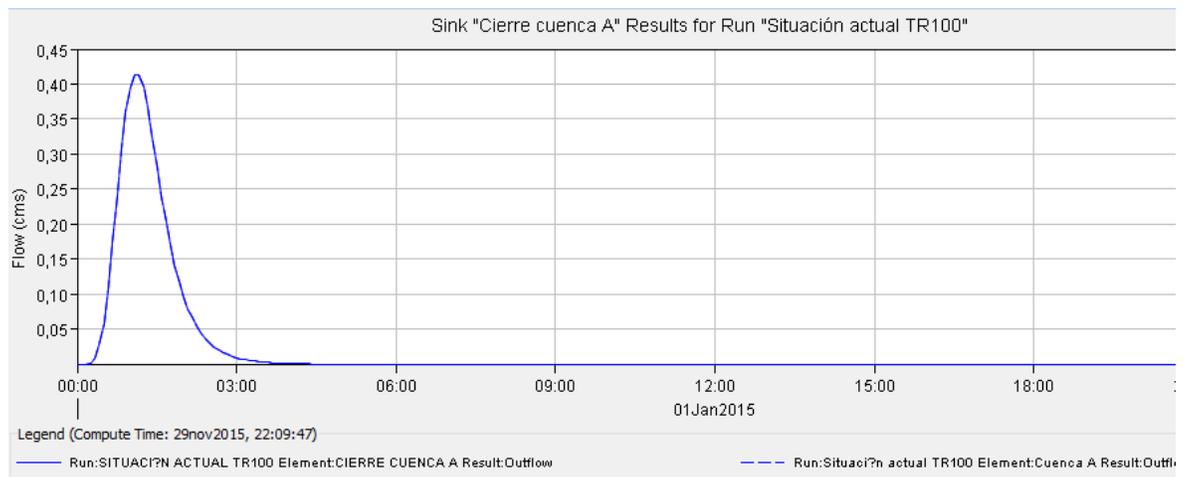


Hidrograma de salida de la cuenca interna B para TR25.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 85 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

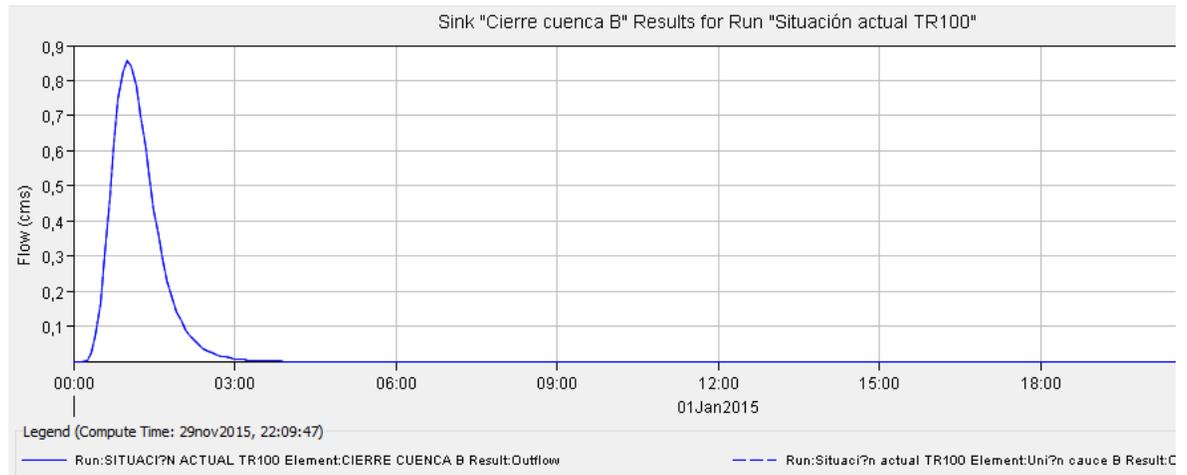


Hidrograma de salida de la cuenca interna C para TR25.

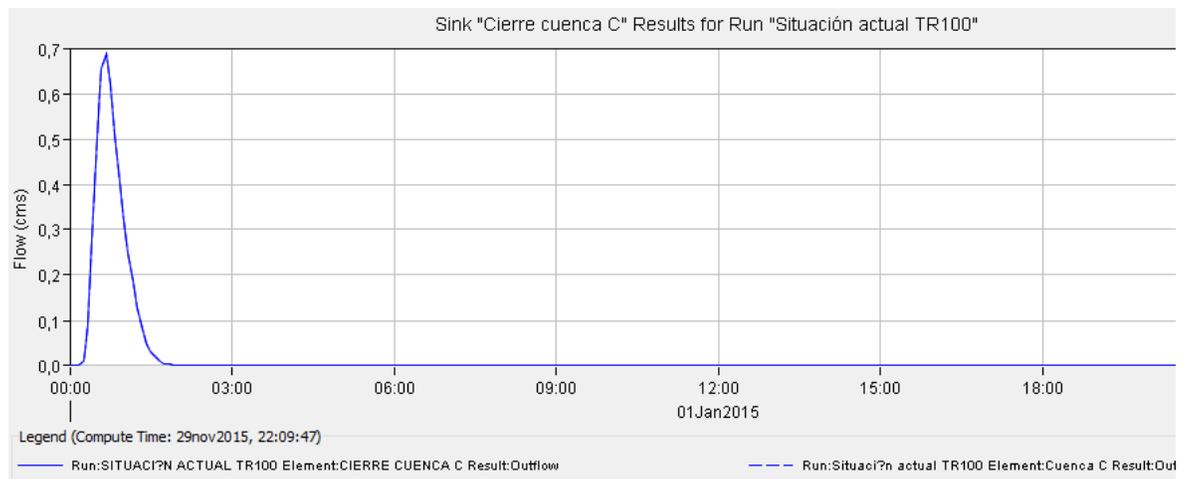


Hidrograma de salida de la cuenca interna A para TR100.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 86 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Hidrograma de salida de la cuenca interna B para TR100.



Hidrograma de salida de la cuenca interna C para TR100.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 87 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Resultados:

Cuencas internas antes de la urbanización				
Q picos de salida [m <sup>3</sup> /s]				
TR	5	10	25	100
Cuenca A	0,08	0,13	0,25	0,41
Cuenca B	0,17	0,26	0,44	0,86
Cuenca C	0,13	0,21	0,35	0,69

### 13.11 RESULTADOS MODELACIÓN HIDROLÓGICA EXTERNAS MÁS INTERNAS

Analizando la propuesta completa, a la salida de las cuencas bajas, la descarga de las cuencas que aportan a la alcantarilla, estas aportan a la cuenca del loteo en estado natural cierre B, por lo que la salida de las Cuencas cierre A y cierre C no se ven afectadas por el caudal externo, a continuación, se muestran los resultados obtenidos.

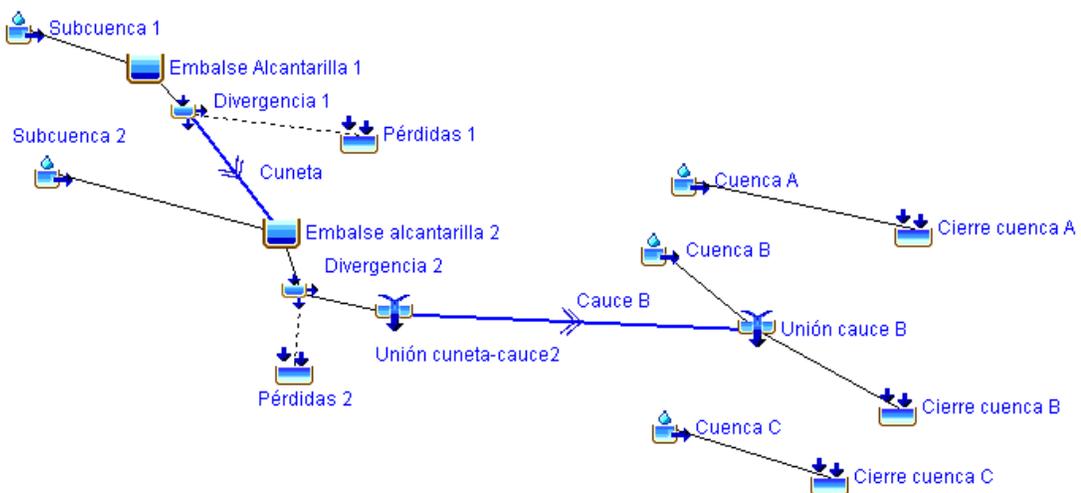
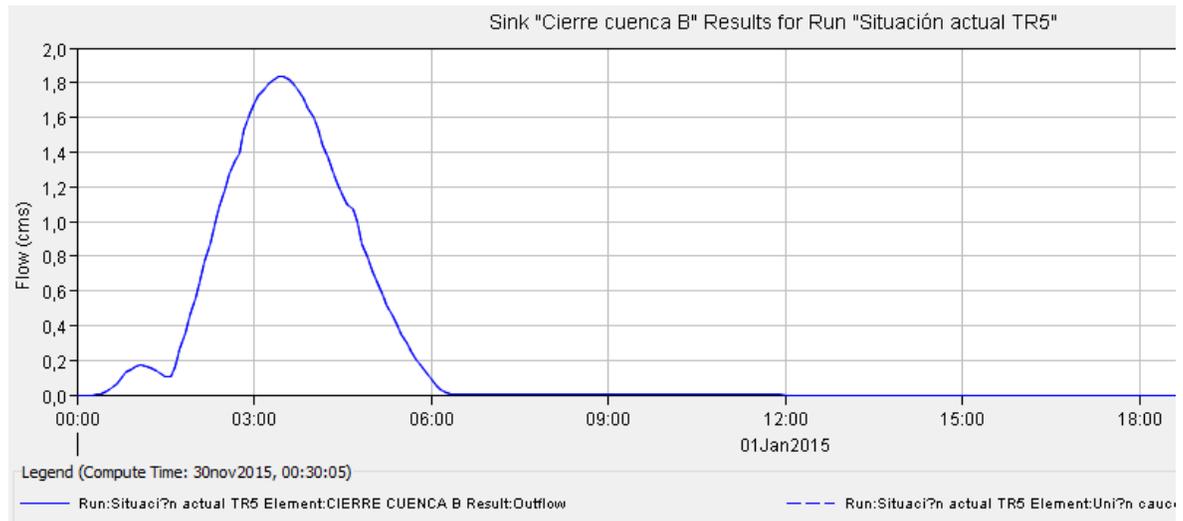
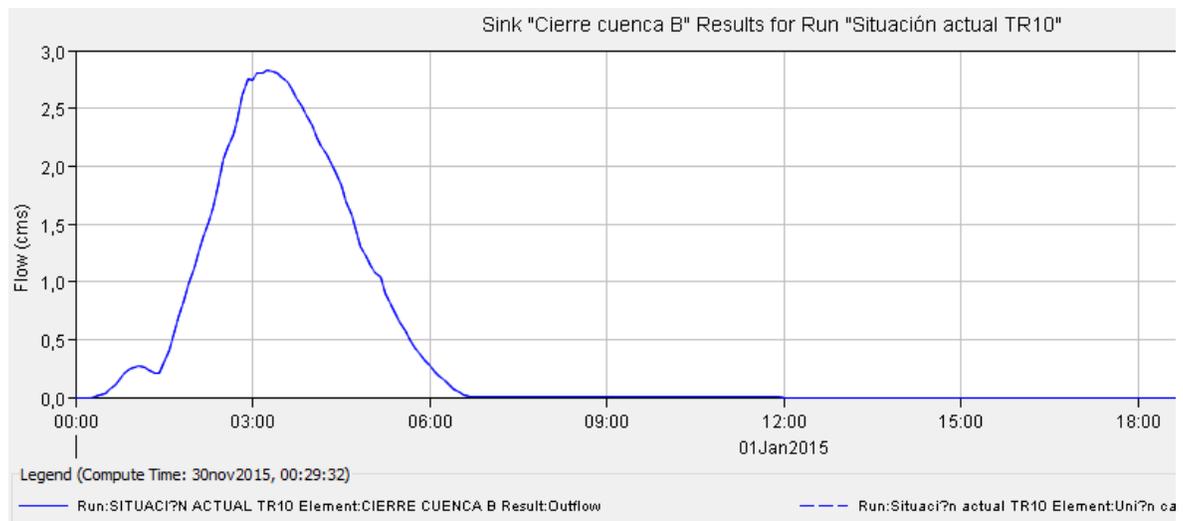


GRAFICO 23 - CUENCAS EXTERNAS MÁS INTERNAS EN HMS ANTES DE URBANIZACIÓN

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 88 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

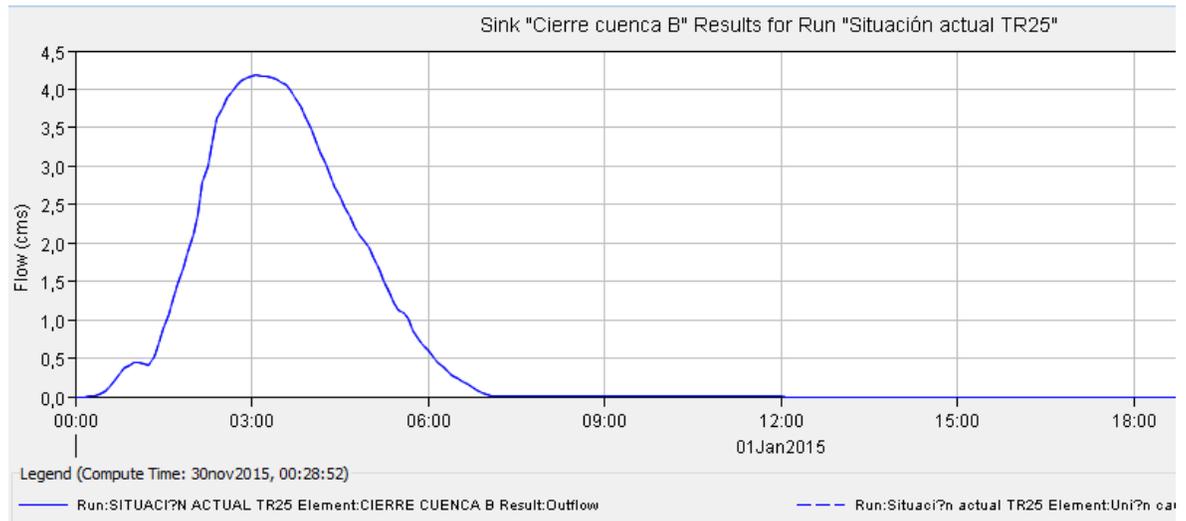


Hidrograma de salida cuenca B para TR5.

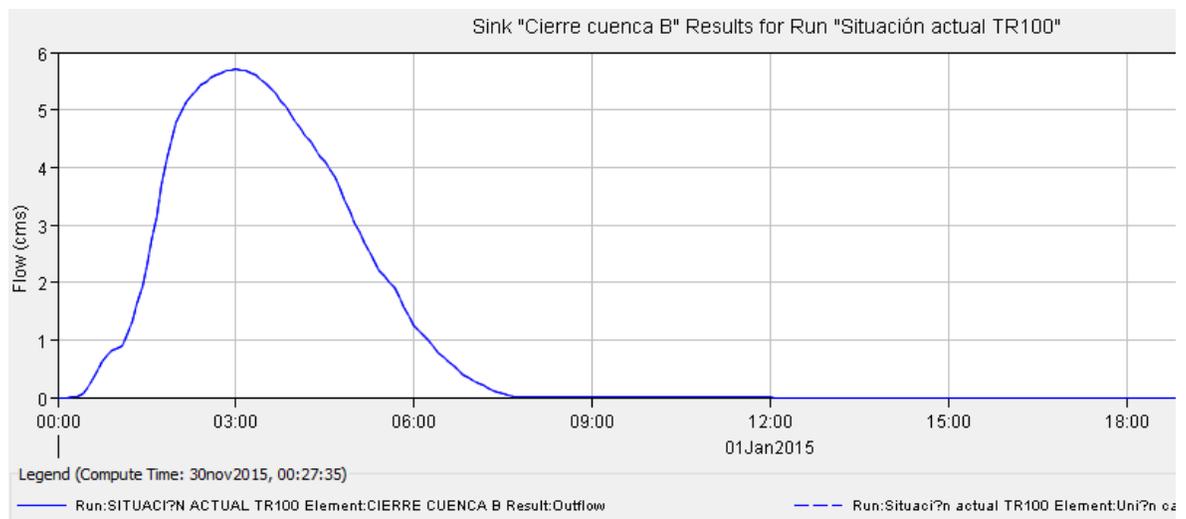


Hidrograma de salida cuenca B para TR10.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 89 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Hidrograma de salida cuenca B para TR25.



Hidrograma de salida cuenca B para TR100.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 90 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Los hidrogramas resultantes son:

Cuencas internas y externas antes de la urbanización				
Q picos de salida [m <sup>3</sup> /s]				
TR	5	10	25	100
Cuenca A	0,08	0,13	0,25	0,41
Cuenca B	1,84	2,83	4,18	5,69
Cuenca C	0,13	0,21	0,35	0,69

Tabla 11

### 13.12 MODELACIÓN HIDROLÓGICA CUENCAS INTERNAS – ESTADO FUTURO

Lo primero que se hizo fue delimitar las cuencas, con sus respectivas subcuencas. Para llevar esto a cabo, se tuvo en cuenta que el agua de lluvia que cae sobre los lotes escurre hacia el frente de los mismos, salvo en ocasiones excepcionales donde el desnivel es muy pronunciado. A su vez, las calles funcionan como los cauces de cada una de las subcuencas. Las cuencas A, B y C son aproximadamente de similares dimensiones que las antes de la urbanización, como así sus puntos de salida.

Teniendo todos estos criterios en cuenta, se determinaron las cuencas con sus respectivas subcuencas.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 91 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### 13.12.1.1 DEFINICIÓN DE CUENCAS INTERNAS CON LOTEO DESARROLLADO: ESTADO FUTURO



GRAFICO 24

Con los datos obtenidos, mediante el programa AutoCAD, se calcularon:

- Área de las cuencas
- Cauces principales
- Pendiente
- Y el valor de curva número (CN) ponderado

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 92 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



	Área [m <sup>2</sup> ]	Área [km <sup>2</sup> ]	Per. [m]	Per. [km]	Tc (SCS) [h]	Tc [min]	Te [min]	S	la [mm]
Subcuenca A1	23729	0,023729	736	0,736	0,27	16,3	9,8	44,8	9,0
Subcuenca A2	5805	0,005805	306	0,306	0,23	13,6	8,2	44,8	9,0
Subcuenca A3	32685	0,032685	845	0,845	0,78	46,6	28,0	44,8	9,0
Subcuenca B1	3361	0,003361	275	0,275	0,16	9,7	5,8	44,8	9,0
Subcuenca B2	14036	0,014036	610	0,61	0,28	16,7	10,0	44,8	9,0
Subcuenca B3	10391	0,010391	617	0,617	0,50	30,2	18,1	44,8	9,0
Subcuenca C1	9302	0,009302	475	0,475	0,43	25,9	15,6	44,8	9,0
Subcuenca C2	3972	0,003972	291	0,291	0,18	10,7	6,4	44,8	9,0
Subcuenca C3	10759	0,010759	622	0,622	0,22	13,2	7,9	44,8	9,0
Subcuenca C4	5439	0,005439	332	0,332	0,27	16,0	9,6	44,8	9,0
Subcuenca C5	3868	0,003868	264	0,264	0,07	3,9	2,4	44,8	9,0
Subcuenca C6	7678	0,007678	380	0,38	0,31	18,4	11,0	44,8	9,0
Subcuenca C7	5586	0,005586	299	0,299	0,18	10,7	6,4	44,8	9,0
Subcuenca C8	4062	0,004062	351	0,351	0,26	15,9	9,5	44,8	9,0
Subcuenca C9	3608	0,003608	263	0,263	0,27	16,5	9,9	44,8	9,0
Subcuenca C10	4743	0,004743	396	0,396	0,43	25,9	15,6	44,8	9,0
Subcuenca C11	4051	0,004051	314	0,314	0,07	4,3	2,6	44,8	9,0
Subcuenca C12	4448	0,004448	291	0,291	0,19	11,5	6,9	44,8	9,0
Subcuenca C13	6845	0,006845	430	0,43	0,14	8,6	5,1	44,8	9,0

Tabla 12

Elaboró:	Bertero - Horvat	Código:	TRABAJO FINAL 2015	
Revisó:	Fontana - Ganancias	Emisión:	03 de Diciembre 2015	
Autorizó:	Fontana - Ganancias	Revisión:	01	Página 93 de 155
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>				



	L [m]	L [km]	L [pies]	H sup. [m]	H inf. [m]	$\Delta H$ [m]	i [m/m]	i [%]
<b>Cauce A1 (calle 2)</b>	254	0,254	833	Los datos de las pendientes longitudinales se sacaron del plano de la red vial del loteo proporcionado por la cátedra			0,0208	2,08
<b>Cauce A2 (calle 5)</b>	97	0,097	318				0,0064	0,64
<b>Cauce A3 (calle 2)</b>	310	0,31	1017				0,0035	0,35
<b>Cauce B1 (calle 1)</b>	89	0,089	292				0,0110	1,10
<b>Cauce B2 (calle 4)</b>	221	0,221	725				0,0159	1,59
<b>Cauce B3 (calle 4)</b>	180	0,18	591				0,0035	0,35
<b>Cauce C1 (calle 1)</b>	179	0,179	587				0,0047	0,47
<b>Cauce C2 (calle 1)</b>	95	0,095	312				0,0101	1,01
<b>Cauce C3 (calle 6)</b>	187	0,187	614				0,0196	1,96
<b>Cauce C4 (calle 3)</b>	118	0,118	387				0,0063	0,63
<b>Cauce C5 (calle 5)</b>	59	0,059	194				0,0345	3,45
<b>Cauce C6 (calle 5)</b>	121	0,121	397				0,0050	0,50
<b>Cauce C7 (calle 5)</b>	84	0,084	276				0,0083	0,83
<b>Cauce C8 (calle 6)</b>	93	0,093	305				0,0044	0,44
<b>Cauce C9 (calle 7)</b>	86	0,086	282			0,0036	0,36	
<b>Cauce C10 (calle 7)</b>	149	0,149	489			0,0035	0,35	
<b>Cauce C11 (calle 8)</b>	80	0,08	262			0,0480	4,80	
<b>Cauce C12 (calle 8)</b>	54	0,054	177			0,0035	0,35	

Tabla 13

Curva numero:

Se estimó que como era urbanizado se tomaría para todas las cuencas un porcentaje totalmente impermeable (las calles) que están pavimentadas, y otro porcentaje, las manzanas, que se encuentran urbanizadas. De esa manera se llegó a un promedio de (**CN=85**) en todas las cuencas.

Tipo de suelo B	CN
Urbanizado (superficie lotes < 500 m2)	85

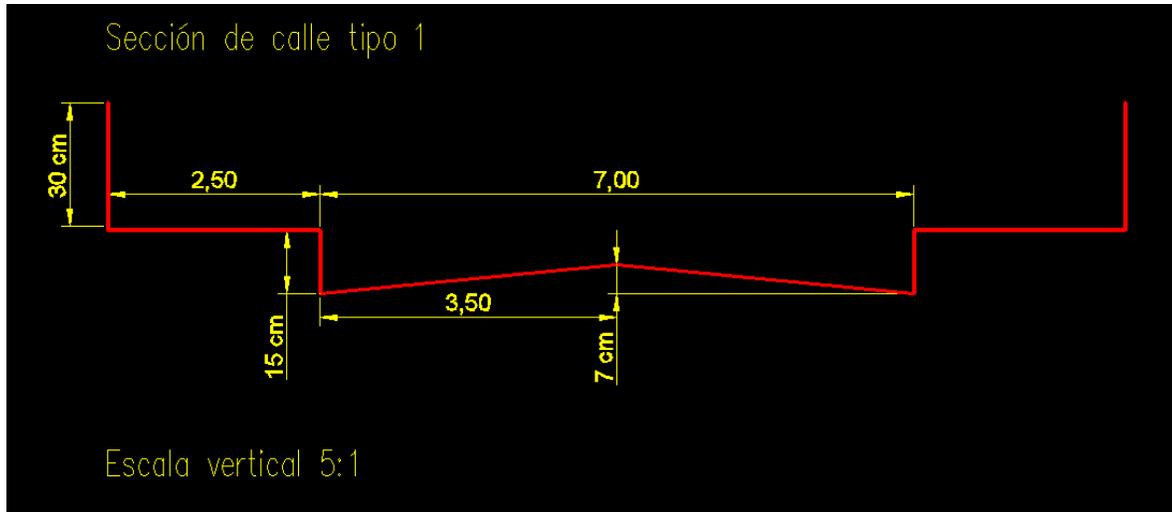
Tabla 14

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01
<b>Página 94 de 155</b>	
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>	

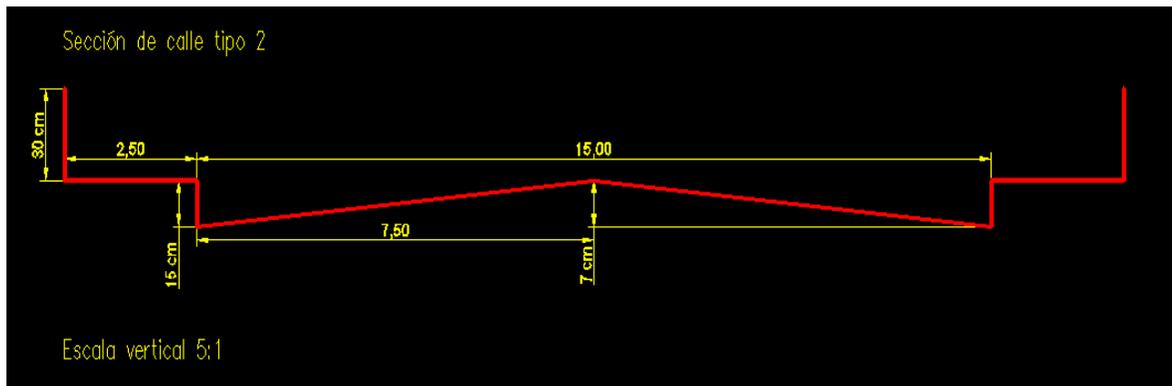


### 13.12.2 Modelación hidrológica de cuencas internas con loteo desarrollado

Lo primero que se hizo fue cargar las cuencas con sus subcuencas y cauces, y las características fisiográficas de éstas y éstos. Como se dijo anteriormente, los cauces de las subcuencas son las calles del loteo, por lo que se debió cargar las secciones de las mismas. Se identificaron dos tipos de secciones de calles.



Sección de calle tipo 1.

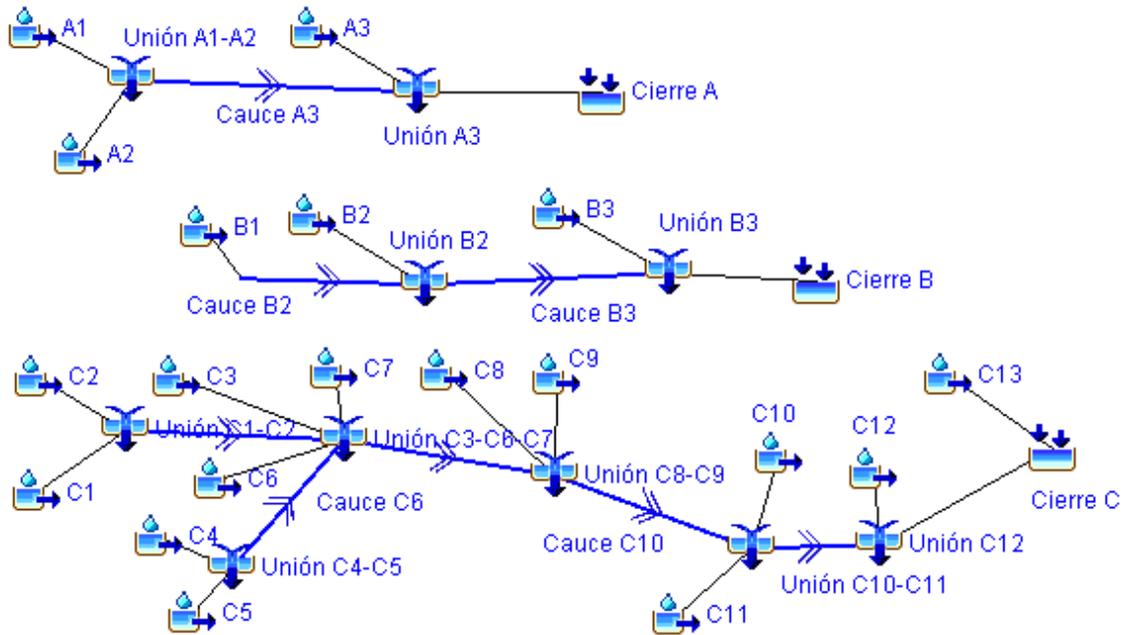


Sección de calle tipo 2.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 95 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Luego de cargar todo en el HMS:



Cuenca internas en HMS después de la urbanización.

Resultados:

Loteo urbanizado (sin cuenca externa)				
Q picos de salida [m <sup>3</sup> /s]				
TR	5	10	25	100
Cuenca A	0,55	0,70	0,96	1,50
Cuenca B	0,31	0,40	0,56	0,88
Cuenca C	0,84	1,09	1,51	2,42
Cuenca B+C	1,15	1,49	2,07	3,30

Tabla 15

Elaboró:	Bertero - Horvat	Código:	TRABAJO FINAL 2015	
Revisó:	Fontana - Ganancias	Emisión:	03 de Diciembre 2015	
Autorizó:	Fontana - Ganancias	Revisión:	01	Página 96 de 155
DOCUMENTO CONTROLADO CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA				



### 13.12.3 Análisis de estado futuro: obras de conducción y atenuación propuestas

#### 13.12.3.1 Obras de conducción propuestas

Luego de haber modelado las cuencas tanto externas como internas antes y después del desarrollo del loteo, lo que se tuvo que hacer fue conectar las externas con las internas; es decir, hacer pasar el agua proveniente de la cuenca externa por el loteo y sacarlo fuera de éste.

Para ello se propuso una serie de canales en serie que comienzan en la salida de la alcantarilla de entrada al loteo y terminan en la salida de la cuenca interna A. Lo que se hizo fue conducir toda esa agua proveniente de la cuenca externa a través de la cuenca interna A, y sacarla fuera del loteo, es decir, dejarla pasar sin que afecte al mismo. Antes del desarrollo del loteo, como se mostró anteriormente, el agua de la cuenca externa transitaba y salía fuera del loteo a través de la cuenca interna B. Se ha cambiado el recorrido natural de ésta, para lo cual fue necesario realizar dichos canales.

Los canales son tres:

- Primero un canal rectangular de H° con un ancho de base de 3 m.
- Luego un canal entubado de H°, de base igual a 2.5 m y una altura de 1 m.
- Finalmente, un canal trapezoidal de pasto de base igual a 9 m y taludes 1: 1. Éste último es el que lleva el agua a través de la cuenca A y la saca fuera del loteo.

Al conectar las cuencas, los caudales de salida para las internas cambiaron, quedando así:

Loteo urbanizado (con cuenca externa)				
Q picos de salida [m <sup>3</sup> /s]				
TR	5	10	25	100
Cuenca A	1,84	2,83	4,18	5,69
Cuenca B	0,31	0,40	0,56	0,88
Cuenca C	0,84	1,09	1,51	2,42
Cuenca B+C	1,15	1,49	2,07	3,30

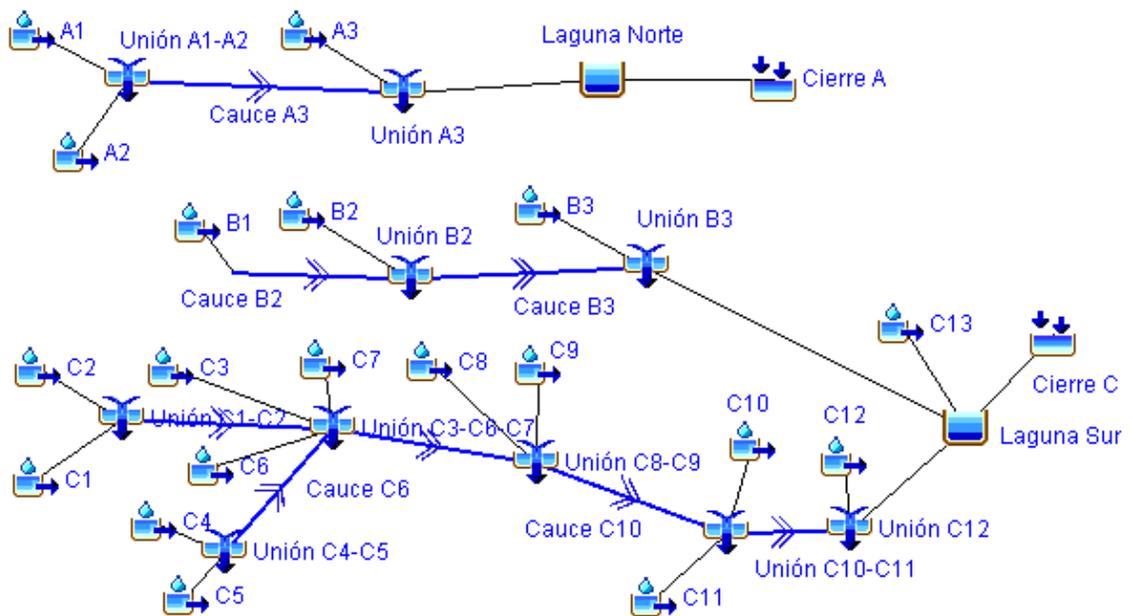
El único caudal de salida que ha cambiado luego de conectar la cuenca externa con las internas, lógicamente, es el de la cuenca A.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 97 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

### 13.12.3.2 Obras de atenuación propuestas

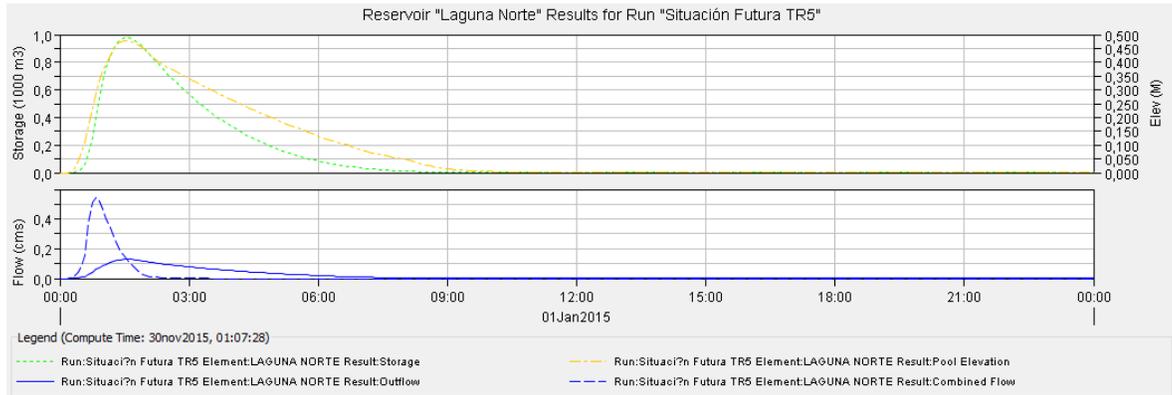
Luego de que se construya el loteo el territorio quedará altamente afectado desde el punto de vista hidrológico; el agua de lluvia escurrirá superficialmente mucho más rápido y la capacidad de infiltración del terreno se verá disminuida drásticamente. Debido a esto, y porque la normativa exige que el agua de escurrimiento superficial que sale por la salida de una cuenca, debe ser la misma antes y después de la urbanización del sector, para un TR de 25 años; se deberán realizar obras de atenuación.

Para ello se han propuesto dos lagunas de retención, cuyo objetivo es atenuar el pico de salida del hidrograma, para que de esta forma el caudal de salida sea igual antes y después de la urbanización. Se ha propuesto una laguna N que se encuentra en la salida de la cuenca A, y una laguna S que se encuentra al sur del loteo, entre la salida de la cuenca B y la C, por lo que atenúa el pico de éstas dos últimas sumadas.

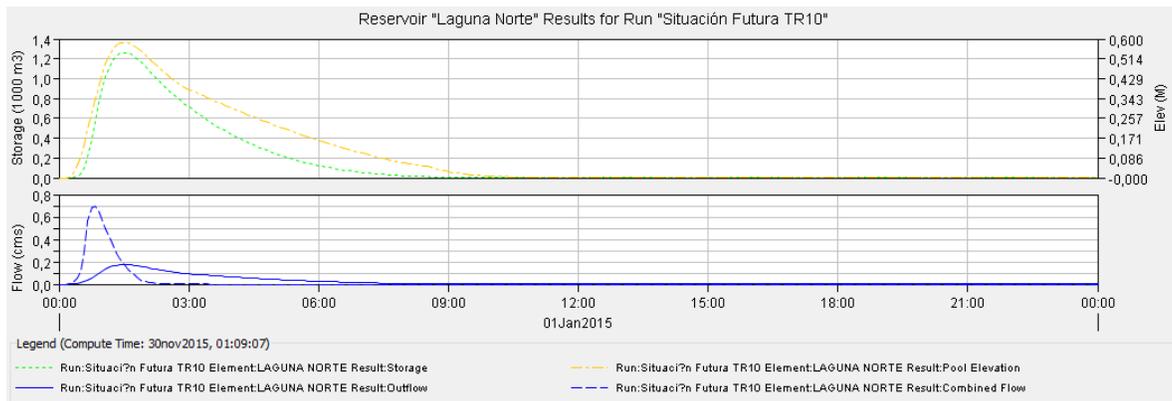


Cuencas internas con lagunas de retención en HMS.

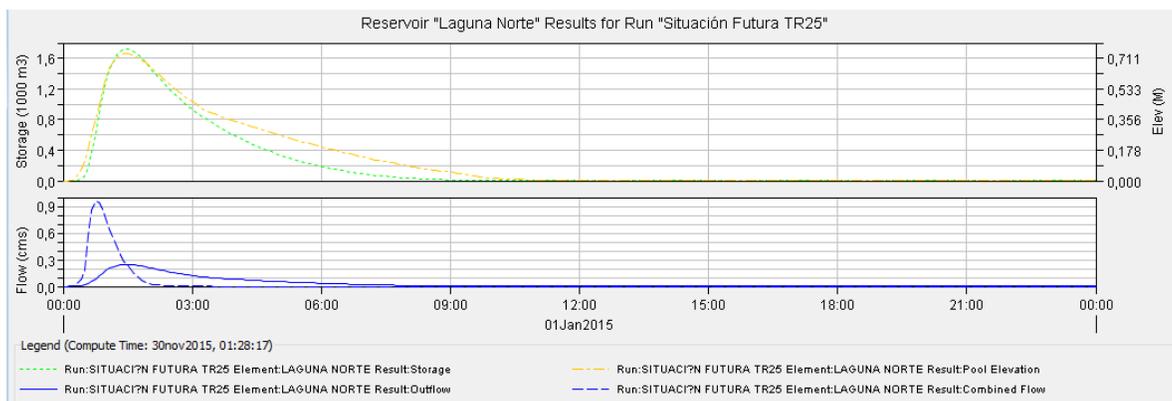
<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01
<b>Página 98 de 155</b>	
<p><b>DOCUMENTO CONTROLADO</b>  <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b></p>	



Resultados de HMS para Laguna N para TR5.

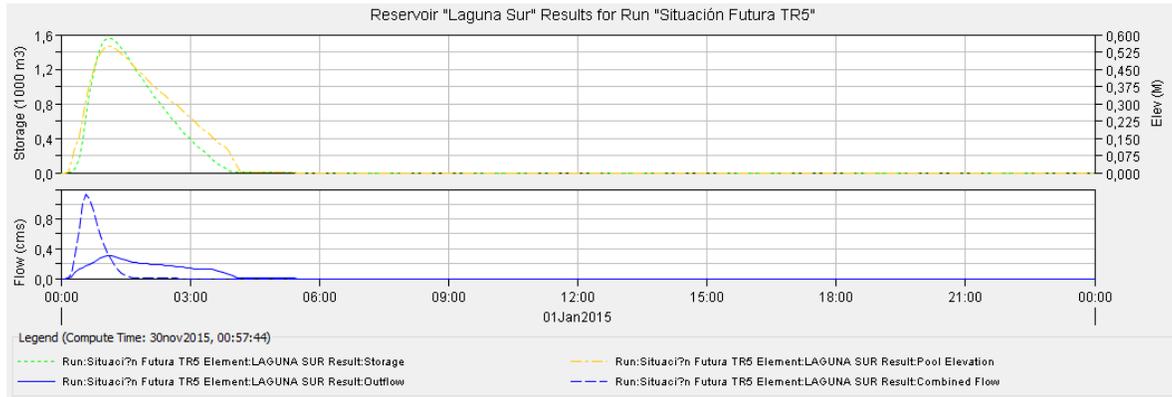


Resultados de HMS para Laguna N para TR10.

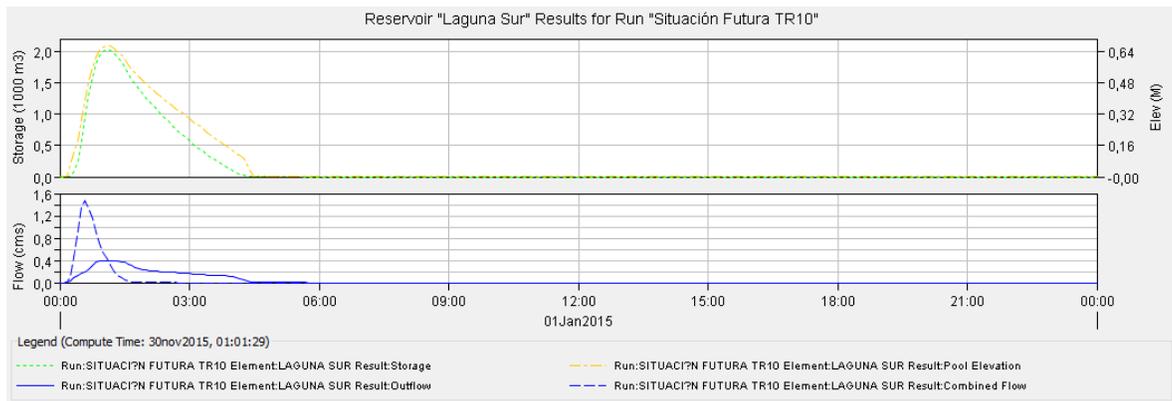


Resultados de HMS para Laguna N para TR25.

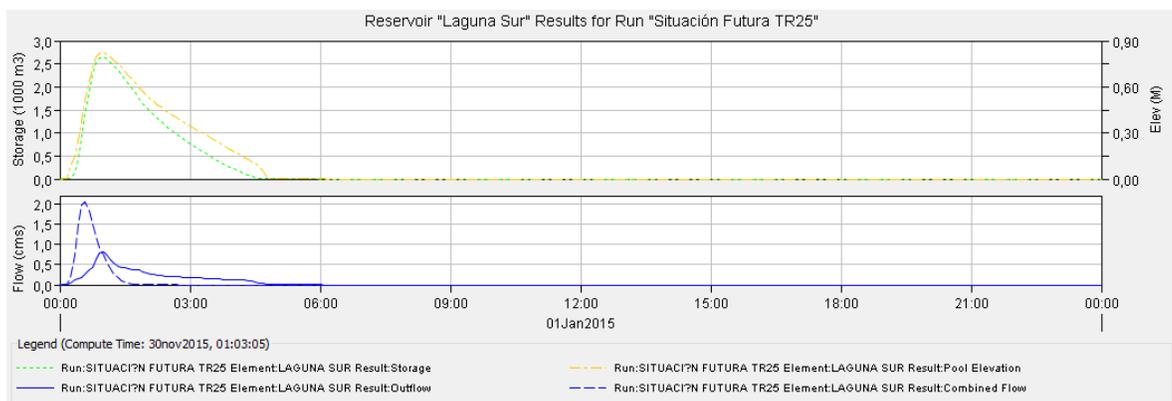
<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01
<b>Página 99 de 155</b>	
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>	



Resultados de HMS para Laguna S para TR5.



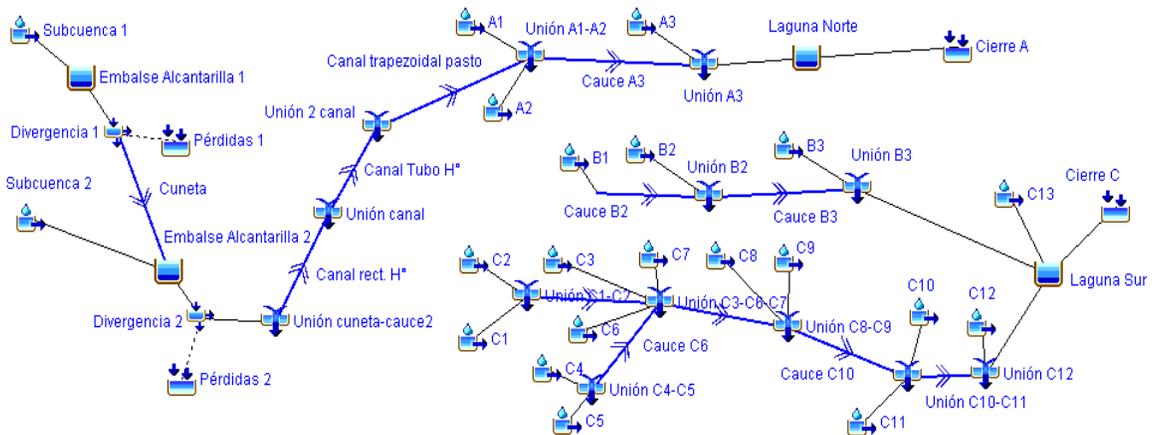
Resultados de HMS para Laguna S para TR10.



Resultados de HMS para Laguna S para TR25.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página</b> 100 de 155
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

Finalmente, conectando la cuenca externa con la interna con sus respectivas lagunas:



Situación Futura Regulada en HMS.

Como se ve, el único hidrograma de salida que se ve afectado por la conexión de la cuenca externa con las internas, es el de la cuenca A, ya que por dicha cuenca se hace pasar el agua excedente proveniente de la cuenca externa.

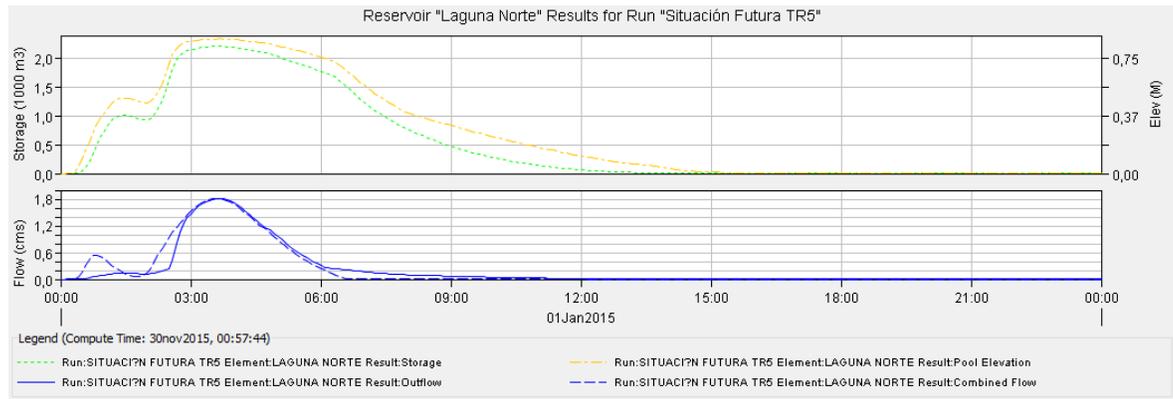
Q picos de salida de lagunas [m <sup>3</sup> /s]				
TR	5	10	25	100
Laguna N	1,82	2,80	4,16	5,69
Laguna S	0,30	0,40	0,79	3,30
Laguna N sin cuenca externa	0,13	0,17	0,25	1,48

Tabla 16

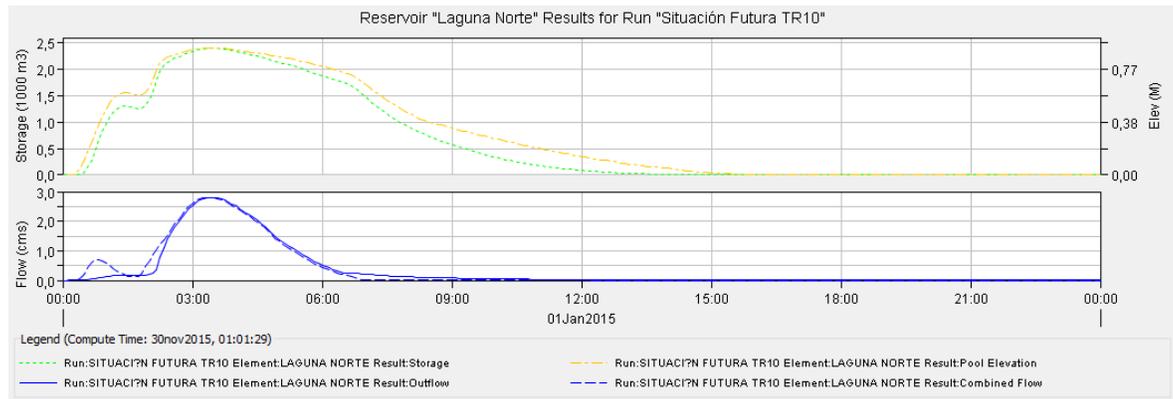
Tirante lagunas [m]				
TR	5	10	25	100
Laguna N	0,88	0,93	0,99	Desborda
Laguna S	0,55	0,67	0,82	Desborda

Tabla 17

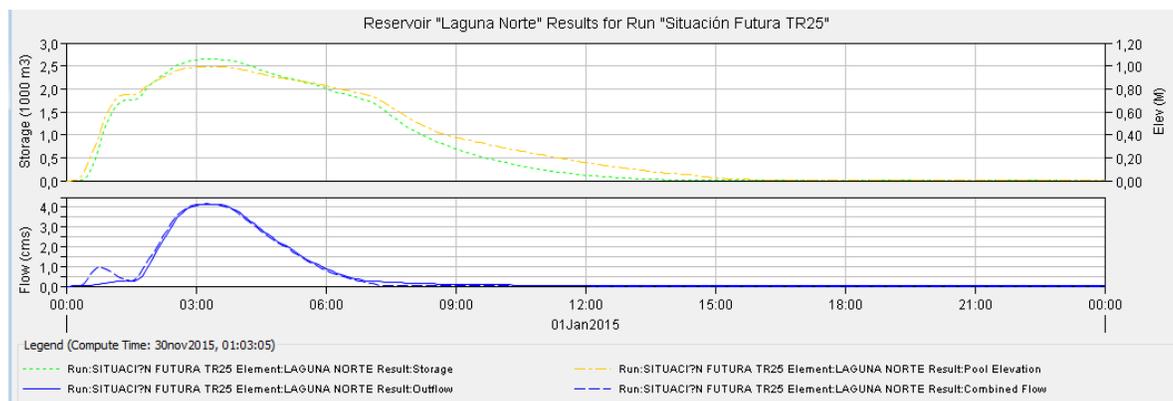
<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 101 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Resultados HMS para Laguna N con cuenca externa para TR5.



Resultados HMS para Laguna N con cuenca externa para TR10.



Resultados HMS para Laguna N con cuenca externa para TR25.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página</b> 102 de 155
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Debido a que la normativa exige la verificación de las lagunas para un TR igual a 25 años, las mismas se diseñaron para ese TR, por lo que para un TR de 100 años éstas se ven desbordadas y no atenúan el pico. Lo cual no genera problemas en la realidad, ya que el momento del pico es un tiempo corto y no llega a afectar estructuralmente a las lagunas.

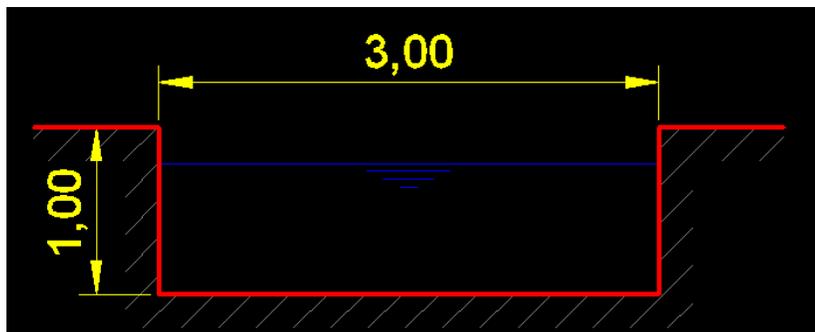
### 13.12.4 Obra de conducción de agua excedente de cuencas externas al loteo

Como se dijo anteriormente, para conducir el agua excedente de las cuencas externas al lote, se propusieron tres canales en serie, cuyas características se presentan a continuación.

	L [m]	L [km]	L [pies]	H sup [m]	H inf [m]	$\Delta H$ [m]	i [m/m]	i [%]
Canal rectangular H°	266	0,266	873	48,90	48,10	0,80	0,0030	0,30
Canal cajón rect. De H°	119	0,119	390	46,00	45,64	0,36	0,0030	0,30
Canal trapezoidal pasto	392	0,392	1286	43,63	43,24	0,39	0,0010	0,10

Canal Rectangular de H°:

n =	0,014
S [ ] =	0,003
B [m] =	3
H [m] =	1



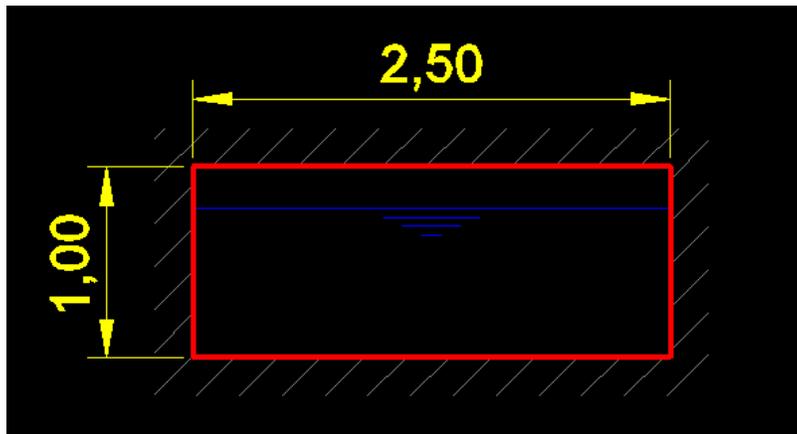
Sección canal rectangular de H°

Elaboró:	Bertero - Horvat	Código:	TRABAJO FINAL 2015	
Revisó:	Fontana - Ganancias	Emisión:	03 de Diciembre 2015	
Autorizó:	Fontana - Ganancias	Revisión:	01	Página 103 de 155
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>				



Canal entubado de H°:

<b>n =</b>	0,014
<b>S [ ] =</b>	0,003
<b>B [m] =</b>	2,5
<b>H [m] =</b>	1

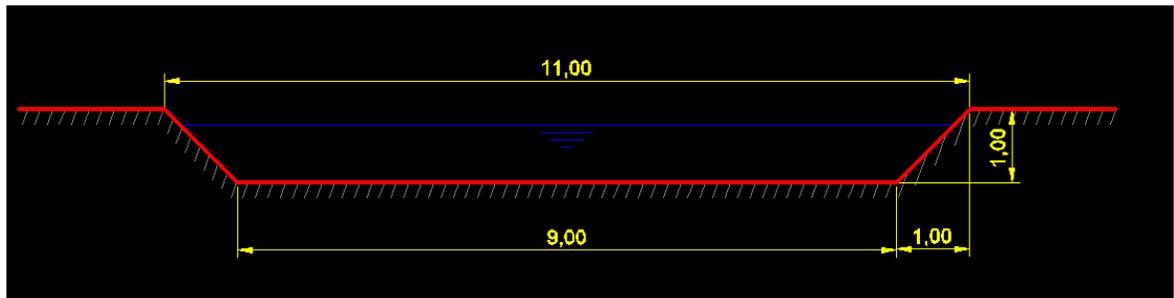


Sección canal entubado de H°.

Canal trapezoidal de pasto:

<b>n =</b>	0,035
<b>S [ ] =</b>	0,001
<b>B [m] =</b>	9
<b>xH:1V</b>	1

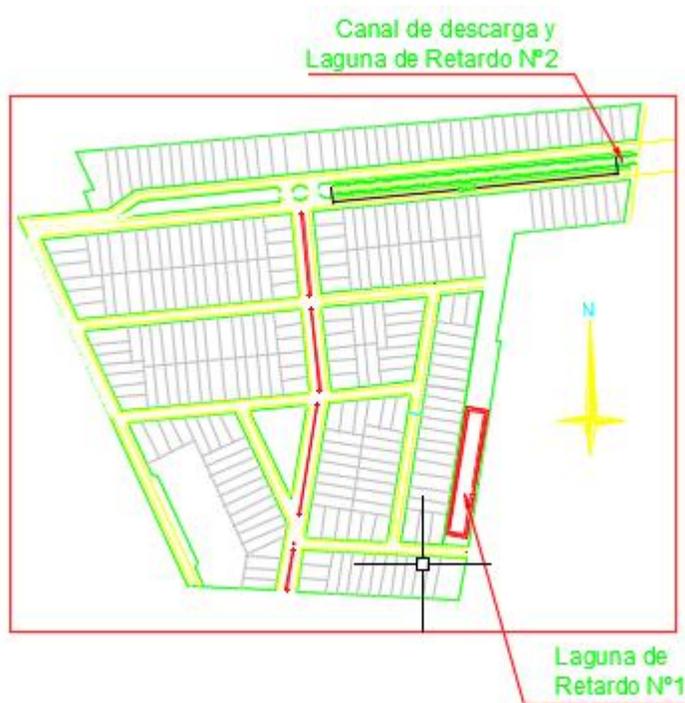
<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 104 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Sección canal trapezoidal de pasto.

### 13.12.5 Lagunas de retención temporal

Se diseñaron dos lagunas de retención, la laguna sur se encuentra en un espacio verde al sur este del loteo, y la laguna norte es propiamente el canal trapezoidal de pasto, es decir que el mismo funciona como laguna de retención

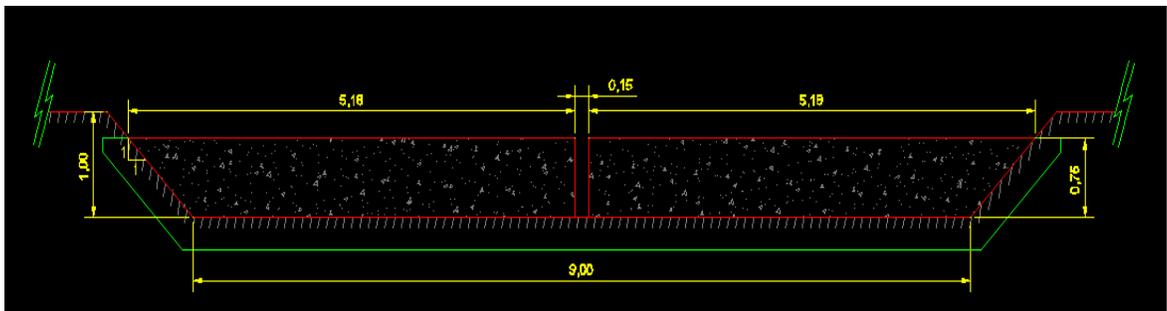


<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 105 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

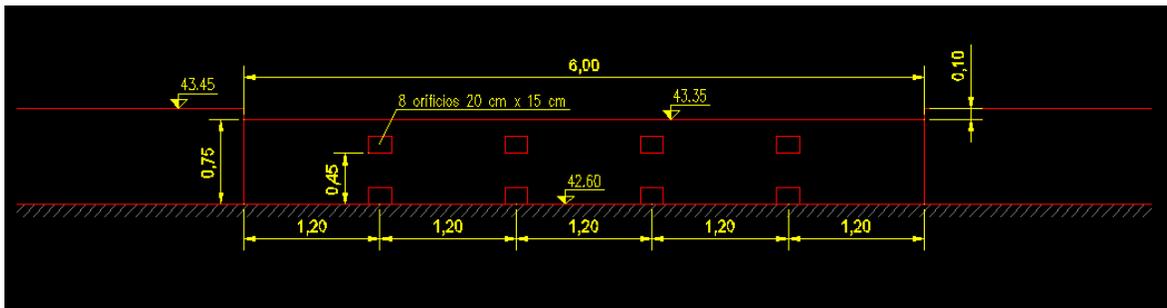


Los cierres de las lagunas se diseñaron de manera tal que atenuara el pico del hidrograma de salida para un TR de 25 años, esto quiere decir que el agua que sale por los puntos de salida de cada cuenca es la misma antes y después de la urbanización, gracias a estas lagunas de retención.

Vale hacer una salvedad con respecto a la laguna norte, ésta se encuentra en la cuenca A, que es por la que pasa el agua proveniente de la cuenca externa. A esta agua hay que dejarla pasar, por lo que el cierre de la laguna norte se diseñó de tal manera que deje pasar el agua proveniente de afuera del loteo, pero que atenúe el hidrograma de salida de la cuenca interna A cuando no está conectada con la cuenca externa.



Sección laguna norte.



Sección laguna sur.

Para modelar las lagunas, se calculó el almacenamiento y el caudal de salida por cada una de ellas, según su tirante. Luego se cargaron los resultados en el HMS y así quedaron modeladas las mismas.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 106 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Laguna Norte:

y [m]	V [m <sup>3</sup> ]	Qt [m <sup>3</sup> /s]
0,00	0,00	0,000
0,05	11,38	0,004
0,10	46,00	0,012
0,15	104,63	0,023
0,20	188,00	0,035
0,25	296,88	0,049
0,30	432,00	0,064
0,35	594,13	0,081
0,40	784,00	0,099
0,45	907,50	0,118
0,50	1035,00	0,138
0,55	1167,40	0,159
0,60	1303,60	0,181
0,65	1446,50	0,204
0,70	1592,20	0,228
0,75	1752,10	0,253
0,80	1909,60	0,583
0,85	2096,20	1,165
0,90	2299,00	2,310
0,95	2483,50	3,252
1,00	2674,00	4,315

Laguna Sur:

y [m]	Vt [m <sup>3</sup> ]	Qt [m <sup>3</sup> /s]
0,00	0,00	0,000
0,05	4,47	0,023
0,10	26,40	0,066
0,15	137,59	0,121
0,20	283,14	0,122
0,25	413,01	0,145

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 107 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



<b>0,30</b>	587,34	0,164
<b>0,35</b>	783,90	0,181
<b>0,40</b>	980,46	0,197
<b>0,45</b>	1177,02	0,212
<b>0,50</b>	1373,58	0,248
<b>0,55</b>	1570,14	0,304
<b>0,60</b>	1766,70	0,371
<b>0,65</b>	1963,26	0,384
<b>0,70</b>	2159,82	0,418
<b>0,75</b>	2356,38	0,448
<b>0,80</b>	2552,94	0,650
<b>0,85</b>	2749,50	0,994

### 13.13 COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA LOS TRES ESCENARIOS

Se tienen 3 escenarios:

- Situación actual: correspondiente al estado antes del loteo.
- Situación futura: correspondiente al estado luego del loteo.
- Situación futura regulada: correspondiente al estado luego del loteo y con las lagunas de retención.

Además, hay que darle un trato especial al tema del agua proveniente de la cuenca externa, ya que en la situación actual ésta pasa y sale por la cuenca interna B, y en la situación futura pasa y sale por la cuenca interna A. Debido a esto, se van a analizar los escenarios tanto para el loteo conectado con la cuenca externa como para el loteo individual sin la cuenca externa.

Como ya se dijo, los efectos que genere el loteo sobre el escurrimiento superficial del agua de lluvia deben ser nulos, además, el agua proveniente de la cuenca externa debe dejarse pasar sin alteraciones.

#### 13.13.1 Comparación de los escenarios sin la cuenca externa

Luego de la modelación se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 108 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Resultados sin cuenca externa				
Q picos de salida [m <sup>3</sup> /s]				
TR	5	10	25	100
Cuenca A antes loteo	0,08	0,13	0,25	0,41
Cuenca A luego loteo	0,55	0,70	0,96	1,50
Laguna Norte	0,13	0,17	0,25	1,48
Cuenca B antes loteo	0,17	0,26	0,44	0,86
Cuenca B luego loteo	0,31	0,40	0,56	0,88
Cuenca C antes loteo	0,13	0,21	0,35	0,69
Cuenca C luego loteo	0,84	1,09	1,51	2,42
Cuenca B+C antes loteo	0,30	0,47	0,79	1,55
Cuenca B+C luego loteo	1,15	1,49	2,07	3,30
Laguna Sur	0,30	0,40	0,79	3,30

Como se explicó anteriormente, debido a que las lagunas son dos, la cuenca B y la cuenca C tienen en la situación futura un único punto de salida, por lo que para la comparación de resultados se deben sumar sus caudales pico de salida.

Como se puede ver en la tabla, en los valores resaltados con amarillo y celeste, los caudales pico de salida han sido efectivamente atenuados para todas las cuencas. Por lo que el caudal pico que sale es el mismo tanto antes como después del desarrollo del loteo.

### 13.13.2 Comparación de los escenarios con la cuenca externa

Luego de la modelación se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 109 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Resultados con cuenca externa				
Q picos de salida [m <sup>3</sup> /s]				
TR	5	10	25	100
Cuenca A antes loteo	0,08	0,13	0,25	0,41
Cuenca A luego loteo	1,84	2,83	4,18	5,69
Laguna Norte	1,84	2,83	4,18	5,69
Cuenca B antes loteo	1,84	2,83	4,18	5,69
Cuenca B luego loteo	0,31	0,40	0,56	0,88
Cuenca C antes loteo	0,13	0,21	0,35	0,69
Cuenca C luego loteo	0,84	1,09	1,51	2,42
Cuenca B+C antes loteo	1,97	3,04	4,53	6,38
Cuenca B+C luego loteo	1,15	1,49	2,07	3,30
Laguna Sur	0,30	0,40	0,79	3,30

Como se puede apreciar en la tabla, el agua proveniente de la cuenca externa es conducida a través de la cuenca A, y no de la B como es antes de la urbanización. Además, se puede notar que la laguna norte deja pasar toda esta agua excedente.

Con todo lo explicado anteriormente, se concluye que luego de la construcción de las lagunas de retención, el impacto que genera el loteo con respecto al escurrimiento superficial del agua de lluvia es nulo.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 110 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### 13.14 VERIFICACIÓN HIDRÁULICA DE CALLES DEL LOTE O

En cuanto a la verificación hidráulica de las calles, hay varios criterios que se tienen que cumplir según la normativa:

- Para un TR de 5 años el tirante en la calle no debe llegar a más de 15 cm del fondo de la cuneta, es decir, no debe sobrepasar el cordón.
- Para un TR de 100 años, el tirante en la calle no debe llegar a más de 45 cm del fondo de la cuneta, es decir, no debe superar el umbral de las viviendas.

Además, existe una condición de seguridad que se debe cumplir:

- La velocidad del agua no debe superar los 2 m/s; para que no arrastre a las personas que puedan pisar en las zonas por donde escurre el agua.

Como se explicó anteriormente, hay dos tipos de secciones de calles, a continuación, se presentan los datos de las mismas que fueron necesarios para la verificación hidráulica.

	Calle tipo 1	Calle tipo 2
Ancho de LM a LM [m] =	12,00	20,00
Ancho de vereda [m] =	2,50	2,50
Ancho de calle [m] =	7,00	15,00
Pendiente calle [%] =	2,00	2,00
Pendiente calle [ ] =	0,02	0,02
H centro de calle [m] =	0,07	0,15
H cuneta a cordón [m] =	0,15	0,15
H cordón a umbral [m] =	0,30	0,30
Pendiente vereda [%] =	2,00	2,00
Pendiente vereda [ ] =	0,02	0,02
n =	0,014	

Para la verificación de las mismas, se utilizó la fórmula de Manning. Se calculó el caudal y la velocidad correspondientes a cada calle de acuerdo a las secciones tipo antes descritas, para

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 111 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



cada valor de tirante, desde 0 a 30 cm, cada 1 cm. Luego se comparó dichos cálculos con el caudal proveniente de la modelación en HMS para cada calle, entonces de ahí se obtuvo el tirante en cada una de las calles, como así también la velocidad del agua. Esto se hizo tanto para TR de 5 años como para TR de 100 años. Ver anexo planilla N° x a x+15.

Resultados:

	Q TR5	y TR5 [cm]	V TR5 [m/s]	Q TR100	y TR100 [cm]	V TR100 [m/s]
<b>Cauce A2 (calle 5)</b>	0,08	3	0,34	0,22	8	0,66
<b>Cauce B1 (calle 1)</b>	0,05	4	0,54	0,14	6	0,71
<b>Cauce B2 (calle 4)</b>	0,22	7	0,95	0,65	10	1,43
<b>Cauce B3 (calle 4)</b>	0,31	10	0,67	0,90	21	0,81
<b>Cauce C1 (calle 1)</b>	0,10	7	0,52	0,28	9	0,70
<b>Cauce C2 (calle 1)</b>	0,06	5	0,61	0,16	7	0,76
<b>Cauce C3 (calle 6)</b>	0,31	8	1,25	0,80	11	1,74
<b>Cauce C4 (calle 3)</b>	0,07	5	0,48	0,20	8	0,71
<b>Cauce C5 (calle 5)</b>	0,07	4	0,96	0,20	6	1,26
<b>Cauce C6 (calle 5)</b>	0,23	9	0,63	0,60	13	0,81
<b>Cauce C7 (calle 5)</b>	0,08	6	0,62	0,25	8	0,75
<b>Cauce C8 (calle 6)</b>	0,60	13	0,96	1,75	25	1,17
<b>Cauce C9 (calle 7)</b>	0,05	5	0,36	0,13	8	0,53
<b>Cauce C10 (calle 7)</b>	0,70	14	0,92	2,00	27	1,15
<b>Cauce C11 (calle 8)</b>	0,07	4	1,14	0,21	6	1,49
<b>Cauce C12 (calle 8)</b>	0,77	15	0,97	2,16	28	1,20

Como se puede ver, las calles cumplen con todos los criterios necesarios explicados anteriormente, por lo que se concluye que todas verifican.

### 13.15 VERIFICACIÓN DE CANALES DENTRO DEL LOTE O

La verificación de los canales se hizo de similar manera que las calles, esto es utilizando la fórmula de Manning e iterando hasta llegar al tirante correspondiente. El mismo no debe superar la altura de los canales, es decir, los mismos no deben desbordar. Además, la velocidad no debe superar los 2.5 m/s en los de H° y el 1 m/s en el de pasto.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 112 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Resultados:

		Canal Rectangular de H°	Canal Entubado de H°	Canal trapezoidal pasto
TR5	Q [m <sup>3</sup> /s]	1,84	1,84	1,84
	y [m]	0,36	0,42	0,40
	v [m/s]	1,72	1,81	0,47
TR10	Q [m <sup>3</sup> /s]	2,83	2,83	2,83
	y [m]	0,48	0,55	0,55
	v [m/s]	2,00	2,05	0,57
TR25	Q [m <sup>3</sup> /s]	4,18	4,18	4,18
	y [m]	0,62	0,72	0,70
	v [m/s]	2,26	2,32	0,66
TR100	Q [m <sup>3</sup> /s]	5,70	5,70	5,70
	y [m]	0,77	0,90	0,80
	v [m/s]	2,50	2,50	0,71

Como se puede ver en la tabla de resultados, ningún canal desborda ni supera las velocidades admisibles, por lo que todos los 3 verifican.

## 13.16 OBRAS DEL PROYECTO – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### 13.16.1 Descripción de las obras hidráulicas

Las obras hidráulicas a realizar son las siguientes:

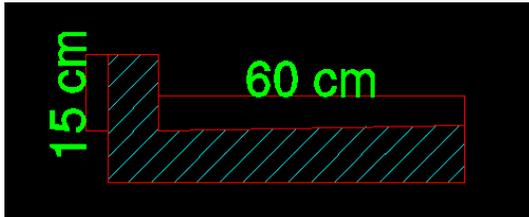
- Cordones cuneta.
- Badenes.
- Boca calles.
- Canal rectangular de H°.
- Canal entubado de H°.
- Canal trapezoidal de pasto.
- Obra de cierre de laguna de retención Norte.
- Laguna de retención Sur con su respectivo cierre.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 113 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Cordones cuneta:

Los mismos tendrán un ancho de 60 cm y un alto de 15 cm y serán de H°; el espesor del mismo será de 10 cm. La pendiente transversal de los cordones será del 4 %.



Sección de cordón cuneta.

Badenes:

Los badenes serán también de H° con un ancho de 60 cm al igual que los cordones cuneta.

Boca calles:

Los mismos serán de H°, para evitar la erosión por parte del agua que escurre.

Canal rectangular de H°:

Será de H°, con la losa de fondo de un espesor de 20 cm y las paredes de 10 cm.

Canal entubado de H°:

El mismo será de H°, con la losa de fondo de 20 cm de espesor y las paredes y la tapa de 10 cm.

Canal trapezoidal de pasto:

Este canal estará todo revestido en pasto, con tres saltos disipadores de energía recubiertos por colchonetas.

Obra de cierre de laguna de retención Norte:

La misma será una pantalla de H° de 50 cm de espesor y enterrada en el fondo y las paredes del canal unos 30 cm, para proporcionar agarre.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 114 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Laguna de retención Sur con su respectivo cierre:

Esta laguna estará hecha de H°, sus paredes tienen un espesor de 1 m en la base y 50 cm en la punta, con una altura de 85 cm. El cierre de la misma tiene un espesor de 50 cm y está hecho de H° también.

### 13.17 COMPUTO Y PRESUPUESTO DE HIDROLOGIA

Canal

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total
<b>1</b>	<b>Excavación</b>				
	Excavación de suelo	m3	2555.125	\$150.00	\$383,268.75
<b>2</b>	<b>Materiales</b>				
	Gaviones	un	138	\$1,180.99	\$162,976.86
	Colchonetas (Gaviones)	un	184	\$880.17	\$161,950.41
<i>Subtotal Ítem</i>					<b>\$708,196.02</b>

Canal  
Interno

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total
<b>1</b>	<b>Excavación</b>				
	Excavación de suelo	m3	3539.05	\$150.00	\$530,857.50
<b>2</b>	<b>Materiales</b>				
	Gaviones	un	3	\$1,180.99	\$3,542.98
	Colchonetas (Gaviones)	un	12	\$880.17	\$10,561.98
<i>Subtotal Ítem</i>					<b>\$544,962.46</b>

Rotonda + Canal Punte

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total
<b>1</b>	<b>Excavación</b>				
	Excavación de suelo	m3	311.85	\$150.00	\$46,777.50
<b>2</b>	<b>Materiales</b>				
	Hormigón	m3	89.1	\$1,100.00	\$98,010.00

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 115 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Hierro ø10	un	1049	\$132.20	\$138,677.80
<i>Subtotal Ítem</i>				<b>\$283,465.30</b>

Laguna de Retardo Norte

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total
<b>1</b>	<b>Excavación</b>				
	Excavación de suelo	m3	16000	\$150.00	\$2,400,000.00
<b>2</b>	<b>Vertedero</b>				
	Hormigón	m3	161.6	\$1,100.00	\$177,760.00
	Hierro ø10	un	15	\$132.20	\$1,942.14
<i>Subtotal Ítem</i>					<b>\$2,579,702.14</b>

Laguna de Retardo Sur

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total
<b>1</b>	<b>Excavación</b>				
	Excavación de suelo	m3	2750	\$150.00	\$412,500.00
<b>2</b>	<b>Vertedero</b>				
	Hormigón	m3	2.274	\$1,100.00	\$2,501.40
	Hierro ø10	un	25	\$132.20	\$3,305.00
<i>Subtotal Ítem</i>					<b>\$418,306.40</b>

<b>Total</b>	<b>\$4,534,632.32</b>
--------------	-----------------------

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 116 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### Cordón Cuneta, Boca Calles y Badenes

	Unidad	Cantidad
Área del Perfil de Cordón Cuneta:	m <sup>2</sup>	0.085

Denominación	Unidad	Cantidad	Volumen de Hormigón
M1	ml	610.00	51.85
M2	ml	172.00	14.62
M3	ml	547.50	46.54
M4	ml	343.00	29.16
M5	ml	451.30	38.36
M6	ml	230.32	19.58
M7	ml	427.70	36.35
M8	ml	343.50	29.20
M9	ml	193.60	16.46
B1	ml	378.40	32.16
B2	ml	627.00	53.30
C1	ml	448.82	38.15
C2	ml	579.74	49.28

Total de Hormigón

454.99 m<sup>3</sup>

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 117 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



	Unidad	Cantidad
Espesor de Boca Calle:	m	0.10

Denominación	Unidad	Cantidad	Volumen de Hormigón
A1	m2	298.00	29.80
A2	m2	1302.00	130.20
A3	m2	200.15	20.02
A4	m2	376.15	37.62
A5	m2	190.25	19.03
A6	m2	200.15	20.02
A7	m2	200.13	20.01
A8	m2	460.70	46.07
A9	m2	190.22	19.02
A10	m2	1111.40	111.14
A11	m2	174.40	17.44
Rotonda en A2	m2	227.00	22.70
Badenes	m2	11.85	1.19

Total de  
Hormigón 494.24m3

Volumen Total de Hormigón	Unidad	\$/m3	Precio
<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat		<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias		<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias		<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 118 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>			



949.23 m3 1100 \$1,044,158.28

## 14 AGUA POTABLE

### 14.1 INTRODUCCIÓN

Se conoce como red de abastecimiento de agua potable al sistema que permite que llegue el agua desde el lugar de captación al punto de consumo en condiciones correctas, tanto en calidad como en cantidad. Este sistema se puede clasificar por la fuente del agua en: agua de mar, agua superficial; esta procede de lagos o ríos; agua de lluvia almacenada, agua subterránea y las aguas procedentes de manantiales naturales. Esta agua, antes de ser enviada a las viviendas, se transformará en agua potable luego de estar afectada por varios procesos de saneamiento y desinfección, físicos, químicos y biológicos. Se llama agua potable al agua que se puede consumir o beber sin que exista peligro para la salud. Por esto, el agua cruda se trata en una planta potabilizadora antes que llegue a las viviendas. Desde estas plantas, el agua es enviada a su destino a través de una red de tuberías, llamada red de distribución de agua.

El sistema de abastecimiento de agua potable más complejo, que es el que utiliza aguas superficiales, consta de cinco partes principales:

- Captación.
- Almacenamiento de agua bruta.
- Tratamiento.
- Almacenamiento de agua tratada.
- Red de distribución.

La captación consiste en captar agua cruda desde las fuentes de la naturaleza, sean éstas superficiales o subterráneas y conducirla mediante gravedad o impulsión hacia la planta de tratamiento.

Cuando la fuente de agua no tiene un caudal que satisfaga el consumo necesario de agua durante todo el año, se necesita del almacenamiento del agua bruta, para lo cual se construyen los embalses.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 119 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



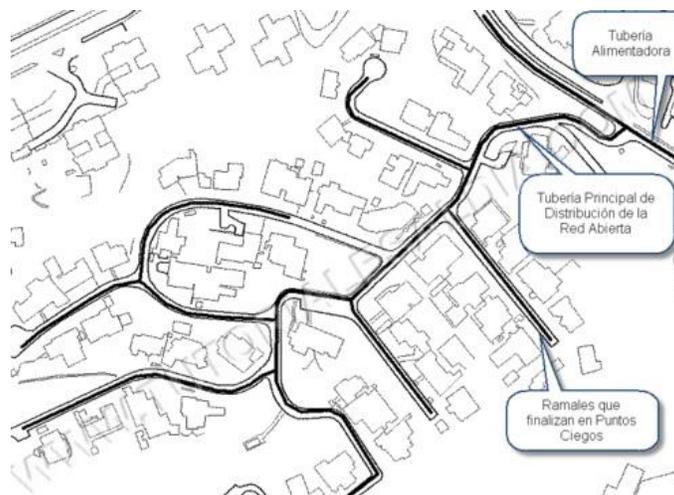
En la planta de tratamiento se realiza la potabilización del agua cruda, mediante procesos físicos, químicos y/o biológicos. Luego del tratamiento se almacena el agua en estanques de distribución, para luego ser conducida a los usuarios mediante una red de distribución.

## 14.2 LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA

Una red de distribución de agua es el conjunto de tuberías trabajando a presión, que se instalan en las vías de comunicación de los urbanismos y partir de las cuales serán abastecidas las diferentes parcelas o edificaciones de un desarrollo.

La distribución de agua puede ser abierta o cerrada:

**Abierta:** se caracteriza por tener una tubería principal de distribución (la de mayor diámetro) desde la cual parten los ramales que terminan en puntos ciegos, es decir que no se conectan con otras tuberías.

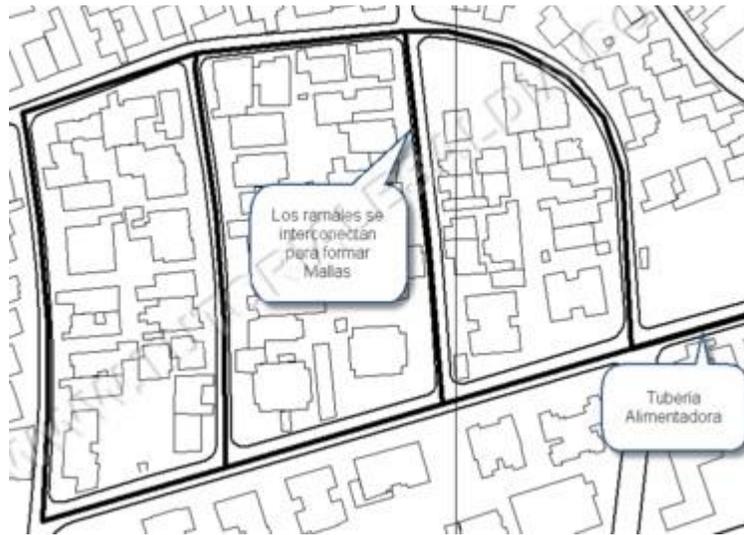


*Figura 3 - Red Abierta*

La principal desventaja de este tipo es que ante la falla o rotura de alguna tubería se deja sin servicio a todos los usuarios que estén suministrados desde la tubería aguas debajo de la rotura mientras se realiza la reparación.

**Cerrada:** este tipo de red se logra formando mallas o circuitos a través de la interconexión entre los ramales de la red.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 120 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



*Figura 4 - Red Cerrada*

Por otro lado, la ventaja principal que tienen las redes cerradas es que son más eficientes y dan garantía de servicio, es decir antes la rotura de alguna cañería, se afecta a la menor cantidad de usuarios debido a que existen caminos alternativos.

Los elementos que integran una red son:

- Tuberías
- Depósitos.
- Bombas.
- Otros elementos singulares (válvulas, hidrantes, etc.)

Las tuberías son el elemento de transporte de fluidos por excelencia. Las mismas vienen definidas por su diámetro, material de constitución y tipo de junta. El diámetro viene definido del cálculo hidráulico de la red y tanto el material como los tipos de juntas se recogen en otra exposición de este curso.

Los depósitos tienen las funciones de almacenamiento y de regulación de caudales y presiones.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 121 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Se aconseja que el volumen de los depósitos sea equivalente al consumo del día punta (24 horas). Ahora bien, conforme sean las características de las fuentes de suministro esta premisa puede ser mayor o menor.

Otros elementos singulares pueden ser:

- Enlaces entre alineaciones (codos, te, reducción, etc.).
- Válvulas de corte.
- Ventosas y purgadores.
- Desagües y purgas manuales.
- Válvulas de retención.
- Válvulas reguladoras de presión y caudal.
- Válvulas de sobre velocidad o sobrepresión.
- Hidrantes.
- Dispositivos de riego.
- Fuentes públicas.
- Cámaras de descarga.
- Estaciones de toma de muestras.
- Estaciones de adición de aditivos.
- Entradas de hombre y registros.
- Caudalímetros y contadores.

Las solicitudes que debe satisfacer una red son, exceptuando los consumos domésticos, las siguientes:

- Protección contra incendios.
- Uso público.
- Espacios verdes.
- Gastos no controlados.

Los usos públicos comprenden los gastos producidos por edificios públicos, establecimientos educacionales, ya sean públicos y privados, riego de parques y áreas verdes, campos recreativos, lavado de calles, hospitales, etc.

Los gastos no controlados se refieren a pérdidas por filtraciones visibles e invisibles, inevitables en una red con cierto tiempo de explotación.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 122 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### 14.3 CÁLCULO HIDRÁULICO DE LAS CONDUCCIONES

Para el cálculo debe determinarse la línea piezométrica y verificar que la cañería se encuentre siempre por debajo de la misma. Línea piezométrica es la línea que une los puntos hasta los que el líquido podría ascender si se insertan tubos piezométricos en distintos lugares a lo largo de la tubería; es una medida de la altura de presión hidrostática disponible en dichos puntos.

En ocasiones, en ciertos tramos la cañería puede trabajar a conducto semi-lleño; esto ocurre cuando la piezométrica corta a la cañería, por tener ésta mayor pendiente que aquella. Para la iniciación del trazado de una línea piezométrica siempre debe comenzarse por un nivel conocido del punto de llegada de la conducción.

La sección de las conducciones en presión, generalmente tienen forma circular, utilizándose secciones rectangular-circulares únicamente en conductos en túnel. Cuando las presiones son grandes se utilizan solamente secciones circulares y cañerías prefabricadas.

Cuando la línea piezométrica ideal corta el terreno en algún punto del trazado, a fin de aprovechar al máximo el desnivel, puede profundizarse la cañería, incluso ejecutarla en túnel, hasta que la misma quede por debajo de aquella, o bien realizar un rodeo, si la topografía lo permite, siendo el balance económico el que decide la mejor solución.

La altimetría de las conducciones debe estar formada por tramos en pendiente evitando en lo posible tramos horizontales que dificultan el vaciado de las mismas y la eliminación del aire.

Con respecto a este último aspecto, no existen valores definidos de pendientes mínimas, pero suele aconsejarse como regla práctica que la cañería debe tener como mínimo, la misma pendiente que la línea piezométrica cuando el aire tiene que ascender en contra de la dirección del agua.

### 14.4 PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

El dimensionamiento de cada una de las estructuras que integran un sistema de abastecimiento de agua potable, nos exige calcular los volúmenes de agua que la instalación debe tratar, elevar, almacenar o distribuir. Para la determinación de dichos volúmenes se debe calcular la población a servir y la dotación a suministrar.

El consumo diario per cápita o dotación es la cantidad media de agua utilizada diariamente por un habitante, que generalmente se expresa en litros. Muchos son los factores que afectan el

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 123 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



consumo de agua, unos de orden general y otros específicos, es decir relacionados con el propio abastecimiento de agua.

Factores genéricos:

- Tamaño de la población.
- Características de la población.
- Clima.
- Hábitos higiénicos.
- Disposición de los líquidos residuales.

Factores específicos:

- Modalidad de abastecimiento.
- Calidad del agua.
- Presión en la red.
- Control de consumo.
- Costo del agua.

Con respecto a la fijación de la dotación de cálculo, el ingeniero, en la mayoría de los casos, debe basarse en su propio criterio al establecer las hipótesis básicas, haciendo uso de su conocimiento de la región, de los factores que inciden en el consumo, y de las particularidades del proyecto.

Hay que tener en cuenta que la dotación anteriormente fijada representa el promedio anual de consumo, y que dicho consumo no se realiza de una forma uniforme durante el día, ni en forma similar durante todos los días del año, sino siguiendo una variación horaria y estacional. La capacidad de la red debe ser lo suficientemente amplia para poder hacer frente a la máxima demanda horaria del día de mayor consumo. Para poder calcular esa máxima demanda horaria afectamos a la dotación media anual futura ya calculada de dos coeficientes  $\alpha'$  y  $\alpha''$  tales que:

- $\alpha'$  nos permite pasar del consumo medio anual al consumo medio del día de mayor consumo; oscila entre 1,2 y 1,5.
- $\alpha''$  nos permite pasar del consumo medio al consumo máximo dentro del día de mayor consumo; varía entre 1,3 y 1,6.
- $\alpha = \alpha' * \alpha''$  permite pasar del consumo medio anual al máximo del día de mayor consumo; varía entre 1,56 y 2,4.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 124 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



También resulta interesante estudiar las variaciones del consumo unitario a través del tiempo, habiéndose comprobado que a medida que mejoran las condiciones de vida e higiene, aumenta el consumo unitario.

Otro valor importante que debe tenerse en cuenta al proyectar la red es la presión mínima con que debe contarse en los puntos más desfavorables de la misma, los más alejados del tanque o los más altos.

En general se fija una presión tal de poder alimentar directamente a los tanques domiciliarios de la gran mayoría de las casas, así si  $h$  es la altura media de la edificación dominante, la presión mínima será  $h + 4$  m (de columna de agua). Cuanto más alto sea el tanque elevado, menores serán los diámetros de la red de distribución y por lo tanto menor será su costo, pero mayor será el costo de la energía para realizar el bombeo. Por el contrario, cuanto menor sea la altura del tanque menor será el costo de bombeo, pero en este caso aumentará el costo de la red.

Hay dos sistemas principales de distribución de agua: de red abierta o de mallas cerradas. Proyectando mallas cerradas los extremos de las tuberías están conectados entre sí, con lo que suprimen los ramales y en consecuencia zonas de aguas muertas o estancadas, ya que la misma circula continuamente por toda la red.

Las cañerías interiores de las mallas (secundarias) no se calculan, se les asigna directamente un diámetro mínimo, que en general es función de la longitud del tramo, cantidad de usuarios a servir y tipos de usuarios y de conexión. La adopción de este diámetro es un problema de orden económico, ya que en la mayoría de los casos constituirá la mayor parte de la longitud de la red. Si es grande, elevará el costo de la red y las bajas velocidades provocarán más frecuentes problemas de depósitos y sedimentaciones; pero si es reducido, puede dar origen a pérdidas de carga elevadas, altas velocidades, obstrucciones, etc. Se ha fijado un diámetro mínimo de cañerías de 50 mm. Aceptándose que, en ramales abiertos, en extremos de la red para servir a pocos usuarios y donde no se vaya a producir un aumento de densidad de población, diámetros mínimos de 25 mm en longitudes no superiores a los 100 m.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 125 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 14.5 CÁLCULO DEL CAUDAL

Para el cálculo del caudal es necesario hacer una serie de simplificaciones, que se detallarán a continuación.

### a) Puntos de equilibrio:

Se consideran mallas abiertas en ciertos puntos, llamados de equilibrio, y los cálculos se hacen entonces como si las cañerías fueran ramales. Existen puntos de equilibrio totales y puntos de equilibrio parciales.

La ubicación de los puntos de equilibrio se hace con el siguiente criterio. Partiendo del tanque elevado se siguen dos caminos o ramales distintos para llegar a un punto alejado. Tomando distancias iguales por ambos caminos, donde estos se encuentran se ubica el punto de equilibrio. Como se supone, en primera aproximación, que la pérdida de energía en las cañerías es proporcional a la longitud de las mismas, en el punto de equilibrio la energía disponible es la misma por cualquiera de los dos caminos que se haya seguido, luego no hay posibilidad de que el caudal pase de un ramal a otro. Es decir, en el punto de equilibrio el gasto es cero. Al colocar los puntos de equilibrio, queda determinado el sentido de recorrido del agua en la red.

Al colocar los puntos de equilibrio la red queda dividida en ramales. Éstos deben ser divididos en tramos en los cuales el diámetro es constante. Para realizar esta división es necesario en primer lugar ubicar en la red, los puntos obligados de cambio de diámetro. Una vez ubicados dichos puntos, como aún los tramos en que queda dividido el ramal son, en general, muy largos, hay que seguir dividiendo; conviene que los tramos tengan una longitud comprendida entre 200 y 500 m. Si los mismos son muy cortos se dimensionan muchos diámetros diferentes y esto no es práctico ni económico; y si son muy largos se desperdicia material. Los tramos cercanos a los puntos de equilibrio conviene que sean lo más largos, pues en ellos el caudal es pequeño.

### b) Caudal hectométrico:

El cálculo del caudal hectométrico en cada uno de los tramos se calcula así:

$$Q_H = \frac{P * \delta * \alpha}{86400 * L}$$

Representa el caudal, expresado en l/s, por cada 100 m de cañería, donde:

$Q_H$  es el caudal hectométrico en l/s\*Hm, P es la población futura en habitantes,  $\delta$  es la dotación futura promedio en l/hab\*día,  $\alpha$  es el coeficiente de pico (para pasar del valor medio

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 126 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



anual al valor horario máximo del día de mayor consumo), y L es la longitud de cañería principal y secundaria con caudal en ruta en Hm.

c) Caudal en los tramos:

En cada tramo ingresa cierto caudal que se llama caudal total  $Q_T$ ; parte del mismo lo recorre totalmente y sale por el otro extremo. Ese caudal se llama caudal extremo  $Q_E$ .

Cada tramo tiene conexiones domiciliarias a lo largo de él, es decir en ruta. También alimenta, en ruta, a las cañerías secundarias que le están atribuidas. Este caudal en ruta  $Q_R$  se determina así:

$Q_R = Q_H * l$ , donde l es la suma de la longitud de la cañería principal del tramo más la cañería secundaria en ruta atribuida al mismo.

Entonces el caudal total  $Q_T$  de cada tramo es igual a la suma del caudal extremo más el caudal en ruta:  $Q_T = Q_E + Q_R$

Los ábacos y tablas para el cálculo de cañerías, que nos indican para cada diámetro, las pérdidas de energía que, debido a la fricción, origina cada caudal, han sido dimensionados con la suposición que todo el caudal recorre la cañería (régimen permanente) y que no existe caudal en ruta. Para que se puedan usar esas tablas, se ha demostrado que se puede usar un caudal ficticio, llamado caudal de cálculo  $Q_C$  que recorre toda la cañería y es igual a:

$Q_C = Q_E + 0,55 * Q_R$ , y que tiene la propiedad de producir la misma pérdida de energía que se produce cuando por el tramo escurre el caudal extremo y el caudal en ruta simultáneamente.

El cálculo de los caudales se comienza a hacer por los tramos correspondientes a los puntos de equilibrio.

### 14.5.1 Pérdida de energía

Cuando escurre cierto caudal por una cañería recta, de diámetro constante, en presión, debido a la fricción va disminuyendo la energía del líquido a lo largo de la misma. Si se desea medir la diferencia de energía entre dos puntos de la cañería separados por una distancia l, se puede colocar en cada punto un tubo piezométrico. La diferencia de niveles piezométricos nos indica la pérdida de energía  $h_f$  entre esos dos puntos. Si a esa diferencia de energía se la refiere a la unidad de longitud se obtiene el gradiente piezométrico  $j: j = \frac{h_f}{l}$ .

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 127 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Los cambios de dirección, ramales, válvulas, etc., y los aumentos de velocidades producen una disminución brusca de la energía del líquido que escurre. Pero como estas pérdidas están en función de la velocidad, y ésta es relativamente baja, se pueden despreciar, y considerar sólo las que se producen a lo largo de las cañerías.

### 14.5.2 Dimensionamiento

Se han preparado tablas de triple entrada, las cuales para diferentes diámetros comerciales D, nos indican las pérdidas de energía  $j$  que producen diferentes caudales.

Para cada tramo se pueden adoptar diferentes diámetros con sus respectivas pérdidas de energía, en forma tal que se cumplan dos condiciones:

- La piezométrica real, que queda definida al ir adoptando en cada tramo del ramal un valor de  $j$ , se aproxime lo máximo a la piezométrica teórica.
- En cualquier punto del ramal debe haber una presión igual o superior a la presión mínima.

Esto se hace para todos los ramales, y se calcula la pérdida de energía en los puntos de equilibrio, viniendo de un ramal y del otro, la diferencia entre estas dos pérdidas de energía no debe ser mayor a un metro. De no ser así, se deberán hacer otros tanteos permutando diámetros adoptados hasta que ello ocurra. A veces, se necesario desplazar el punto de equilibrio y rehacer los cálculos.

## 14.6 DESARROLLO

Para el trazado de la red, lo primero que se debió ingresar son los nodos. En los mismos fue necesario cargar las cotas de las esquinas de calle. Después se introdujo el elemento que abastecerá a la red, para el proyecto se eligió un reservorio, siendo necesario definir la cota del mismo. La cota máxima del terreno es de alrededor de 50 metros por lo que se eligió una cota de 65 metros de altura.

Por último, se introdujeron las cañerías, uniendo los nodos entre si y a la cisterna. El material utilizado es Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de diámetro 63 y 110 mm. La unión de las cañerías se hizo a través del proceso de soldadura por termofusion.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 128 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Para calcular el caudal que llega a cada nodo fue necesario determinar los siguientes parámetros:

### 14.7 POBLACIÓN Y DOTACIÓN:

Si en el lote hay definidos doscientos setenta y dos lotes (272), y existen ocho (8) macro lotes, se determinó la cantidad de lotes como la suma de ambas, obteniendo un resultado final de 280 lotes. A su vez se definió que cada lote posee en promedio cuatro habitantes.

Entonces, el cálculo de la población del loteo fue el siguiente:

$$\text{Población} = \text{N}^\circ \text{ de lotes} \times (\text{hab.}) / \text{lote} = 280 \times 4 = 1120 \text{ hab.}$$

Como conclusión al estudio de diversa información avalada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de diversos artículos al respecto del consumo de agua potable en la Provincia de Córdoba, se estimó la siguiente dotación:

$$\text{Dotación} = 250 \text{ l} / (\text{hab.} \times \text{día})$$

### 14.8 CALCULO DE CONSUMOS

Con los resultados de la población y dotación se encontró el volumen:

$$\text{Volumen} = 1120 \times 250 = 280000 \text{ l} / \text{día}$$

$$\text{Volumen} = 3,24 \text{ l} / \text{s}$$

Como no existen registros confiables ininterrumpidos, de no menos de 36 meses, de consumo de agua potable que permitan determinar los coeficientes de caudal, adoptamos los valores especificados en la norma ENOHSA, a través de la siguiente tabla:

Población servida	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta$
500 h < $P_s$ ≤ 3.000 h	1,40	1,90	2,66	0,60	0,50	0,30
3.000 h < $P_s$ ≤ 15.000 h	1,40	1,70	2,38	0,70	0,50	0,35
15.000 h < $P_s$	1,30	1,50	1,95	0,70	0,60	0,42

Figura 5 - Coeficientes de Caudal

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 129 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Al tener una población comprendida entre 500 y 3000 habitantes se adoptó  $\alpha_1 = 1,40$  y  $\alpha_2 = 1,90$ . Al multiplicar ambos se obtiene  $\alpha = 2,66$ .

Los coeficientes significan lo siguiente:

$\alpha_1$ : es la relación entre el caudal medio del día de mayor consumo y el caudal medio anual.

$\alpha_2$ : relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio del día de mayor consumo.

$\alpha$ : relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio anual.

Con los coeficientes y el volumen se calculó el caudal:

$$\text{Caudal} = 3,24 \times 2,66 = 8,62 \text{ l/s}$$

Para el cálculo del caudal hectométrico fue necesario conocer la longitud total de la cañería, siendo la misma de 3031 metros, entonces al dividir el caudal por la longitud se obtuvo:

$$Q_{\text{hectometrico}} = (8,62) / 3031 = 0,0028 \text{ (l)/(s}\times\text{m)}$$

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 130 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Para conocer el caudal en los nodos, se tomaron la mitad de las longitudes de la cañería que llegan al nodo y se las multiplico por el caudal hectométrico.

Nodos	Caudales
J-1	0.34
J-2	0.54
J-3	0.46
J-4	0.56
J-5	0.58
J-6	0.07
J-7	0.34
J-8	0.07
J-9	0.48
J12	0.74
J-11	0.39
J10	0.09
J13	0.59
J16	0.85
J17	0.50
J14	0.24
J15	0.78
J18	0.43
J19	0.47
J20	0.68
J21	0.24

*Figura 6 - Caudales por nodo*

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 131 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



En la red fue necesario comprobar las presiones en los nodos, cañerías y las velocidades en las mismas. Las presiones debían estar comprendidas entre 0,8 kg/cm<sup>2</sup> a 3 kg/cm<sup>2</sup> y las velocidades de 0,6 m/s a 2 m/s.

A continuación, se muestran las tablas con los resultados obtenidos:

Nodo	Presion [kg/cm <sup>2</sup> ]
J-1	1.51
J-2	1.47
J-3	1.66
J-4	1.8
J-5	1.57
J-6	1.38
J-7	1.94
J-8	1.96
J-9	1.88
J12	1.76
J-11	1.83
J10	1.87
J13	1.33
J16	1.7
J14	1.23
J15	1.35
J18	1.72
J19	1.72
J21	1.4
J20	1.66

*Figura 7 - Presión por nodo*

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 132 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Calle	Velocidad [m/s]
Calle 1 I	0.97
Calle 1 II	0.93
Calle 6 I	0.65
Calle 6 II	0.51
Calle 5A - 5B II	0.1
Calle 5A - 5B I	0.02
Calle 3	0.28
Calle 8 I	0.17
Calle 8 II	0.02
Calle 6 III	0.22
Calle 5A-5B III	0.35
Calle 4 II	0.05
Calle 4 III	0.03
Calle 4 I	0.05
Calle 1 III	0.68
Calle 7 II	0.11
Calle 7 I	0.04
Calle 1 IV	0.54
Calle 2B I	0.46
Calle 2B II	0.13
Calle 2B III	0.39
Calle 5A-5B IV	0.73
Calle 2B IV	0.25
Calle 2A III	0.34
Calle 2A II	0.13
Calle 2A I	0.13
Calle 5A-5B V	0.2

*Figura 8 - Velocidad por cañería*

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 133 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Las cañerías utilizadas son las siguientes:

Calle	Diametro (mm)
Calle 1 I	110
Calle 1 II	110
Calle 6 I	110
Calle 6 II	110
Calle 5A - 5B II	63
Calle 5A - 5B I	63
Calle 3	63
Calle 8 I	63
Calle 8 II	63
Calle 6 III	63
Calle 5A-5B III	110
Calle 4 II	63
Calle 4 III	63
Calle 4 I	63
Calle 1 III	63
Calle 7 II	63
Calle 7 I	63
Calle 1 IV	63
Calle 2B I	63
Calle 2B II	63
Calle 2B III	63
Calle 5A-5B IV	63
Calle 2B IV	63
Calle 2A III	63
Calle 2A II	63
Calle 2A I	63
Calle 5A-5B V	63

*Figura 9 - Diámetros de cañerías*

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 134 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 14.9 CÁLCULO DE LA RESERVA (CISTERNA)

La cisterna para el proyecto se consideró circular, por lo cual fue necesario poner solamente un rompeolas, lo que hace que el agua ingrese por un extremo y termine su recorrido por el otro, evitando zonas de aguas muertas.

Para empezar el cálculo se consideró que el consumo de operación en un día es:

$$\text{Consumo operación} = 280 \text{ [m}^3\text{]}$$

Para el volumen se definió que se necesitan 2 m<sup>3</sup> por espacio verde, entonces, si contamos con siete espacios verdes, se obtuvo un volumen de:

$$\text{Volumen} = 14 \text{ [m}^3\text{]}$$

Según las normas, las pérdidas se consideraron el 20% del volumen de operación, es decir:

$$\text{Pérdidas} = 56 \text{ [m}^3\text{]}$$

A través de las normas Enosha, la reserva de incendios, se consideró para una población entre 500 y 3000 personas como:

$$\text{Reserva contra Incendios} = 41 \text{ [m}^3\text{]}$$

Finalmente, el volumen de la cisterna se obtuvo como la suma de todos los puntos anteriores:

$$\text{Vol. (cisterna)} = 280 + 14 + 56 + 41 = 391 \text{ [m}^3\text{]}$$

Para determinar el área fue necesario definir la altura útil de la cisterna, adoptando:

$$\text{Altura útil} = 4,50 \text{ [m]}$$

Con el volumen y la altura útil se obtuvo el área, como el cociente entre ambas:

$$\text{Área} = (391 \text{ m}^3) / (4,50 \text{ m}) = 86,90 \text{ [m}^2\text{]} \rightarrow \text{adoptando } 90 \text{ [m}^2\text{]}$$

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 135 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Por último, se obtuvo el diámetro de la cisterna, a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Área} = (\pi \times \theta^2) / 4$$

$$\theta = 11 \text{ [m]}$$

#### 14.10 RECOMENDACIONES

Las reservas deben estar protegidas contra cualquier peligro de contaminación, para lo cual el proyecto debe contemplar que:

Se construya a su alrededor una cerca provista de su correspondiente puerta con cerradura, o se adopten otras precauciones adecuadas para impedir la entrada de personas no autorizadas o animales.

Las cisternas enterradas y semienterradas estén ubicadas a cota superior a la del agua freática y sobre la cota de inundaciones o crecientes. Alrededor de las mismas la superficie del terreno ha de conformarse en forma apropiada para desviar los escurrimientos superficiales, con pendiente suficientes para evitar el estancamiento de agua en sus cercanías.

Las cañerías de desbordes y desagües no estén conectadas directamente a albañales o cloacas, sino que tengan sus bocas hacia abajo y con una caída libre de por lo menos dos diámetros de la tubería de descarga (nunca menos de 15 cm.) sobre el nivel de aguas abajo.

Los extremos de los desbordes y ventilaciones estén protegidos con tela metálica fina, en lo posible colocada en bastidores removibles y dispuestos de tal manera que eviten la entrada de lluvia, polvo, pájaros, insectos, roedores, y cualquier otro posible contaminante.

Cuando es necesario colocar tapas de inspección, éstas se instalen con un muro perimetral que sobresalga no menos de 15 cm de la superficie superior de la reserva. En este caso los accesos deben tener un diámetro o lado mínimo no menor de 60 cm y las tapas deben ser sólidas y herméticas, con bordes dispuestos hacia abajo y que encajen en el contramarco perimetral por lo menos de 5 cm.

Estas tapas deben tener cerraduras fuertes y seguras diseñadas de tal manera que se mantengan cerradas en todo tiempo, excepto cuando debe hacerse uso del acceso.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 136 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Estén convenientemente alejados de depósitos de basuras, letrinas, sumideros y cualquier otra fuente de contaminación.

#### **14.11 MODELO UTILIZADO PARA EL CÁLCULO**

El programa que se utilizó para la modelación es Bentley WaterCAD, el cual es un software para análisis y gestión de redes a presión. El mismo otorga soluciones para el diseño, construcción y operación de redes de agua. A su vez permite la simulación hidráulica de un modelo computacional, representando diferentes elementos como ser: tramos de tuberías, nodos de consumo, tanques, reservorios, bombas, válvulas, etc.

Se optó por usar este programa porque permite determinar las presiones, caudales y velocidades en los diversos puntos del sistema. A sí mismo el software ofrece diversas opciones de visualización de resultados, perfiles, gráficos y anotaciones por color.

Las ventajas de utilizar este programa son:

- Facilidad de uso.
- Intercambio de datos con otro sistema.
- Permite exportar desde programas como AutoCAD.
- Optimización de diseño.
- Análisis de calidad.

#### **14.12 UNIÓN DE CAÑERÍAS**

La unión se hizo por medio de soldadura por termofusión a tope. Él mismo es un método simple/rápido para unir tubos y sus accesorios. El proceso de termofusion se puede describir de la siguiente manera:

- Encender la máquina, la cual se apaga la luz de control llegada a los 260 °C
- Cortar los tubos a la medida necesaria.
- Marcar la profundidad de termofusion.
- Insertar simultáneamente los tubos y sus accesorios hasta la marca indicada.
- Una vez cumplido el tiempo de calentamiento, se quitan.
- Se deja enfriar a temperatura ambiente durante el tiempo tabulado.

En las partes de los tubos donde se efectúan las soldaduras se verifico que el corte del tubo este bien recto y los extremos a soldar estén completamente paralelos. Esto garantiza la imposibilidad de movimiento axial.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 137 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



A continuación, se expone una tabla indicativa de referencia:

Diámetro Externo	Penetración del Tubo (mm)	Tiempo de Calentamiento (seg)	Tiempo max p/acople (seg)	Tiempo de Enfriamiento (min)
20	14	5	4	2
25	16	7	4	2
32	18	8	6	4
40	20	12	6	4
50	23	18	6	4
63	27	24	8	6
75	31	30	8	6
90	35	40	8	6
110	42	50	10	8

*TABLA 1 - Proceso de Termofusion*

#### Ventajas

- Máxima seguridad en uniones, conformando una sola pieza.
- Rápida instalación, ahorrando tiempo y costos de mano de obra.
- Vida útil de 50 años como mínimo.
- Mayor resistencia a presión interna, hasta 25 kg/cm<sup>2</sup>.
- Mayor resistencia a golpes y vibraciones.
- Totalmente atoxico.
- No sufre corrosión.
- Fácil de transportar y operar.
- No produce ruidos.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 138 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### 14.13 COMPUTO DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

Una vez definidas todas las tareas a realizar y la cantidad de material necesario para llevar a cabo el proyecto se calculó el presupuesto del mismo obteniendo un total de \$1.198.378,12.

N°	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total
1	<b>Caños</b>				
	Ø 63 - PEAD - Clase 10	ML	2552	43.29	110476.08
	Ø 110 - PEAD - Clase 10	ML	487	254.35	123868.45
	Tapones Ø63mm	U	3	129.25	387.75
2	<b>Excavacion</b>				
	Excavacion de suelo	m3	2182.32	150	327348.00
3	<b>Acarreo, colocación de cañería, cama de arena, tapada y compactación y limpieza final de obra (MANO DE OBRA)</b>				
	- Ø63-200mm	m3	2182.32	122.19	266657.68
	Electrofusión cañería	ML	3031	3.04	9214.24
4	<b>Accesorios</b>				
	Accesorio: T	U	11	191.08	2101.88
	Accesorio: Codos	U	5	213.19	1065.95
5	<b>Dispositivos de control</b>				
	Valvulas exclusas	U	28	2639.23	73898.44
6	<b>Acometidas Domiciliarias (MATERIALES Y MANO DE OBRA TERCERIZADA)</b>				
	Provisión de Cañería PEAD, D=25 mm, EF	ML	1632	8.39	13692.48
	Excavacion	m3	1175.04	150	176256.00
	Accareo, colocación, cama de arena, tapada y compac. y limpieza - Ø25mm	m3	1175.04	55.32	65003.21
	Materiales de Conexiones domiciliarias Corta (sin cañería)	Nro	280	300.43	84120.40
7	<b>Prueba hidraulica</b>				
	Prueba hidráulica y desinfección de cañería	ML	3031	6	18186.00
					\$ 1,198,378.12

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 139 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 15 REDES COLECTORAS

## 16 INTRODUCCIÓN

En este apartado se procede a realizar un análisis a cerca del diseño de las redes colectoras de líquidos cloacales. Se presentará el procedimiento de cálculo de las cañerías, así como los criterios utilizados para establecer el recorrido de la red. Para definir las cuestiones anteriormente mencionadas, se recurrió a la búsqueda de información en reglamentos y en bibliografía técnica específica.

### 16.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EFLUENTES DEL EMPRENDIMIENTO

El conocimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los líquidos cloacales es fundamental para el proyecto de las instalaciones destinadas a su recolección, tratamiento y evacuación.

Puesto que los alcances del presente trabajo no involucran el tratamiento de los líquidos recolectados, se limitará a mencionar que análisis deberían tenerse en cuenta junto a una breve explicación de los mismos:

- Origen de las aguas residuales: En el caso del loteo, los residuos se considerarán de procedencia exclusivamente residencial, debido a la no existencia de industrias en el mismos.
- Análisis de las características físicas, químicas y biológicas del agua residual (Ver Imagen 16-1).

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 140 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



PARÁMETROS	ORIGEN
<b>Físicos</b>	
Sólidos	Suministro de agua, residuos industriales y domésticos.
Temperatura	Residuos industriales y domésticos
Color	Residuos industriales y domésticos
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
<b>Químicos</b>	
<i>Orgánico:</i>	
Proteínas	Residuos comerciales y domésticos
Carbohidratos	Residuos comerciales y domésticos
Grasas y aceites	Residuos industriales, comerciales y domésticos.
Fenoles	Residuos industriales.
Pesticidas	Residuos agrícolas
<i>Inorgánico:</i>	
PH	Residuos industriales
Cloruros	Residuos industriales, suministro de agua doméstica e infiltración de agua subterránea
Alcalinidad	Residuos domésticos, suministro de agua doméstica e infiltración de agua subterránea
Nitrógeno	Residuos domésticos y agrícolas
Fósforo	Residuos domésticos e industriales.
Azufre	Residuos industriales y suministro de agua doméstica
Compuestos tóxicos	Residuos industriales e infiltración de agua subterránea
<i>Gases:</i>	
Oxígeno	Suministro de agua doméstica e infiltración de agua subterránea
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de aguas domésticas
Metano	Descomposición de aguas domésticas
<b>Biológicos</b>	
Protistas	Residuos domésticos, plantas de tratamiento
Virus	Residuos domésticos
Plantas	Corrientes de agua al descubierto y plantas de tratamiento
Animales	Corrientes de agua al descubierto y plantas de tratamiento

Imagen 16-1. Propiedades físicas, químicas y biológicas a estudiar de las aguas residuales (Fuente: Tesis Nicolás Tarquini, Obras Sanitarias de la Nación)

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 141 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Composición: En este sentido se hace referencia a los constituyentes, tanto físicos, químicos como biológicos que se encuentran presentes en el agua residual. En función de la concentración de estos componentes, el agua residual se clasificará como fuerte, media o débil (Imagen 16-2).

CONSTITUYENTE	CONCENTRACIÓN		
	Fuerte	Media	débil
Sólidos, en total	1200	700	350
Disueltos, en total	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos, en total	350	200	100
Fijos	75	50	30
Volátiles	275	150	70
Sólidos Sedimentables (ml/l)	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno, a los 5 días a 20 °C	300	200	100
Carbono Orgánico total	300	200	100
Demanda química de oxígeno	1000	500	250
Nitrógeno, en total	85	40	20
Orgánico	35	15	6
Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo, en total	20	10	6
Orgánico	5	3	2
Inorgánico	15	7	4
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	200	100	50
Grasa	150	100	50

Imagen 16-2. Clasificación del agua residual en función de la concentración de sus componentes  
(Fuente: Tesis Nicolás Tarquini, Obras Sanitarias de la Nación)

Los líquidos cloacales de tipo residencial se componen principalmente de:

- Agua proveniente de deyecciones humanas.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 142 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



- Agua proveniente de higiene personal.
- Efluentes derivados de la cocina.
- Efluente derivado de la limpieza de distintos ambientes y elementos domiciliarios.

## 16.2 DESCRIPCIÓN DEL CUERPO RECEPTOR

La red cloacal evacuará y concentrará los líquidos residuales para su posterior derivación final al cuerpo receptor. Este cuerpo receptor del total del líquido cloacal evacuado dentro de la urbanización será una cañería troncal que desemboca en la planta depuradora de líquidos cloacales de la ciudad de Alta Gracia. Esta cañería recibe el efluente de otros 4 loteos además del tratado en el presente informe.

## 16.3 PROYECTO RED CLOACAL

### 16.3.1 Criterios de diseño

#### **Escurrimiento, ubicación y pendiente de las cañerías**

El criterio adoptado para trazar la red es que la circulación del líquido se realice exclusivamente por gravedad, es decir, no se plantean estaciones de bombeo. Es por esto, que la cañería debe tener pendiente hacia el cuerpo receptor, siendo la mínima reglamentaria de 0,3%. Los caños colectores irán por calzada y la tapada mínima en este caso será de 1,20 metros.

La relación entre las pendientes del terreno natural " $i_{\text{Terreno}}$ " y la de los caños, " $i_{\text{Caño}}$ " puede presentar los siguientes casos (Imagen 16-3):

- $i_{\text{Terreno}} = i_{\text{Caño}}$ : En este caso el caño es paralelo al terreno natural, de modo que mientras se mantenga esta relación, la tapada será constante.
- $i_{\text{Terreno}} > i_{\text{Caño}}$ : Cuando se presenta este caso se produce una reducción de la tapada.
- $i_{\text{Terreno}} < i_{\text{Caño}}$ : Cuando se presenta este caso se produce aumento de la tapada.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 143 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		

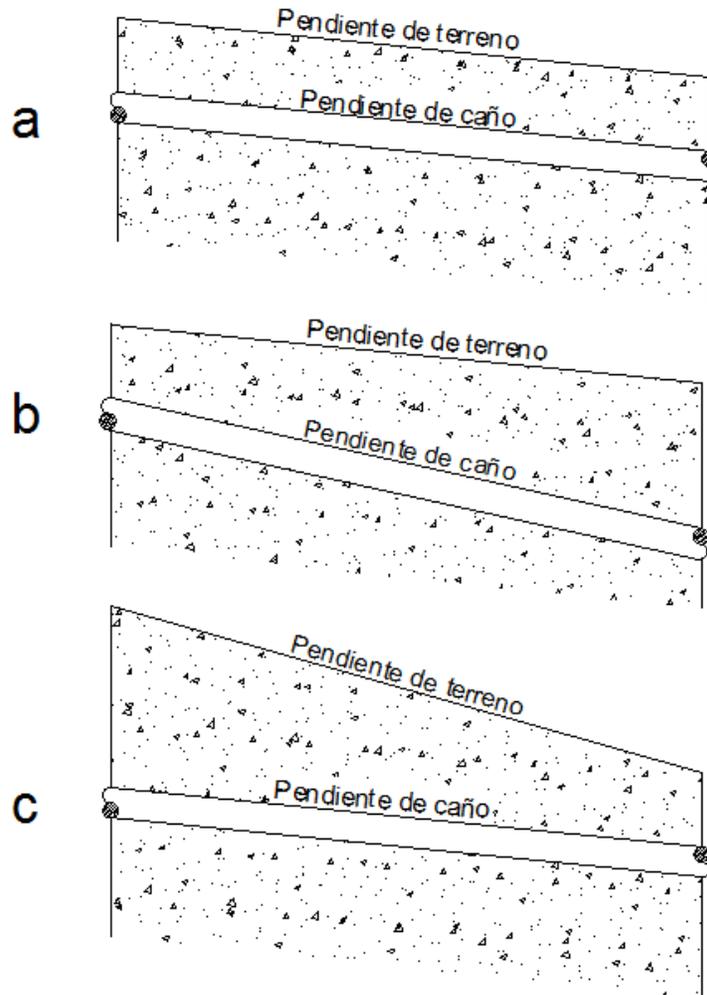


Imagen 16-3. Relaciones entre pendientes de terreno y de caño

Por otro lado, se establece que la pendiente mínima de los colectores “ $i_{Min}$ ”, es de 0,3%. El terreno natural puede presentar los siguientes casos:

- $i_{Terreno} = i_{Min}$ : En este caso, las cañerías se colocan paralelas al terreno natural (caso “a” del punto anterior).
- $i_{Terreno} < i_{Min}$ : En este caso, las cañerías se disponen con una pendiente igual a “ $i_{Min}$ ”, presentándose el caso “c” del punto anterior.
- $i_{Terreno} > i_{Min}$ ; con tapada mínima: En este caso, se toma el mismo criterio que en el anterior.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 144 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



- d.  $I_{\text{terreno}} > I_{\text{Min}}$ ; con tapada mayor a la mínima: Se proyecta la cañería con una pendiente menor a la de terreno natural (pero siempre mayor o igual a  $I_{\text{Min}}$ ), buscando reducir la tapada (caso b del punto anterior).

### Diámetro y material de las cañerías

Por reglamento el diámetro nominal (diámetro externo) mínimo que se utiliza para las cañerías que conforman la red cloacal es de 160 mm. El material a utilizar será Polivinilo de Cloruro (PVC). Esta elección tiene que ver con que este material ofrece un bajo coeficiente de rugosidad de Manning ( $n = 0,013$ ), lo cual representa una ventaja sustancial puesto que como se dijo anteriormente, la circulación del líquido se realiza por gravedad. Además, para los tamaños con los que se está trabajando, este material resulta una de las opciones más económicas.

### Colocación de bocas de registro

Las bocas de registro constituyen recintos donde confluyen las cañerías. Dentro de los mismos se encuentran canales a media caña conocidos con el nombre de cojinetes a través de los cuales se puede acceder a los colectores y desobstruirlos. Estas construcciones estarán cerradas con tapas circulares de hierro fundido por cuestiones de seguridad.

Las bocas de registro se colocan en los siguientes casos:

- Cambio de dirección de las cañerías.
- Confluencia de colectores.
- Cuando la distancia a la boca de registro llegase a los 120 metros.
- Cuando comienza un ramal colector.

### Trazado de la red

El trazado de la red se hace buscando seguir la pendiente natural del terreno, para evitar que se generen aumentos innecesarios de la tapada que derivan en un aumento del movimiento de suelo. En algunos casos fue imposible ir paralelo al terreno natural, por los distintos casos que se citaban anteriormente.

### Velocidades máximas

Para el caudal de diseño debe cumplirse que no se vea superada la velocidad máxima " $V_{\text{Max}}$ ", dada por la siguiente expresión:

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 145 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



$$V_{Max} \frac{m}{s} = 6 * \frac{g}{s^2} * R [m]^{1/2}$$

Ecuación 16-1

Dónde:

- g: aceleración de la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- R: radio hidráulico

Nota: Tanto el cálculo de caudales y de velocidades serán tratados en detalle más adelante.

### 16.3.1.1 Dimensionamiento de la red

Para dimensionar la red colectora de líquidos cloacales debe primeramente definirse el caudal de diseño, el cual servirá luego para realizar el cálculo de los diámetros de las cañerías que conforman la red.

### 16.3.1.2 Definición de caudal de diseño para la red

El líquido cloacal producido será directamente proporcional al consumo de agua potable. Se espera que entre el 70% y 80% del agua suministrada sea evacuada por la red colectora (el porcentaje restante se destina a riego, limpieza domiciliaria, lavado de automóviles, etc.), siendo este último el valor más recomendable a considerar por ser el más conservador (Trabajo Final Brarda, Cahe, 2002).

Considerando lo mencionado anteriormente y remarcando que la urbanización en cuestión dispone de servicio de distribución de agua potable, se afecta la dotación de ésta por un coeficiente de minoración "C<sub>M</sub>" igual a 0,8 obteniéndose lo propio para la red de cloaca (Tabla 16-1):

Tabla 16-1. Dotaciones consideradas para el diseño

Dotación	Agua	250	[L/hab×día]
	Cloaca	200	

Elaboró:	Bertero - Horvat	Código:	TRABAJO FINAL 2015	
Revisó:	Fontana - Ganancias	Emisión:	03 de Diciembre 2015	
Autorizó:	Fontana - Ganancias	Revisión:	01	Página 146 de 155
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>				



## Calculo de caudales

El caudal medio diario “ $Q_E$ ” (Tabla 16-2) para cloaca se obtiene multiplicando este último valor por el de la población a servir “dot”, valor calculado previamente en la sección correspondiente a la red de agua.

$$Q_E = Pob \cdot dot$$

*Ecuación 16-2*

El criterio para establecer el caudal de diseño para la red será el mismo que ya fue adoptado en la sección correspondiente a la red de agua potable. Si a  $Q_E$  se lo afecta por el coeficiente  $\alpha$  (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), se obtiene el caudal de diseño “ $Q_{E20}$ ”, el cual es el máximo horario a 20 años (Tabla 16-2):

*Tabla 16-2. Caudal medio diario y caudal de diseño*

Caudal		[L/día]	[L/s]
$Q_{Cloaca}$	Medio	224000	2,59
	Diseño	595840	6,90

## Caudal hectométrico

Para el cálculo del diámetro de la cañería se usará el caudal hectométrico, cuyo cálculo se efectúa dividiendo el caudal de diseño por la longitud total de cañería que toma líquido (Tabla 16-3).

*Tabla 16-3. Caudal hectométrico*

$Q_{Hm}$	Agua	0,294	[L/s.Hm]
	Cloaca	0,259	

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 147 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



### Cálculo de diámetros para la red

Las colectoras cloacales serán calculadas como canales de sección de segmento de círculo, con una relación h/d (Imagen 16-4) que debe cumplir con las siguientes limitaciones:

- $h/d \leq 0,94$  para el caudal de diseño (máximo horario proyectado a 20 años).
- $h/d \leq 0,8$  para el caudal máximo horario proyectado a 10 años.

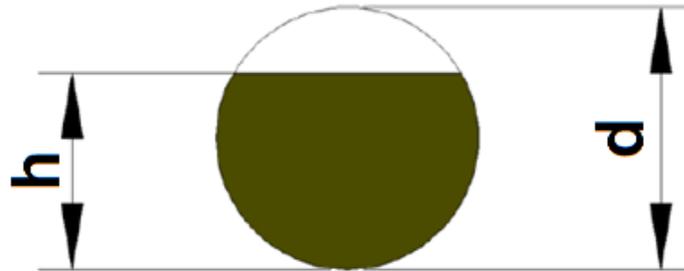


Imagen 16-4. Sección de una cañería

En el caso analizado no se realizará la última verificación ya que la red se planifica para recibir a toda la población de diseño de un momento para otro, no se proyecta el crecimiento poblacional al ser una urbanización de tipo privada.

Para determinar el diámetro necesario a colocar de cañería, se propone un diámetro y luego se calcula la capacidad máxima “ $Q_{Max}$ ” que éste tiene para luego comparar este último valor con el caudal de cálculo “ $Q_{cálculo}$ ”, el cual representa el volumen de líquido por unidad de tiempo que debe procesar la cañería en la sección considerada. Para determinar la capacidad del caño, se hará uso de la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} * A$$

Ecuación 16-3. Ecuación de Manning

$$R = \frac{A}{P}$$

Ecuación 16-4

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 148 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



Dónde:

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

R: Radio hidráulico.

S: Pendiente del fondo del canal.

A: Área mojada.

P: Perímetro Mojado.

Para obtener R, A y P se recurrirá a la Imagen 16-5, en la cual se presentan cálculos simplificados de estos valores en función de la sección que se esté analizando. La nomenclatura utilizada en esta tabla es la del origen, es decir, puede no coincidir con la que se está utilizando. Por otro lado, cabe destacar que se debió apelar al uso de la trigonometría para obtener el ángulo  $\theta$ , que está en función de  $h/d$  (equivalente a la relación  $y/d$  de la Imagen 16-5).

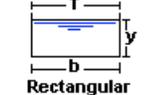
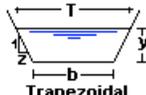
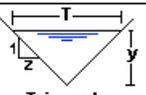
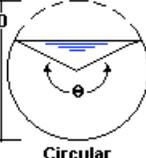
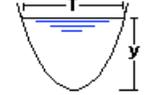
Tipo de sección	Área A (m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}) \frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2}) D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Imagen 16-5. Tabla de Geometría hidráulica fundamental (Fuente: Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow - 1982)

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01
<b>Página 149 de 155</b>	
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>	



## 16.4 COMPUTO Y PRESUPUESTO

### PRESUPUESTO CLOACA

COMPUTO CAÑERÍA CLOACAS						
Denominación	Unidad	Cantidad	\$/m	\$ final		
C1 - 160	m	2707.72	\$95.51	\$258,614.34		

MOVIMIENTO DE SUELO PARA ZANJA						
Denominación	Sección zanja [m <sup>2</sup> ]	Largo cañería [m]	m <sup>3</sup> a excavar	\$/m <sup>3</sup>	\$ final	
Z1	0.9	2707.72	2436.948	\$150.00	\$365,542.20	

COLOCACION DE TIERRA PARA ZANJA						
Denominación	Sección zanja [m <sup>2</sup> ]	Largo cañería [m]	m3 arena	\$/5,5m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$ final
Arena	0.27	2707.72	725.3814191	1300	\$236.36	\$171,453.79
Relleno y compactación	0.49	2707.72	1332.19824		\$450.00	\$745,706.09
0-20 Suelo seleccionado	0.12	2707.72	324.9264	2200	\$400.00	\$129,970.56
					Σ:	\$1,047,130.44

BOCAS DE REGISTRO						
Denominación	Unidades	Cantidad	\$ unitario	\$final		
BR	un.	36	\$1,891.40	\$68,090.40		
Acero	Barra	36	\$132.23	\$4,760.33		
Hormigón	m <sup>3</sup>	7.74	\$1,100.00	\$8,514.00		
Ladrillos	un.	2880	\$2.00	\$5,760.00		
Mortero	m <sup>2</sup>	61.2	\$9.18	\$561.82		
Cojinete	m <sup>3</sup>	2.88	\$1,100.00	\$3,168.00		
Mano de obra	día	43.2	\$50.00	\$2,160.00		
				Σ:	\$93,014.55	

Costo TOTAL

\$1,764,301.52

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01
<b>Página 150 de 155</b>	
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>	



## 16.5 IMPACTO AMBIENTAL

El análisis de la evaluación del impacto ambiental llevado a cabo para el proyecto se realizó a través del desarrollo de la matriz de Leopold. Esta matriz permite analizar los impactos generados en las distintas etapas del proyecto, permitiendo de esta manera tomar decisiones más adecuadas con respeto al ambiente.

Cada casillero de la matriz se encuentra dividido en dos a través de una diagonal, donde el número del casillero superior representa la magnitud del impacto con respecto a la extensión del mismo (puntual, parcial, extenso, total). Mientras que el número del casillero inferior indica el valor del impacto de acuerdo a una escala del 0 a 5 con respecto a la intensidad del mismo (siendo 1 un impacto muy bajo y 5 un impacto muy alto).

Con respecto al análisis elaborado a través de la Matriz de Leopold, se pudo determinar que la etapa de la obra que más impacto genera es la etapa constructiva, en particular la acción de excavativa correspondiente a la parte hidráulica del proyecto. En general se pudo apreciar que la etapa constructiva resulta más nociva ambientalmente que la etapa de operación. La etapa de abandono no fue considerada en el proyecto debido a que el loteo consiste en un complejo de viviendas con fines comerciales y sociales. Además el proyecto se encuentra localizado hacia el norte de Alta Gracia, dirección en la cual dicha ciudad experimenta un marcado crecimiento.

Se puede decir que la calidad del aire fue el parámetro más perjudicado por el proyecto. Como contracara de esto, se determinó también que los parámetros de aumento de la actividad económica, y del cambio del valor de la tierra, fueron los que obtuvieron el mayor impacto positivo.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 151 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



## 17 MATRIZ DE LEOPOLD

## 18 RESUMEN Y CONCLUSIONES

- Cumplimiento con los requerimientos para regularizar la materia Trabajo Final.
- Se ha Realizado de manera integral utilizando y aplicado lo aprendido durante toda la carrera para un proyecto completo de una obra de Ingeniería.
- Se ha tenido en cuenta el impacto social que tiene la facultad, ya que se tuvo en cuenta lo que genera una urbanización.
- Se aplicaron los conocimientos adquiridos en Hidráulica I y II.
- Se aplicaron los conocimientos adquiridos en Planeamiento y Urbanismo.
- Se aplicaron los conocimientos adquiridos en Ingeniería Sanitaria.
- Se aplicaron los conocimientos adquiridos en Gestión Ambiental
- Se trabajó de manera interdisciplinaria entre ambas ramas de la Ingeniería Civil.
- Se Recopilaron, analizaron y aplicaron los reglamentos vigentes a nivel provincial para el diseño de una urbanización.
- Se profundizo y se aplicó programas computacionales de Hidrología (HEC HMS), WaterCad, Ms.Word y Ms. Excel.
- El Análisis hidrológico implicó la determinación total de 2 cuencas externas y 3 internas al loteo, de una superficie total de 2,98 km<sup>2</sup>.
- Las lluvias de diseño fueron obtenidas a partir de las curvas IDT de la estación de La Suela del CIRSA

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 152 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



- La cantidad de lotes de la nueva urbanización es de 280 lotes, con una población de 1120 habitantes.
- La dotación de agua se tomó 250 l/hab x día, lo que da un Caudal medio anual de 8,62 l/s. La cisterna diseñada para esta red tiene un volumen de 391 m<sup>3</sup>.
- La dotación considerada para el diseño cloacal es de 200 l/hab x día, El caudal de cloaca fue diseñado para 6,90 l/s.
- En Hidrología se ha realizado el estudio y hemos dado una solución para el impacto Hidrológico sea nulo con la nueva urbanización.
- En Impacto Ambiental se ha realizado una red de agua que contempla la dotación y consumo necesario justo y en red colectora cloacal promovemos al saneamiento ambiental para esta nueva urbanización

## 19 BIBLIOGRAFIA

- R.S. Ramalho (2003) "Tratamiento de Aguas Residuales". Editorial Reverté S.A.
- Domingo Gómez Orea (2002) "Evaluación de Impacto Ambiental". Editorial Mundi-Prensa.
- V. Conesa Fdez.-Vitoria (2010) "Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental". Editorial Mundi-Prensa.
- Guillermo Espinoza (2007) "Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental"
- Normas de Estudio, Criterios de Diseño y Presentación de Proyectos de Desagües Cloacales para localidades de hasta 30.000 habitante del Consejo Federal de Agua Potable y Saneamiento (COFAPyS).
- Ven te Chow (2004) Hidráulica de Canales Abiertos. Editorial Nomos S.A.
- Apuntes de la cátedra de Ingeniería de la UCC.

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 153 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO</b> <b>CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL</b> <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



- Apuntes de la cátedra de Gestión Ambiental de la UCC.
- Apuntes de la cátedra de Hidráulica II de la UCC.
- Apuntes de la cátedra de Ingeniería Sanitaria de la UNC. Ing. Alberto L. Bresciano e Ing. Alfredo Ortiz Olmedo.
- [www.trimble.com](http://www.trimble.com)
- [www.plantasdetratamiento.com](http://www.plantasdetratamiento.com)
- <http://ing.unne.edu.ar/pub/instalaciones/cloacas.pdf>

## 20 PLANOS

<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 154 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		



<b>Elaboró:</b> Bertero - Horvat	<b>Código:</b> TRABAJO FINAL 2015	
<b>Revisó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Emisión:</b> 03 de Diciembre 2015	
<b>Autorizó:</b> Fontana - Ganancias	<b>Revisión:</b> 01	<b>Página 155 de 155</b>
<b>DOCUMENTO CONTROLADO CATEDRA TRABAJO FINAL – INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA</b>		