

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**Estudio Hidrológico para el Proyecto de construcción de la Colonia  
Valle Alto. Monclova, Coahuila.**

**Por:**

**AYBER DANIEL SANTIAGO GARCÍA**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:  
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Diciembre, 2022**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE  
Estudio Hidrológico para el Proyecto de construcción de la Colonia Valle Alto.  
Monclova, Coahuila.

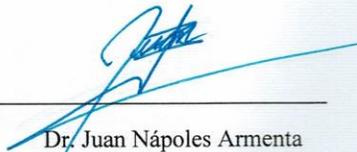
POR:  
AYBER DANIEL SANTIAGO GARCÍA  
TESIS

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:  
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Aarón I. Melendres Alvarez  
ASESOR PRINCIPAL

  
Dr. Luis Samaniego Moreno  
ASESOR  
Dr. Juan Nápoles Armenta  
ASESOR EXTERNO  
M.C. Sergio Sánchez Martínez  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Estudio Hidrológico para el Proyecto de construcción de la Colonia Valle Alto.  
Monclova, Coahuila.

POR:

AYBER DANIEL SANTIAGO GARCÍA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada por el H. Jurado Examinador:

M.C. Aarón I. Melendres Alvarez

PRESIDENTE DEL JURADO

Dr. Luis Samaniego Moreno

VOCAL



Dr. Juan Nápoles Armenta

VOCAL

M.C. Sergio Sánchez Martínez

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2022

## DECLARACION DE NO PLAGIO

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta decir la verdad, que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (copiado y pegado); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como copia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin comillas; utilizar material digno como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consiente de que, en caso de comprobarse plagio en el texto, no respetar los derechos de autor, edición o modificación, será sancionado por las autoridades correspondiente. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias generadas en caso de existir cualquier tipo de plagio y declaro que este trabajo es original.

Autor principal



---

Ayber Daniel Santiago Garcia

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo.

A la **UAAAN** por haberme aceptado con las puertas abiertas y por ser mi segunda casa, porque obtuve los conocimientos necesarios y las nuevas formas de ver las cosas en la vida cotidiana.

Al **M.C. Aron I. Melendres Alvarez**, por su paciencia y tolerancia hacia mi persona por la asesoría, motivación y por compartirme un poco de sus conocimientos y aportaciones para este trabajo final.

Al **Dr. Luis Samaniego Moreno** por el apoyo brindado y su colaboración para este trabajo.

A mis **compañeros** de carrera por haberme acompañado en este largo proceso, gracias por los buenos momentos que hemos compartido, creo que todos hemos aprendimos continuamente de todos y de nosotros mismo, tanto profesional como personalmente.

A todos mis **maestros** a todos los que laboran en la universidad muchas gracias por enseñarme y brindarme valiosos conocimientos y dejada huella de aprendizaje en mi vida tanto personal como profesionalmente.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padre Sr Homero Santiago Moreno y Sr Maria Erica Garcia Velasco**

Por darme la vida, enseñarme el camino de la lucha constante a no rendirme en el propósito que yo tenga a la mejor herencia que es la conclusión de mis estudios, esto es gracias sus esfuerzos y sacrificios que han hecho por mí.

### **A mis hermanos Luis Alberto Santiago Garcia y Maricruz Santiago garcia**

Por apoyarme en todo lo que he logrado son parte importante de este proceso, por su ayuda cuando lo necesite y por todo lo que hemos pasado gracias por todo.

### **A mis compañeros Alex Andoni Lopez Figueroa y Rigoberto Saldaña Figueroa**

Por estar siempre conmigo y recibir el apoyo que me han dado tanto personal como laboralmente, y que han sido parte de mi familia les agradezco mucho su ayuda.

### **A mi novia Karina Velasco Alfaro**

Que siempre a estado conmigo en las buenas y en las malas, por tu apoyo incondicional que siempre me das, estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permiten.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	2
2.1 Objetivo General.....	2
2.2 Objetivos específicos .....	2
III. HIPÓTESIS .....	2
IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
4.1 Hidrografía General.....	3
4.2 Clima.....	4
4.3 Características y uso de suelo.....	4
4.4 Edafología .....	5
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
5.1 Localización .....	7
5.2 Estimación de gastos.....	8
5.2.1 Formula Racional Americana.....	9
5.2.2 Metodo de Chen lu Chen .....	10
5.3 Tiempo de concentración .....	11
5.4 Determinación del periodo de retorno .....	12
5.5 Definición de cuencas externas .....	13
5.6 Definición de cuencas internas.....	14
5.7 Coeficiente de escurrimiento “C”.....	15
5.8 Procesamiento de precipitación.....	16
5.9 Modelación Hidrodinámica.....	17
5.10 Generación de malla de calculo .....	17

5.11	Asignación de las condiciones de entrada .....	18
VI.	RESULTADOS.....	19
6.1	Resultados correspondientes a $Tr = 20$ años. ....	19
6.2	Resultados correspondientes a $Tr = 50$ años. ....	20
6.3	Resultados correspondientes a $Tr = 100$ años. ....	21
6.4	Drenaje pluvial .....	27
6.5	Análisis de gasto por calle para definir la altura del cordón cuneta .....	29
6.6	Análisis y estudio hidrológico.....	30
VIII.	CONCLUSIÓN .....	36
IX.	RECOMENDACIONES .....	36
X.	BIBLIOGRAFÍA .....	37

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Periodos de retorno para diseño de drenaje pluvial, parte II (CONAGUA,1996). .....	13
Cuadro 2. Valores del coeficiente de escurrimiento ara periodos de retorno de 5 a 10 años (Aparicio, 1989).....	15
Cuadro 3. Isoyetas CENAPRED 2015, sitio Monclova.....	16
Cuadro 4. Gastos determinados para cada periodo de retorno. ....	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hidrografía general. ....	3
Figura 2. Clima de la zona de estudio. ....	4
Figura 3. Usos de suelo. ....	5
Figura 4. Distribución edafológica. ....	6
Figura 5. Localización del estado de Monclova. ....	7
Figura 6. Localización de los lotes del área de estudio. ....	8
Figura 7. Cuencas externas. ....	13
Figura 8. Cuencas internas. ....	14
Figura 9. DEM correspondiente al área de estudio. ....	17
Figura 10. Cuencas que descargan hacia el norte fuera del fraccionamiento. ....	22
Figura 11. Cuencas que descargan en la cuenca 4 en la calle valle del olimpo. ....	23
Figura 12. Cuencas que descargan en la parte poniente del arroyo. ....	24
Figura 13. Cuenca principal del arroyo. ....	25
Figura 14. Cuencas que descargan en la cuenca 4 de la calle valle escondido. ....	26
Figura 15. Perfil de la calle valle soleado. ....	27
Figura 16. Perfil de la calle valle escondido. ....	28
Figura 17. perfil de la calle valle de oriente. ....	29
Figura 18. Tirante Aguas arriba (cerca de la entrada del arroyo a la colonia) para un $Tr = 20$ años. ....	30
Figura 19. Tirante Aguas abajo (cerca de la salida del arroyo en la colonia) para un $Tr = 20$ años. ....	31
Figura 20. Tirante Aguas arriba (cerca de la entrada del arroyo a la colonia) para un $Tr = 50$ años. ....	31
Figura 21. Tirante Aguas abajo (cerca de la salida del arroyo en la colonia) para un $Tr = 50$ años. ....	32
Figura 22. Tirante Aguas arriba (cerca de la entrada del arroyo a la colonia) para un $Tr = 100$ años. ....	32
Figura 23. Tirante Aguas abajo (cerca de la salida del arroyo en la colonia) para un $Tr = 100$ años. ....	33
Figura 24. Altura de tirantes en un $Tr = 20$ años. ....	34
Figura 25. Altura de tirantes en un $Tr = 50$ años. ....	34
Figura 26. Altura de tirantes en un $Tr = 100$ años. ....	35

## **RESUMEN**

El Colonia proyecto se ubica en el Municipio de Monclova, Coahuila. Previo a la visita se recopiló y se adquirió información topográfica de INEGI como lo son modelos digitales de elevación, cartas topográficas de la zona en escala 1-50,000, 1-20,000 etc., modelos digitales de elevación con calidad de 5m por 5m escala 1-10,000 disponible en la red.

Para confirmar los escurrimientos en la zona. Este Material se procesó en sistemas especializados generándose un plano con la sobre posición de las curvas de nivel a las ortofotos de la zona en estudio descargada de internet georreferenciada desde el programa especializado en sistemas de información geográfica. Con los planos anteriores se llevó a cabo la visita de campo que tuvo como objetivo principal identificar las cuencas y subcuencas físicamente en la zona en estudio.

Palabras clave: Monclova, Periodos de retorno, estudio hidrológico, IBER.

## **ABSTRACT**

The Colonia project is in the Municipality of Monclova, Coahuila. Prior to the visit, INEGI topographic information was collected and acquired, such as digital elevation models, topographic maps of the area on a scale of 1-50,000, 1-20,000, etc., digital elevation models with a quality of 5m by 5m, scale 1:10,000 available on the net.

To confirm runoff in the area. This Material was processed in specialized systems, generating a map with the superposition of the contour lines to the orthophotos of the area under study downloaded from the internet georeferenced from the specialized program in geographic information systems. With the previous plans, the field visit was carried out, whose main objective was to physically identify the basins and sub-basins in the area under study.

**Keywords:** Monclova, Return periods, hydrological study, IBER.

## I. INTRODUCCIÓN

Monclova, localizada en la Región Centro del estado de Coahuila, al norte de México. Es el tercer municipio más poblado del estado con 216,206 habitantes (2010), así como cabecera de la Zona Metropolitana de Monclova-Frontera integrada también por los municipios de Frontera, Castaños y recientemente ingresado el municipio de San Buenaventura suma una población de 339,463 habitantes. Se encuentra a una altitud de 600 metros sobre el nivel medio del mar.

Es una ciudad destacada por la mayor producción de acero de México, lo que le ha valido el mote de “La Capital del Acero”. La Ciudad de Monclova Coahuila localizada en las colinas de la sierra la gloria por lo que ha debido desarrollarse hacia el oriente de la ciudad a las faldas de la sierra la Gloria la cual en su vertiente poniente muestra hidrología radial acumulando agua en su cuenca vertiéndola hacia la ciudad.

Con el paso del tiempo áreas que se encontraban sin cobertura urbana son urbanizadas impermeabilizando con calles y casas el suelo de la parte baja de la cuenca evitando la infiltración. Al acumular agua de lluvia por las cañadas y calles se genera en las partes bajas de las hondonadas inundaciones, que con una pendiente pronunciada generan gran velocidad en el flujo del agua por calles. Esto provoca daños a infraestructuras urbanas, con el peligro latente de pérdida de vidas humanas. Impidiendo el tránsito seguro de los vehículos que circulan por la calle y avenidas y en otras colindantes, retrasando los traslados de estos, influyendo en el daño de la carpeta asfáltica y otros elementos estructurales de la vialidad y constituye también, un factor de riesgo de inundación de las edificaciones colindantes con las avenidas y calles que concentran flujo pluvial, afectando a las personas en sus propiedades o bienes y en cierto grado a la persona misma.

Para evitar la problemática que ocasiona la lluvia en eventos extraordinarios, el Municipio de Monclova solicita a los desarrolladores un documento que manifieste el impacto que ocasionaría el desarrollo de cualquier infraestructura pública. Para lo cual se desarrolla el presente estudio hidrológico del futuro colonia Valle Alto. Localizado al Oriente de la Ciudad de Monclova, Coahuila

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Realizar los estudios hidrológicos pluviales para las cuencas y subcuena que inciden en la futura colonia Valle Alto estimando si las vialidades de la colonia proyecto tendrán la capacidad suficiente para conducir un gasto para un periodo de retorno de 5, 10, 20, 50 100 años. Así como el análisis de las cuencas exteriores de cauces que por el área de la colonia cruzan.

### **2.2 Objetivos específicos**

Realizar los modelamientos correspondientes de inundación para los periodos de retorno de 20, 50 y 100 años del arroyo que cruza por la colonia.

## **III. HIPÓTESIS**

Alguno de los periodos de retorno ya sea 20,50 o 100 años originara desborde en el área de desarroyo del proyecto.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Hidrografía General

Río Monclova, nace en el Sur, cruza el municipio Castaños por el lado norte, el río atraviesa el municipio de Monclova de suroeste a noroeste, ingresando a Abasolo por el sur. Al sureste se encuentra el río Candela. También cuenta con varios pozos para el abastecimiento de agua, distribuidos por el sur y suroeste de la ciudad. Existe un ojo de agua al sur de Monclova y en las faldas del cerro de la Gloria, el cual alimenta al río Monclova, siendo éste el que cruza el área urbana en su parte medio oriental.

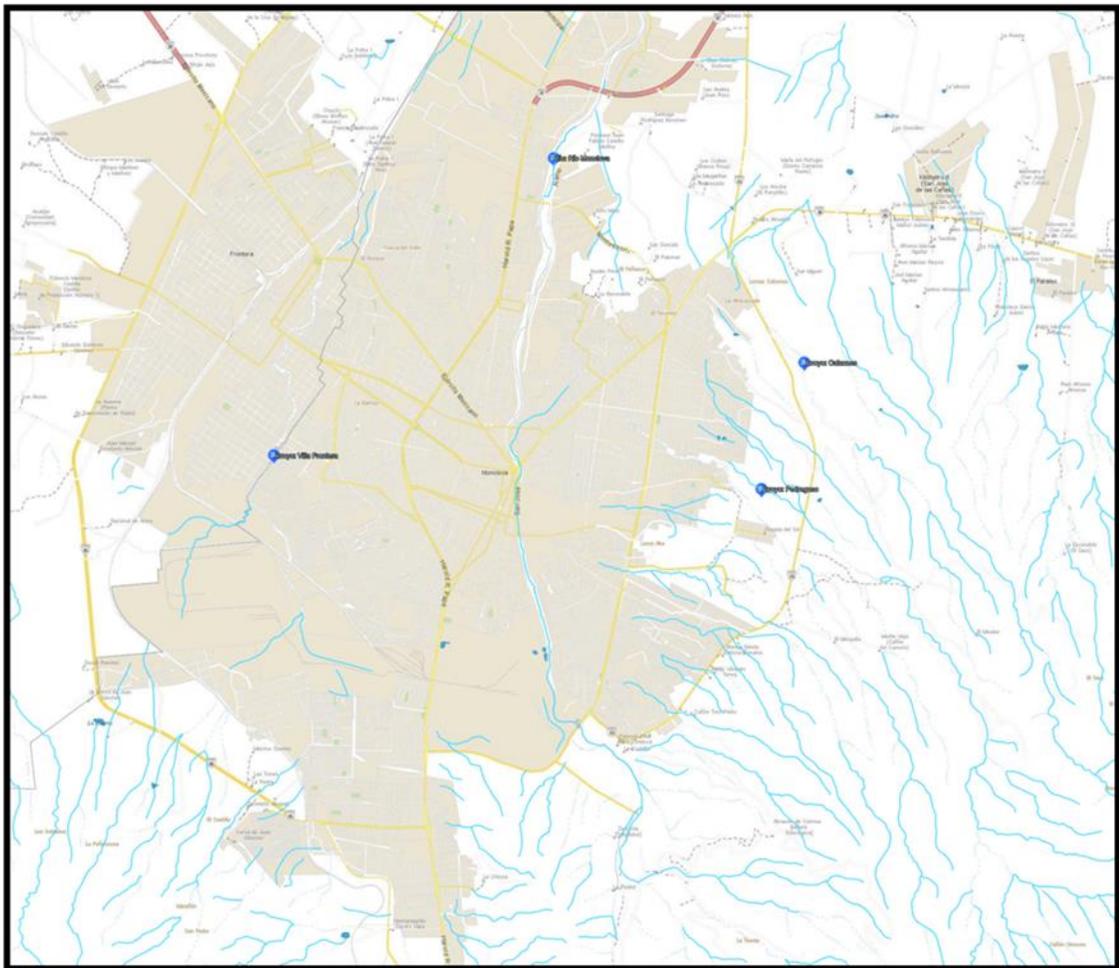


Figura 1. Hidrografía general.

## 4.2 Clima

Al centro, oeste, este y norte del municipio se registran climas de subtipos secos semiáridos, y en la parte sur se registran subtipos de climas muy secos semiáridos; la temperatura media anual es de 20 a 22°C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 300 a 400 milímetros; en el noroeste y en el norte, sur y este del municipio, es del rango de los 400 a 500 milímetros con régimen de lluvias en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y escasas en noviembre. Los vientos predominantes soplan en dirección noreste a velocidades de 14 a 28 km/hr. La frecuencia de heladas es de 0 a 20 días y granizadas de uno a dos días en el suroeste, y en el norte, sur y este es de 0 a 1 días.

BSohwdes\_tem: Árido, semicálidos, temperatura entre 18oC y 22oC, temperatura del mes más frio menor de18oC, temperatura del mes más caliente mayor de 22oC.  
desc\_prec: Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

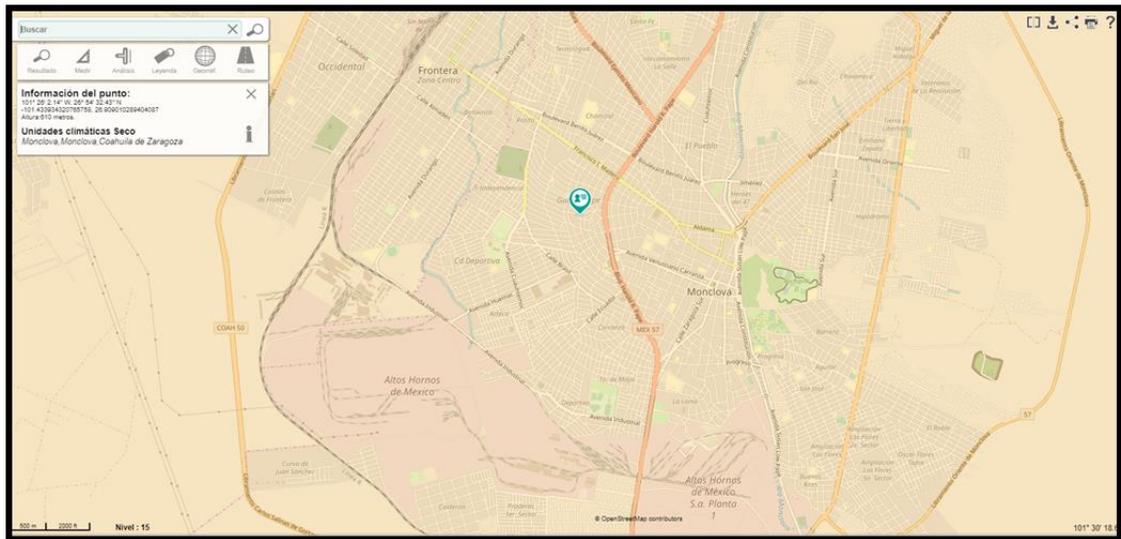


Figura 2. Clima de la zona de estudio.

## 4.3 Características y uso de suelo

Se pueden distinguir dos tipos de suelo en el municipio: Xerosol: Suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión. Regosol: No presenta capas distintas, es claro y se parece a la roca que le dio origen. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende del terreno en el que se encuentre. Respecto al uso del suelo, la mayor parte del territorio municipal es utilizado para el desarrollo pecuario, siendo menor la extensión dedicada a la producción agrícola y el área urbana.

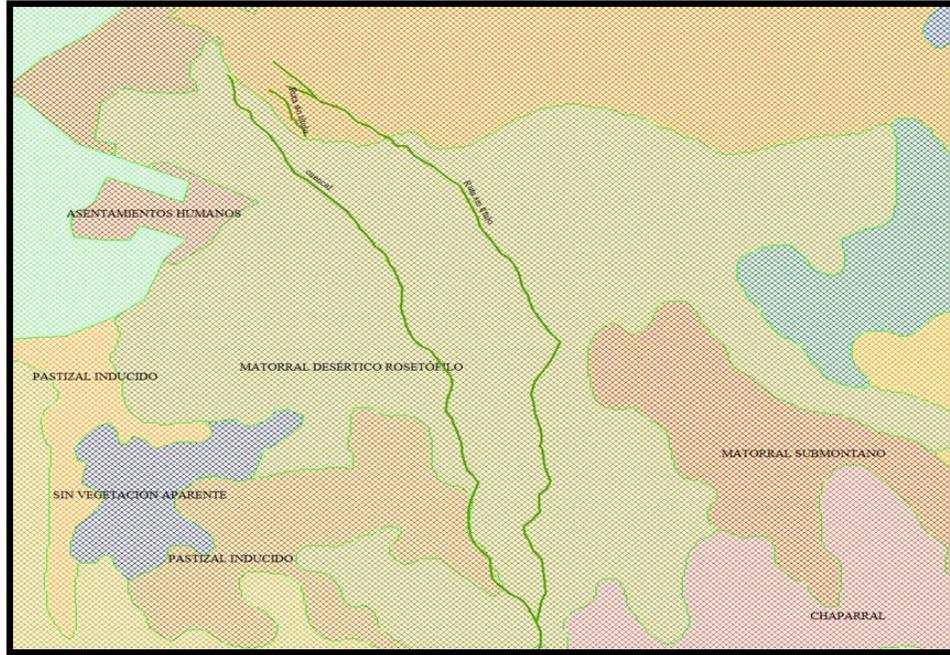


Figura 3. Usos de suelo.

#### 4.4 Edafología

De acuerdo con la cartografía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) La Edafología del área de estudio es la siguiente: Suelos predominantes leptosoles de textura media y Leptosoles calcisoles de textura media.

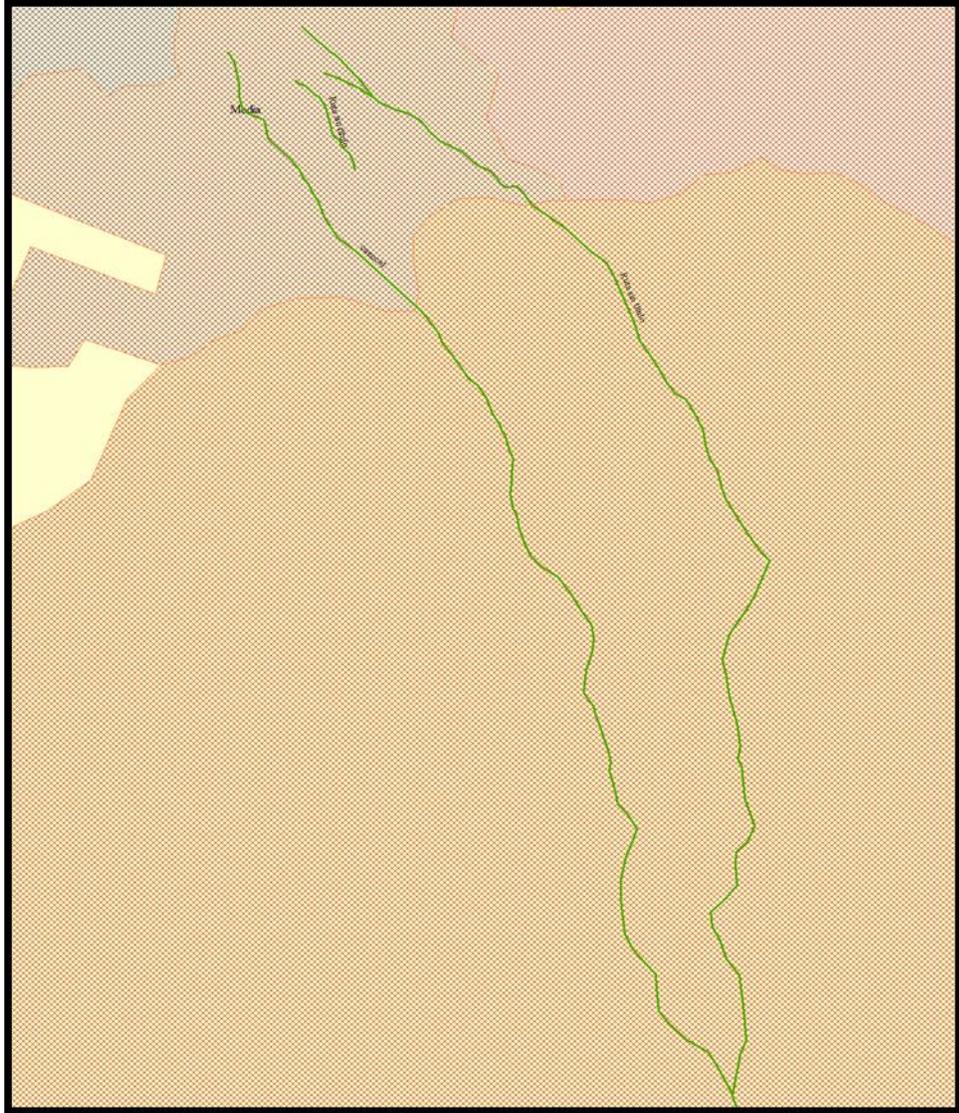


Figura 4. Distribución edafológica.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización

El municipio de Monclova se localiza en el centro este del estado de Coahuila, en las coordenadas 101°25'20" longitud oeste y 26°54'37" latitud norte, a una altura de 600 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el municipio de Abasolo; al sur con el de Castaños, al este con el de Candela y al oeste con el municipio de Frontera. Se localiza a una distancia aproximada de 195 kilómetros de la capital del estado.



Figura 5. Localización del estado de Monclova.

A continuación, se ilustran marco hidrológico superficial y las ubicaciones de las zonas de estudio del proyecto de urbanización, tomando como base la carta topográfica INEGI G14A52 escala 1:20,000. En la subcuenca RH24Dg.



Figura 6. Localización de los lotes del área de estudio.

### 5.2 Estimación de gastos.

Las cuencas no aforadas constituyen la mayoría de las cuencas existentes ya que no cuentan información hidrométrica. Por lo que comúnmente, los registros de precipitación son, con el transcurso del tiempo, más abundantes y estables que los de escurrimiento. En la zona de proyecto solo se dispone de estaciones pluviométricas. Los cambios con nuevas obras de almacenamiento y derivación, talas forestales, urbanización, etcétera estos cambios que ocurren en la cuenca afectan significativamente al registro de escurrimiento, mientras que el registro de precipitación no resulta apreciablemente afectado por dichos cambios.

Aprovechando estas propiedades de la precipitación, es conveniente contar con métodos que permitan determinar el escurrimiento en una cuenca mediante las características de la misma y de la precipitación. Las cartas topográficas y de uso de suelo sirven para conocer las características de la cuenca. En el caso de una cuenca urbana, el escurrimiento superficial natural suele modificarse conduciéndolo por un sistema de drenaje constituido principalmente por tuberías.

Debido a que la cantidad y calidad de la información disponible varían grandemente de problema en problema ya que no siempre se requiere la misma precisión en los resultados, se han desarrollado una gran cantidad de métodos para la estimación de avenidas.

Desde luego, la complejidad de los métodos aumenta a medida que se toma en cuenta un mayor número de variables, mayor precisión, pero los datos que se requieren deben ser más numerosos y de mejor calidad.

Los métodos para la estimación de avenidas pueden clasificarse de acuerdo con diferentes criterios; por ejemplo: empíricos, probabilísticos y basados en relaciones lluvia escurrimiento.

Los métodos basados en lluvia – escurrimiento tienen cierta flexibilidad en su aplicación, pudiendo ajustar ciertos parámetros de acuerdo con el problema en estudio. Requieren más datos, pero proporcionan resultados más precisos. Entre estos métodos se tienen: el hidrograma unitario, el de Chow, el de Témez y el del hidrograma unitario triangular del USBR.

### **5.2.1 Formula Racional Americana**

Recibe este nombre la primera aproximación, que es la más sencilla para evaluar al caudal que producirá una precipitación. Se supone una precipitación constante de intensidad  $i$  (mm/hora) que cae sobre una cuenca de superficie  $A$  (km<sup>2</sup>).

Para una primera aproximación, basta con aplicar un coeficiente de escurrimiento  $C$ , con lo que finalmente, la fórmula general resulta:

$$Q = C i A$$

Dónde:

$Q$  = caudal, en m<sup>3</sup>/s

$C$  = coeficiente de escurrimiento, adimensional

$i$  = intensidad de precipitación, en mm/h

$A$  = superficie de la cuenca, en km<sup>2</sup>

Para el correcto dimensionamiento de los cálculos basta operar un valor constante que resuelve el paso de unidades,

$$Q = 0.278 C i A$$

La tasa de resultante de escurrimiento alcanza su máximo cuando la lluvia tiene un tiempo igual al de concentración del área drenada. Así, la frecuencia de la descarga pico es la misma de la intensidad de lluvia para el tiempo de concentración.

La respuesta del escurrimiento depende de las consideraciones de lluvia antecedente y de las características fisiográficas del área drenada. Para cuencas pequeñas y áreas alternadas, la intensidad de la lluvia es un factor dominante. Para cuencas más grandes lo es las características de control de la zona.

### 5.2.2. Método de Bell

Para determinar la intensidad de la lluvia válida para periodos de retorno TR 2, 5 y 10 años (mm/hr)

$$\frac{((0.35 * \ln(TR) + 0.76) * (0.54 * d^{0.25} - 0.5) * P_{60-2}) * 60}{d}$$

### 5.2.2 Metodo de Chen lu Chen

Para determinar la intensidad de la lluvia válida para periodos de retorno TR 20,50,100,500 y 1000 años (mm/hr)

La fórmula de Chen es la siguiente:

$$P_t^{Tr} = \frac{a \cdot P_1^{10} \cdot \log(10^{2-F} Tr^{F-1}) \cdot t}{60(t+b)^c}$$

donde  $P_t^{Tr}$  y  $P_1^{10}$  están en milímetros, t en minutos ( $5 \leq t \leq 1,440$ ) y Tr ( $5 \leq Tr \leq 100$ ) en años.

$$R = \frac{P_1^{Tr}}{P_{24}^{Tr}}$$

$$F = \frac{P_{24}^{100}}{P_{24}^{10}}$$

$$a = - 2.297536 + 100.0389 \cdot R - 432.5438 \cdot R^2 + 1256.228 \cdot R^3 - 1028.902 \cdot R^4 \quad (6)$$

$$b = - 9.845761 + 96.94864 \cdot R - 341.4349 \cdot R^2 + 757.9172 \cdot R^3 - 598.7461 \cdot R^4 \quad (7)$$

$$c = - 0.06498345 + 5.069294 \cdot R - 16.08111 \cdot R^2 + 29.09596 \cdot R^3 - 20.06288 \cdot R^4 \quad (8)$$

Las fórmulas anteriores son aplicables únicamente en el intervalo  $0.10 \leq R \leq 0.60$ . Extrapolando las curvas originales de Chen hasta  $R = 0.70$ , se definieron las expresiones siguientes válidas en el intervalo  $0.20 \leq R \leq 0.70$ :

$$a = 21.03453 - 186.4683 \cdot R + 825.4915 \cdot R^2 - 1,084.846 \cdot R^3 + 524.06 \cdot R^4 \quad (9)$$

$$b = 3.487775 - 68.13976 \cdot R + 389.4625 \cdot R^2 - 612.4041 \cdot R^3 + 315.8721 \cdot R^4 \quad (10)$$

$$c = 0.2677553 + 0.9481759 \cdot R + 2.109415 \cdot R^2 - 4.827012 \cdot R^3 + 2.459584 \cdot R^4 \quad (11)$$

### 5.3 Tiempo de concentración

Se define como tiempo que tarda el agua desde el punto más alejado del área drenada hasta el sitio de estudio.

#### Kirpich

$$t_c = 0.000325 \left[ \frac{L}{\sqrt{H/L}} \right]^{0.77}$$

Dónde:

- $t_c$  Tiempo de concentración (hrs)
- L Longitud del cauce principal (km)
- H Desnivel total (m)

El valor entre paréntesis debe ser menor de 305, o bien el  $t_c < 5$  h.

Una variante de la fórmula es:

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Dónde:

- $t_c$  Tiempo de concentración (hrs)
- L Longitud del cauce principal (km)
- S Pendiente del cauce principal (%)

#### **5.4 Determinación del periodo de retorno**

El área de estudio en cuestión cuenta con infraestructura para conducir el agua de lluvia, vialidades que encausaran el flujo hacia este arroyo, el cual se encuentra seco casi todo el año, solo en periodos de lluvia prolongadas en las faldas de la sierra la gloria se presenta flujo. La siguiente tabla muestra los periodos de retorno para diseño de obra pluvial recomendado por la CONAGUA. Para el presente estudio se determina utilizar un periodo de retorno de 20 años, a fin de estimar el gasto en al arroyo receptor.

Cuadro 1. Periodos de retorno para diseño de drenaje pluvial, parte II (CONAGUA,1996).

Estructuras de drenaje pluvial	$T_r$ (años)
Aeropuertos y estaciones de ferrocarril y de autobuses	10
Cunetas y contracunetas en caminos y carreteras	5
Alcantarillas para paso de cauces pequeños en caminos locales que comunican poblados pequeños	10 a 25
Alcantarillas para paso de cauces pequeños en caminos regionales que comunican poblados medianos	25 a 50
Alcantarillas para paso de cauces pequeños en caminos primarios que comunican poblados grandes	50 a 100
Poblados pequeños con menos de 100 000 habitantes	2 a 5
Poblados medianos entre 100 000 y 1 000 000 de habitantes	5 a 10
Poblados grandes con más de 1 000 000 de habitantes	10 a 25

### 5.5 Definición de cuencas externas

Con la información topográfica se trazaron 10 cuencas externas para determinar el gasto de cada cuenca y definir su ruta de evacuación.

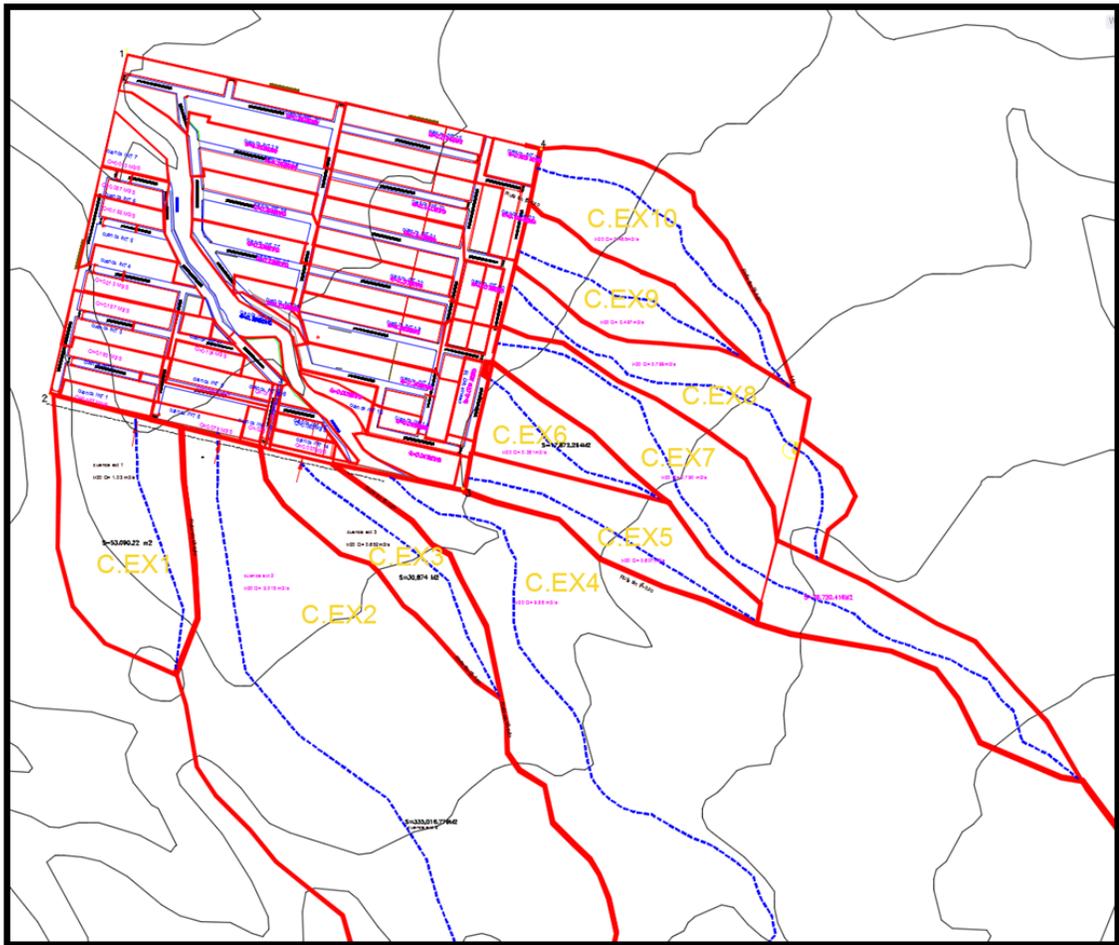


Figura 7. Cuencas externas.

## 5.6 Definición de cuencas internas

Tomando en cuenta la topografía del terreno natural y la traza de calles al interior de la colonia se delimitaron cuencas para evaluar la capacidad de conducción de las calles.

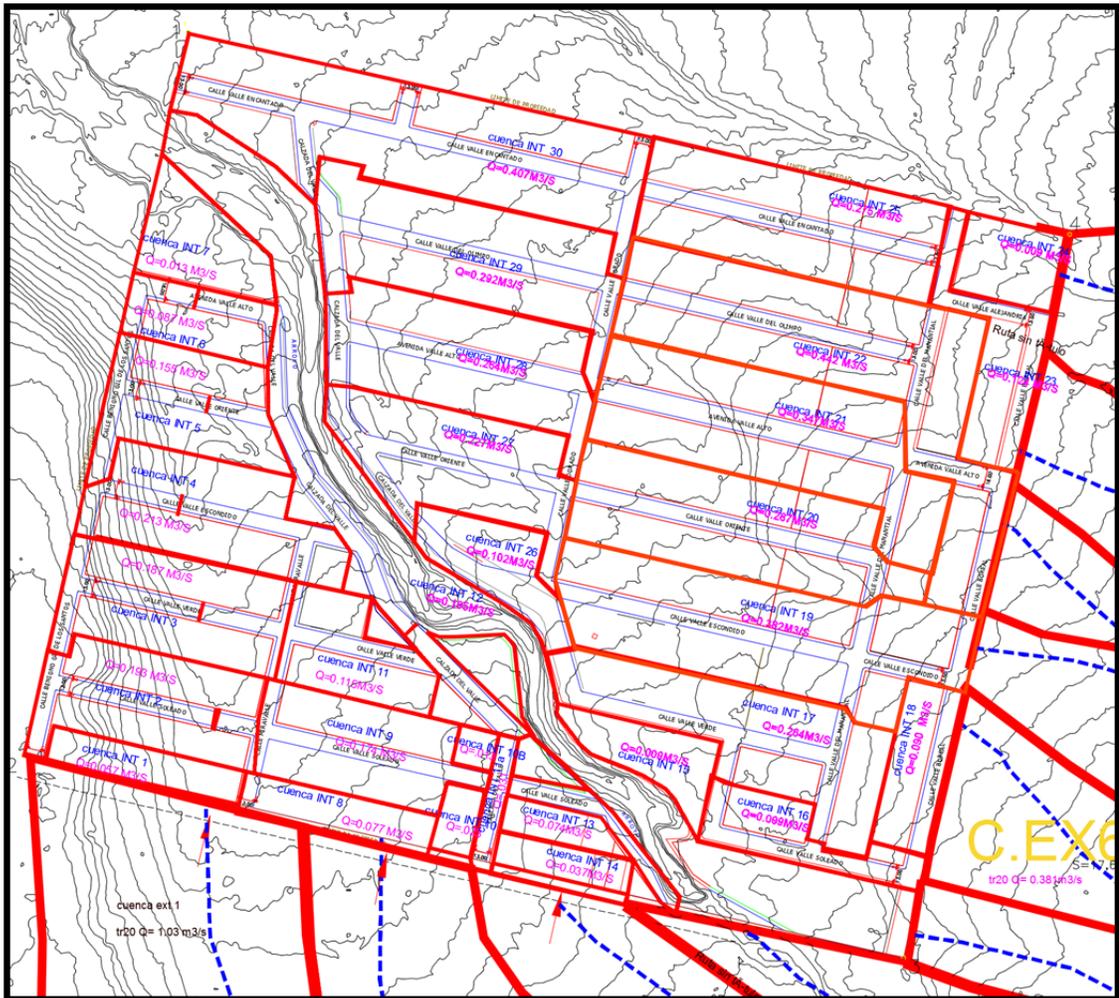


Figura 8. Cuencas internas.

### 5.7 Coeficiente de escurrimiento “C”

Cuadro 2. Valores del coeficiente de escurrimiento ara periodos de retorno de 5 a 10 años (Aparicio, 1989).

Tipo de área drenada	Coeficiente de escurrimiento	
	Mínimo	Máximo
<b>Zonas comerciales:</b>		
Zona comercial	0.75	0.95
Zonas mercantiles	0.70	0.90
Vecindarios	0.50	0.70
<b>Zonas residenciales:</b>		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
<b>Zonas industriales:</b>		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
Cementerios y parques	0.10	0.25
Campos de juego	0.20	0.35
Patios de ferrocarril y terrenos sin construir	0.20	0.40
Zonas suburbanas	0.10	0.30
<b>Calles:</b>		
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.80	0.95
Adoquinadas o empedradas, juntas con cemento	0.70	0.85
Adoquín sin juntear	0.50	0.70
Terracerías	0.25	0.60
Estacionamientos	0.75	0.85
Techados	0.75	0.95
<b>Praderas:</b>		
Suelos arenosos planos (pendientes $\leq 0.02$ )	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02 - 0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02 - 0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

### 5.8 Procesamiento de precipitación

Con las microcuencas trazadas, se ponderan las Isoyetas de 1 hora y de 24 hr. Obtenidas de **CENAPRED** Para la determinación de la intensidad de lluvia para un tiempo igual del tiempo de concentración siendo este no menor a 10 minutos.

Cuadro 3. Isoyetas CENAPRED 2015, sitio Monclova.

AÑO	ALTURA MM 1H	ALTURA MM 24H
2	20.00	47.68
5	23.00	73.76
10	30.00	95.93
20	40.00	120.52
50	50.00	157.43
100	60.00	180
200	62.13	202.8
500	70.00	232.85

Determinación del gasto pico en una cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el espacio y que no varía en tiempo, la duración de la precipitación que produce el caudal máximo dada una intensidad, es igual al tiempo de concentración, el tiempo de concentración es el tiempo que tarda toda el are de la cuenca en contribuir al escurrimiento mismo en que se produce el gato pico y el coeficiente de escurrimiento se mantiene informe en el tiempo. La intensidad para el tiempo de la tormenta se obtuvo por el método de Bell para Tr de 2 a 10 años y de Chen para Tr de 20, 50, 100, 500 y 1000 años

Área (m<sup>2</sup>) = Superficie terrestre definida topográficamente en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas, por uno o varios cursos de agua interconectados entre si, hacia un único punto de salida.

LCP (m) = Distancia horizontal, medida al largo del cauce principal, entre el punto de salida de la cuenca (desde el cual queda definida) y el limite definido de la cuenca.

S = Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas (adim).

C = Coeficiente de escurrimiento que depende del tipo de precipitación (lluvia, nieve o granizo), de su cantidad, de su intensidad y distribución en el tiempo, la humedad del suelo, del tipo de terreno, tipo de cobertura existente, etc.

Tc = Tiempo necesario para que el caudal saliente se estabilice, cuando ocurra una precipitación con intensidad constante sobre toda la cuenca (min).

Tr = Periodo de retorno (años).

Fch = Relación entre la precipitación para un periodo de retorno de 100 años con duración de 2 horas y una precipitación con periodo de retorno de 10 años y una duración de 24 horas (adim).

P 60-2 = Precipitación para un periodo de retorno de 2 años y una duración de 1 hora (mm).

P 60-10 = Precipitación para un periodo de retorno de 10 años y una duración de 1 hora (mm).

a, b, c = Parámetros regionales de precipitación (adim).

### 5.9 Modelación Hidrodinámica

Para realizar la modelación de inundación se utilizó el software IBER V2.4.3, los datos de entrada fueron procesados en un software de Sistemas de información Geográfica, se obtuvo el modelo digital del terreno (DEM) de la página del INEGI (figura 8), el DEM tiene una resolución espacial de 5 x 5 metros, obtenido de un vuelo lidar.

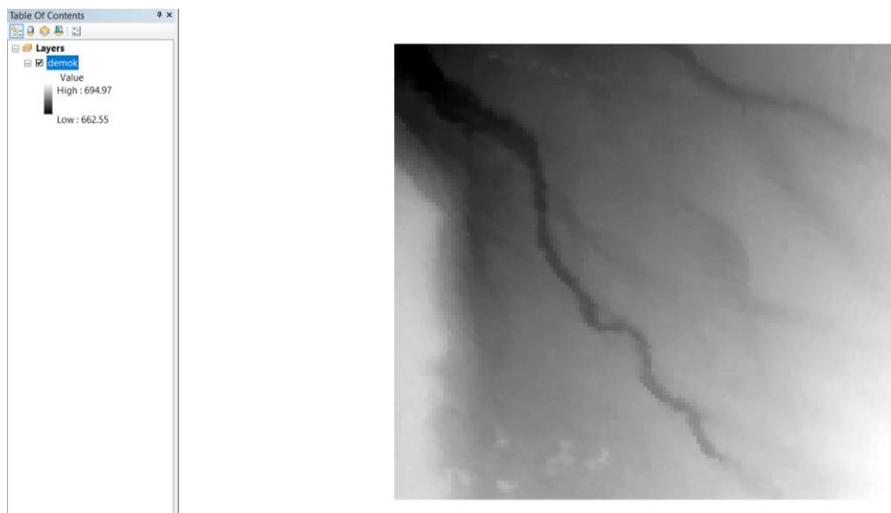


Figura 9. DEM correspondiente al área de estudio.

### 5.10 Generación de malla de calculo

La generación de la malla de cálculo con IBER se realizó a través de la herramienta a de RTIN, capaz de crear e importar una geometría formada por una red de triángulos rectángulos a partir del modelo digital del Terreno en formato ASCII de ArcInfo.

### 5.11 Asignación de las condiciones de entrada

Se introdujeron los gastos correspondientes a los diferentes Tr tal y como se muestra en la siguiente tabla, se consideraron solo los gastos que descargan en el arroyo, despreciándose todo el flujo que se queda en algunas calles y aquellos que descargan fuera de la colonia, se modelo bajo régimen permanente con un tiempo de simulación suficiente (3600s) para que el caudal de salida igualara al de entrada.

Dado que el arroyo no tiene flujo base, para condiciones iniciales del modelo se especificó a todos los elementos de la malla un calado de cero.

Se ingresaron los valores correspondientes de rugosidad al arroyo y al suelo con arbusto en IBER para su posterior modelamiento.

Cuadro 4. Gastos determinados para cada periodo de retorno.

Tr (años)	20	50	100
Q (m <sup>3</sup> /s)	17.08	21.82	25.38

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Resultados correspondientes a Tr = 20 años.

RESUMEN DE GASTOS CAPTADOS EN DIFERENTES CUENCAS

CUENCA	AREA M.2	LONGITUD MTS.	PENDIENTE M/M	GASTO M3/S	DESCARGA	OBSERVACION
INT 1	2,629.00	122.00	0.08	0.570	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 2	8,279.00	152.00	0.08	0.193	INT 2	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE SOLEADO
INT 3	8,681.00	100.00	0.12	0.201	INT 3	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE VERDE
INT 4	9,203.73	132.51	0.03	0.213	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 5	7,184.15	124.00	0.08	0.155	INT 5	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ORIENTE
INT 6	3,594.00	70.00	0.04	0.087	INT 6	CON SALIDA A AREA VERDE INT 7
INT 7	4,400.00	73.99	0.05	0.013	ARROYO SECO	CON SALIDA ARROYO SECO
INT 8	3,237.00	140.00	0.03	0.077	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 9	7,499.00	174.23	0.03	0.174	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 10	1,073.00	26.00	0.00	0.023	ARROYO SECO	DESCARGA CALLE VALLE DORADO Y AL ARROYO
INT 11a	1,136.00	84.00	0.01	0.081	ARROYO SECO	CALLE ARROYO VALLE DORADO
INT 11	4,942.00	145.30	0.03	0.115	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 12	28,220.62	706.97	0.03	0.192	ARROYO SECO	CUENCA ARROYO SECO AREAS VERDES Y VIALIDAD
INT 13	4,187.00	138.00	0.02	0.074	ARROYO SECO	CON SALIDA A CALLE VALLE SOLEADO Y AL ARROYO
INT 14	2,290.00	99.00	0.05	0.063	ARROYO SECO	CALLE VALLE DORADO Y AL ARROYO
INT 15	3,202.00	104.62	0.04	0.009	ARROYO SECO	AREA VERDE AL ARROYO
INT 16	4,007.00	133.00	0.04	0.099	ARROYO SECO	AL ARROYO SECO
INT 17	11,251.97	274.68	0.03	0.264	ARROYO SECO	CALLE VALLE VERDE Y AL ARROYO
INT 18	3,783.00	119.00	0.00	0.090	ARROYO SECO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
INT 19	13,214.00	291.00	0.03	0.303	ARROYO SECO	CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
INT 20	14,730.00	219.70	0.04	0.332	ARROYO SECO	CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
INT 21	15,188.00	250.00	0.04	0.347	ARROYO SECO	CALLE VALLE ALTO A CALLE VALLE DORADO CALLE DEL OLIMPO Y AL ARROYO
INT 22	20,492.00	390.00	0.03	0.473	ARROYO SECO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE DEL MANANTIAL A LA CALLE VALLE OLIMPO Y LA ARROYO
INT 23	5,011.94	208.14	0.03	0.124	FUERA DEL PREDIO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE ALEJANDRIA Y AL EXTERIOR DE L PREDIO DEPRESION
INT 24	3,139.55	77.87	0.06	0.009	FUERA DEL PREDIO	AL EXTERIOR DEL PREDIO DEPRESION
INT 25	12,114.00	188.52	0.03	0.275	ARROYO SECO	CALLE VALLE ENCANTADO HACIA EL ARROYO
INT 26	4,095.00	120.50	0.04	0.102	ARROYO SECO	HACIA EL ARROYO
INT 27	9,522.00	219.30	0.04	0.227	ARROYO SECO	CALLE VALLE DORADO Y VALLE ORIENTE AL RROYO
INT 28	11,294.00	255.51	0.03	0.264	ARROYO SECO	CALLE VALLE ALTO Y AL ARROYO
INT 29	12,558.00	252.00	0.02	0.292	ARROYO SECO	CALLE VALLE DEL OLIMPO HACIA EL ARROYO
INT 30	18,920.00	345.46	0.02	0.407	ARROYO SECO	CALLE VALLE ENCANTADO HACIA EL ARROYO

area fraccionamiento: 259,077.96

5.79

EXT 1	53,090.00	432.37	0.04	1.04	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
EXT 2	335,016.77	1,396.00	0.04	2.02	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
EXT 3	30,874.00	468.16	0.03	0.65	ARROYO SECO	CALLE VALLE DORADO Y AL ARROYO
EXT 4	6,739,311.30	8,446.37	0.08	9.89	ARROYO SECO	CUENCA ARROYO SECO AREAS VERDES Y VIALIDAD
EXT 5	28,790.00	426.45	0.04	0.62	ARROYO SECO	CUENCA ARROYO SECO AREAS VERDES Y VIALIDAD
EXT 6	17,672.26	287.03	0.04	0.38	ARROYO SECO	CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
EXT 7	78,720.11	1,015.51	0.04	0.79	ARROYO SECO	CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
EXT 8	45,409.39	619.45	0.04	0.80	ARROYO SECO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE DEL MANANTIAL A LA CALLE VALLE OLIMPO Y LA ARROYO
EXT 9	23,077.36	327.19	0.04	0.50	FUERA DEL PREDIO	AL EXTERIOR DEL PREDIO DEPRESION
EXT 10	39,682.20	474.56	0.04	0.49	FUERA DEL PREDIO	AL EXTERIOR DEL PREDIO DEPRESION

17.17

area exterior: 7,391,643.39

TOTAL: 7,650,721.35

22.96

## 6.2 Resultados correspondientes a Tr = 50 años.

### RESUMEN DE GASTOS CAPTADOS EN DIFERENTES CUENCAS

CUENCA	AREA M.2	LONGITUD MTS.	PENDIENTE M/M	GASTO M3/S	DESCARGA	OBSERVACION
INT 1	2,629.00	122.00	0.08	0.072	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 2	8,279.00	152.00	0.08	0.247	INT 2	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE SOLEADO
INT 3	8,681.00	100.00	0.12	0.256	INT 3	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE VERDE
INT 4	9,203.73	132.51	0.03	0.271	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 5	7,184.15	124.00	0.08	0.186	INT 5	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ORIENTE
INT 6	3,594.00	70.00	0.04	0.125	INT 6	CON SALIDA A AREA VERDE INT 7
INT 7	4,400.00	73.93	0.05	0.016	ARROYO SECO	CON SALIDA ARROYO SECO
INT 8	3,237.00	140.00	0.03	0.098	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 9	7,499.00	174.23	0.03	0.222	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 10	1,073.00	26.00	0.00	0.030	ARROYO SECO	DESCARGA CALLE VALLE DORADO Y AL ARROYO
INT 11a	1,136.00	84.00	0.01	0.040	ARROYO SECO	CALLE ARROYO VALLE DORADO
INT 11	4,942.00	145.30	0.03	0.147	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 12	28,220.62	706.97	0.03	0.245	ARROYO SECO	CUENCA ARROYO SECO AREAS VERDES Y VIALIDAD
INT 13	4,187.00	138.00	0.02	0.095	ARROYO SECO	CON SALIDA A CALLE VALLE SOLEADO Y AL ARROYO
INT 14	2,290.00	99.00	0.05	0.067	ARROYO SECO	CALLE VALLE DORADO Y AL ARROYO
INT 15	3,202.00	104.62	0.04	0.012	ARROYO SECO	AREA VERDE AL ARROYO
INT 16	4,007.00	133.00	0.04	0.126	ARROYO SECO	AL ARROYO SECO
INT 17	11,251.97	274.68	0.03	0.337	ARROYO SECO	CALLE VALLE VERDE Y AL ARROYO
INT 18	3,783.00	119.00	0.00	0.115	ARROYO SECO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
INT 19	13,214.00	291.00	0.03	0.387	ARROYO SECO	CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
INT 20	14,730.00	219.70	0.04	0.424	ARROYO SECO	CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
INT 21	15,188.00	250.00	0.04	0.442	ARROYO SECO	CALLE VALLE ALTO A CALLE VALLE DORADO CALLE DEL OLIMPO Y AL ARROYO
INT 22	20,492.00	390.00	0.03	0.604	ARROYO SECO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE DEL MANATIAL A LA CALLE VALLE OLIMPO Y LA ARROYO
INT 23	5,011.94	208.14	0.03	0.158	FUERA DEL PREDIO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE ALEJANDRIA Y AL ETERIOR DE L PREDIO DEPRESION
INT 24	3,139.55	77.87	0.06	0.012	FUERA DEL PREDIO	AL EXTERIOR DEL PREDIO DEPRESION
INT 25	12,114.00	188.52	0.03	0.350	ARROYO SECO	CALLE VALLE ENCANTADO HACIA EL ARROYO
INT 26	4,095.00	120.50	0.04	0.130	ARROYO SECO	HACIA EL ARROYO
INT 27	9,522.00	219.30	0.04	0.289	ARROYO SECO	CALLE VALLE DORADO Y VALLE ORIENTE AL RROYO
INT 28	11,294.00	255.51	0.03	0.337	ARROYO SECO	CALLE VALLE ALTO Y AL ARROYO
INT 29	12,558.00	252.00	0.02	0.372	ARROYO SECO	CALLE VALLE DEL OLIMPO HACIA EL ARROYO
INT 30	18,920.00	345.46	0.02	0.520	ARROYO SECO	CALLE VALLE ENCANTADO HACIA EL ARROYO

area fraccionamiento 259,077.96

EXT 1	53,090.00	432.37	0.04	1.33	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
EXT 2	335,016.77	1,396.00	0.04	2.57	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
EXT 3	30,874.00	468.16	0.03	0.83	ARROYO SECO	CALLE VALLE DORADO Y AL ARROYO
EXT 4	6,739,311.30	8,446.37	0.08	12.62	ARROYO SECO	CUENCA ARROYO SECO AREAS VERDES Y VIALIDAD
EXT 5	28,790.00	426.45	0.04	0.79	ARROYO SECO	CUENCA ARROYO SECO AREAS VERDES Y VIALIDAD
EXT 6	17,672.26	287.03	0.04	0.49	ARROYO SECO	CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
EXT 7	78,720.11	1,015.51	0.04	1.01	ARROYO SECO	CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
EXT 8	45,409.39	619.45	0.04	1.02	ARROYO SECO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE DEL MANATIAL A LA CALLE VALLE OLIMPO Y LA ARROYO
EXT 9	23,077.36	327.19	0.04	0.64	FUERA DEL PREDIO	AL EXTERIOR DEL PREDIO DEPRESION
EXT 10	39,682.20	474.56	0.04	0.62	FUERA DEL PREDIO	AL EXTERIOR DEL PREDIO DEPRESION

21.91

area exterior 7,391,643.39

TOTAL 7,650,721.35

21.91

### 6.3 Resultados correspondientes a Tr = 100 años.

#### RESUMEN DE GASTOS CAPTADOS EN DIFERENTES CUENCAS

CUENCA	AREA M.2	LONGITUD MTS.	PENDIENTE M/M	GASTO M3/S	DESCARGA	OBSERVACION
INT 1	2,629.00	122.00	0.08	0.084	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 2	8,279.00	152.00	0.08	0.287	INT 2	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE SOLEADO
INT 3	8,681.00	100.00	0.12	0.298	INT 3	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE VERDE
INT 4	9,203.73	132.51	0.03	0.316	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 5	7,184.15	124.00	0.08	0.217	INT 5	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ORIENTE
INT 6	3,594.00	70.00	0.04	0.145	INT 6	CON SALIDA A AREA VERDE INT 7
INT 7	4,400.00	73.93	0.05	0.019	ARROYO SECO	CON SALIDA ARROYO SECO
INT 8	3,237.00	140.00	0.03	0.114	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 9	7,499.00	174.23	0.03	0.258	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 10	1,073.00	26.00	0.00	0.034	ARROYO SECO	DESCARGA CALLE VALLE DORADO Y AL ARROYO
INT 11a	1,136.00	84.00	0.01	0.046	ARROYO SECO	CALLE ARROYO VALLE DORADO
INT 11	4,942.00	145.30	0.03	0.171	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
INT 12	28,220.62	706.97	0.03	0.285	ARROYO SECO	CUENCA ARROYO SECO AREAS VERDES Y VIALIDAD
INT 13	4,187.00	138.00	0.02	0.110	ARROYO SECO	CON SALIDA A CALLE VALLE SOLEADO Y AL ARROYO
INT 14	2,290.00	99.00	0.05	0.078	ARROYO SECO	CALLE VALLE DORADO Y AL ARROYO
INT 15	3,202.00	104.62	0.04	0.014	ARROYO SECO	AREA VERDE AL ARROYO
INT 16	4,007.00	133.00	0.04	0.147	ARROYO SECO	AL ARROYO SECO
INT 17	11,251.97	274.68	0.03	0.392	ARROYO SECO	CALLE VALLE VERDE Y AL ARROYO
INT 18	3,783.00	119.00	0.00	0.133	ARROYO SECO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
INT 19	13,214.00	291.00	0.03	0.450	ARROYO SECO	CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
INT 20	14,730.00	219.70	0.04	0.493	ARROYO SECO	CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
INT 21	15,188.00	250.00	0.04	0.515	ARROYO SECO	CALLE VALLE ALTO A CALLE VALLE DORADO CALLE DEL OLIMPO Y AL ARROYO
INT 22	20,492.00	390.00	0.03	0.703	ARROYO SECO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE DEL MANATIAL A LA CALLE VALLE OLIMPO Y LA ARROYO
INT 23	5,011.94	208.14	0.03	0.183	FUERA DEL PREDIO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE ALEJANDRIA Y AL ETERIOR DE L PREDIO DEPRESION
INT 24	3,139.55	77.87	0.06	0.013	FUERA DEL PREDIO	AL EXTERIOR DEL PREDIO DEPRESION
INT 25	12,114.00	188.52	0.03	0.408	ARROYO SECO	CALLE VALLE ENCANTADO HACIA EL ARROYO
INT 26	4,095.00	120.50	0.04	0.151	ARROYO SECO	HACIA EL ARROYO
INT 27	9,522.00	219.30	0.04	0.336	ARROYO SECO	CALLE VALLE DORADO Y VALLE ORIENTE AL RROYO
INT 28	11,294.00	255.51	0.03	0.392	ARROYO SECO	CALLE VALLE ALTO Y AL ARROYO
INT 29	12,558.00	252.00	0.02	0.433	ARROYO SECO	CALLE VALLE DEL OLIMPO HACIA EL ARROYO
INT 30	18,920.00	345.46	0.02	0.604	ARROYO SECO	CALLE VALLE ENCANTADO HACIA EL ARROYO

area fraccionamiento 259,077.96

7.83

EXT 1	53,090.00	432.37	0.04	1.54	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
EXT 2	335,016.77	1,396.00	0.04	2.99	INT 4	SIN SALIDA ESTANCADA EN LA CALLE VALLE ESCONDIDO
EXT 3	30,874.00	468.16	0.03	0.97	ARROYO SECO	CALLE VALLE DORADO Y AL ARROYO
EXT 4	6,739,311.30	8,446.37	0.08	14.68	ARROYO SECO	CUENCA ARROYO SECO AREAS VERDES Y VIALIDAD
EXT 5	28,790.00	426.45	0.04	0.92	ARROYO SECO	CUENCA ARROYO SECO AREAS VERDES Y VIALIDAD
EXT 6	17,672.26	287.03	0.04	0.57	ARROYO SECO	CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
EXT 7	78,720.11	1,015.51	0.04	1.17	ARROYO SECO	CALLE VALLE ESCONDIDO A LA CALLE VALLE DORADO A LA CALLE VALLE ORIENTE Y AL ARROYO
EXT 8	45,409.39	619.45	0.04	1.19	ARROYO SECO	CALLE VALLE BOREAL A LA CALLE VALLE DEL MANATIAL A LA CALLE VALLE OLIMPO Y LA ARROYO
EXT 9	23,077.36	327.19	0.04	0.74	FUERA DEL PREDIO	AL EXTERIOR DEL PREDIO DEPRESION
EXT 10	39,682.20	474.56	0.04	0.72	FUERA DEL PREDIO	AL EXTERIOR DEL PREDIO DEPRESION

25.49

area exterior 7,391,643.39

TOTAL 7,650,721.35

33.32

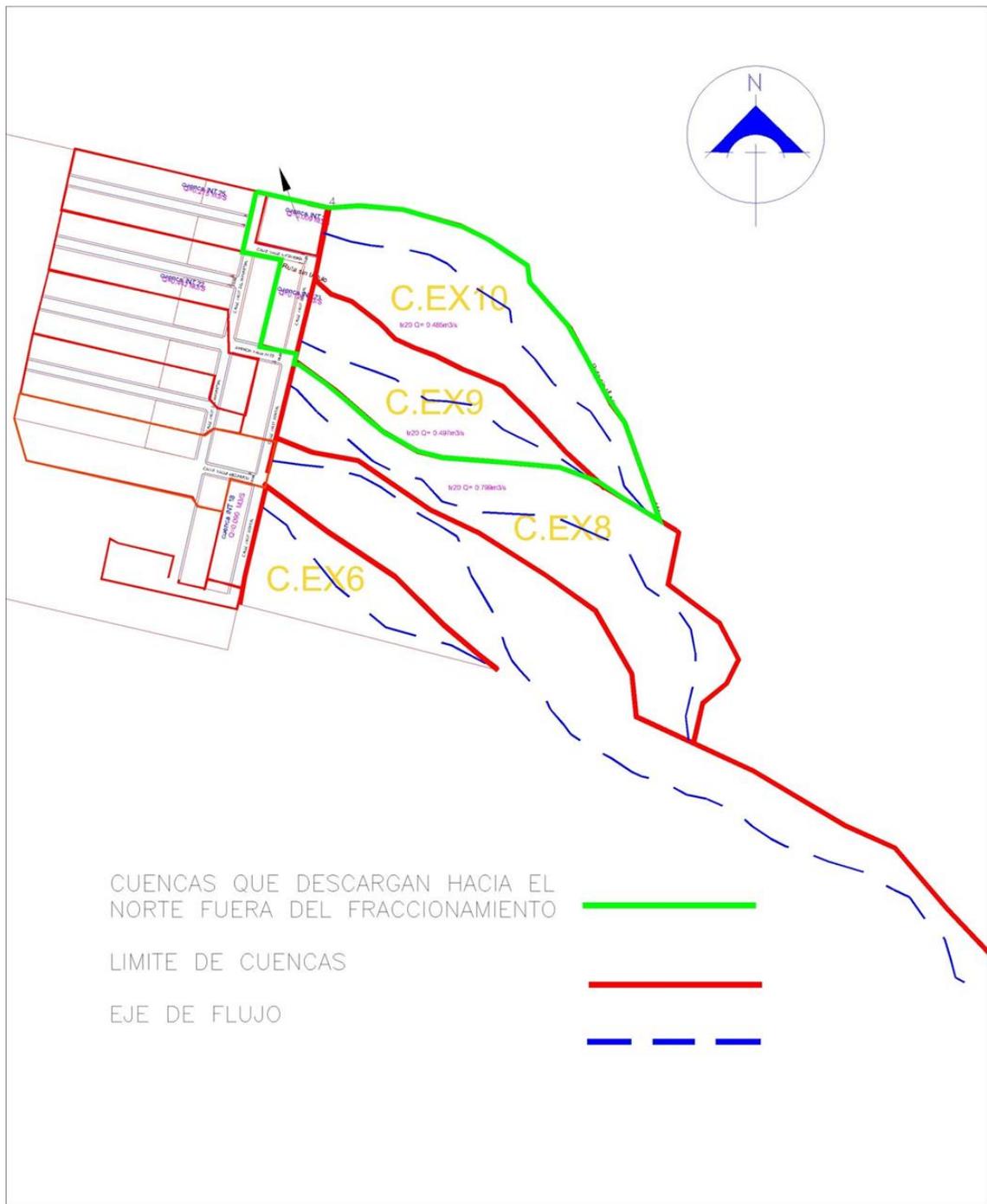


Figura 10. Cuencas que descargan hacia el norte fuera del fraccionamiento.



Figura 11. Cuencas que descargan en la cuenca 4 en la calle valle del olimpo.

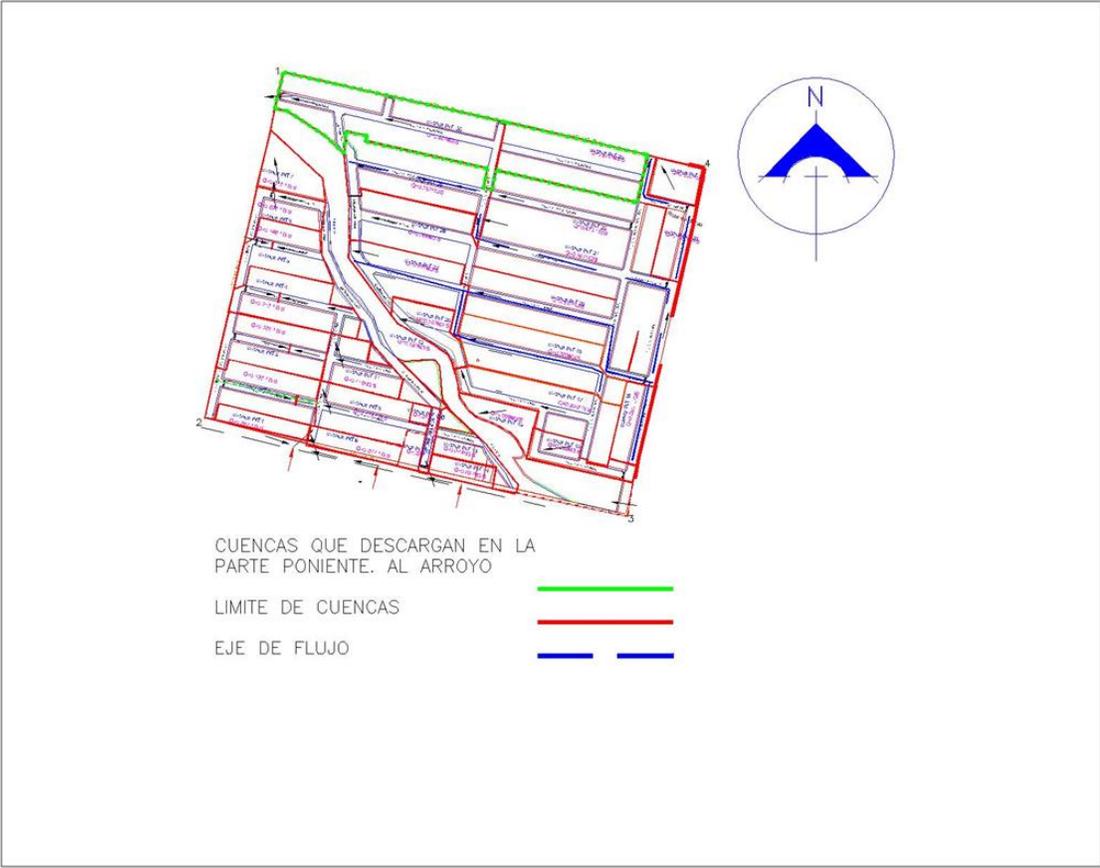


Figura 12. Cuencas que descargan en la parte poniente del arroyo.

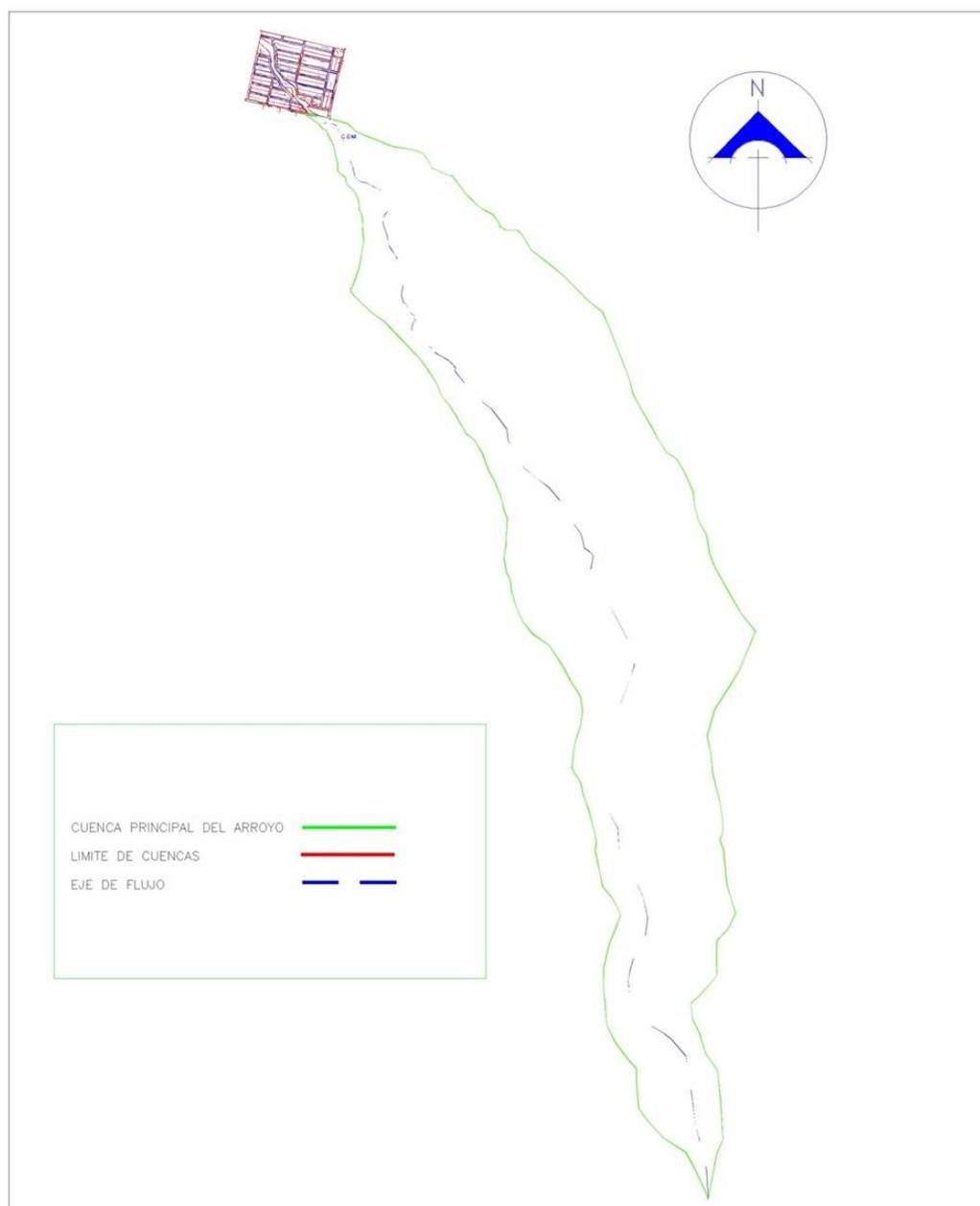


Figura 13. Cuenca principal del arroyo.



Figura 14. Cuencas que descargan en la cuenca 4 de la calle valle escondido.

## 6.4 Drenaje pluvial

El drenaje característico del sitio de estudio está determinado por el diseño y arreglo de las vialidades al interior de la colonia (proyecto) por cómo se representa este, se observa que existen vialidades que no permiten la salida del agua pluvial como son:

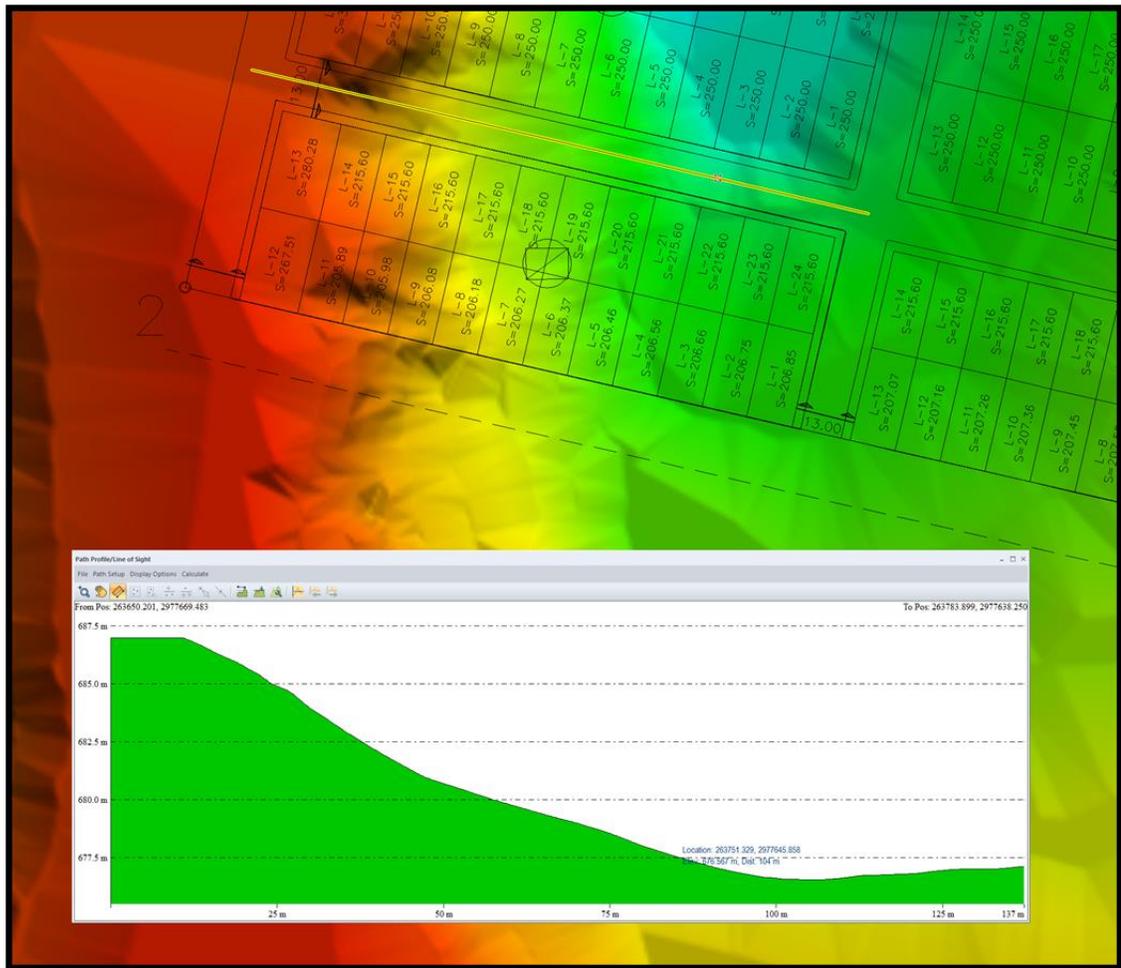


Figura 15. Perfil de la calle valle soleado.

Calle Valle Escondido capta agua pluvial de las vialidades Mira Valle que a su vez capta agua pluvial de las calles Valle Verde, Valle Soleado, estas hacia el oriente de la calle Miravalle

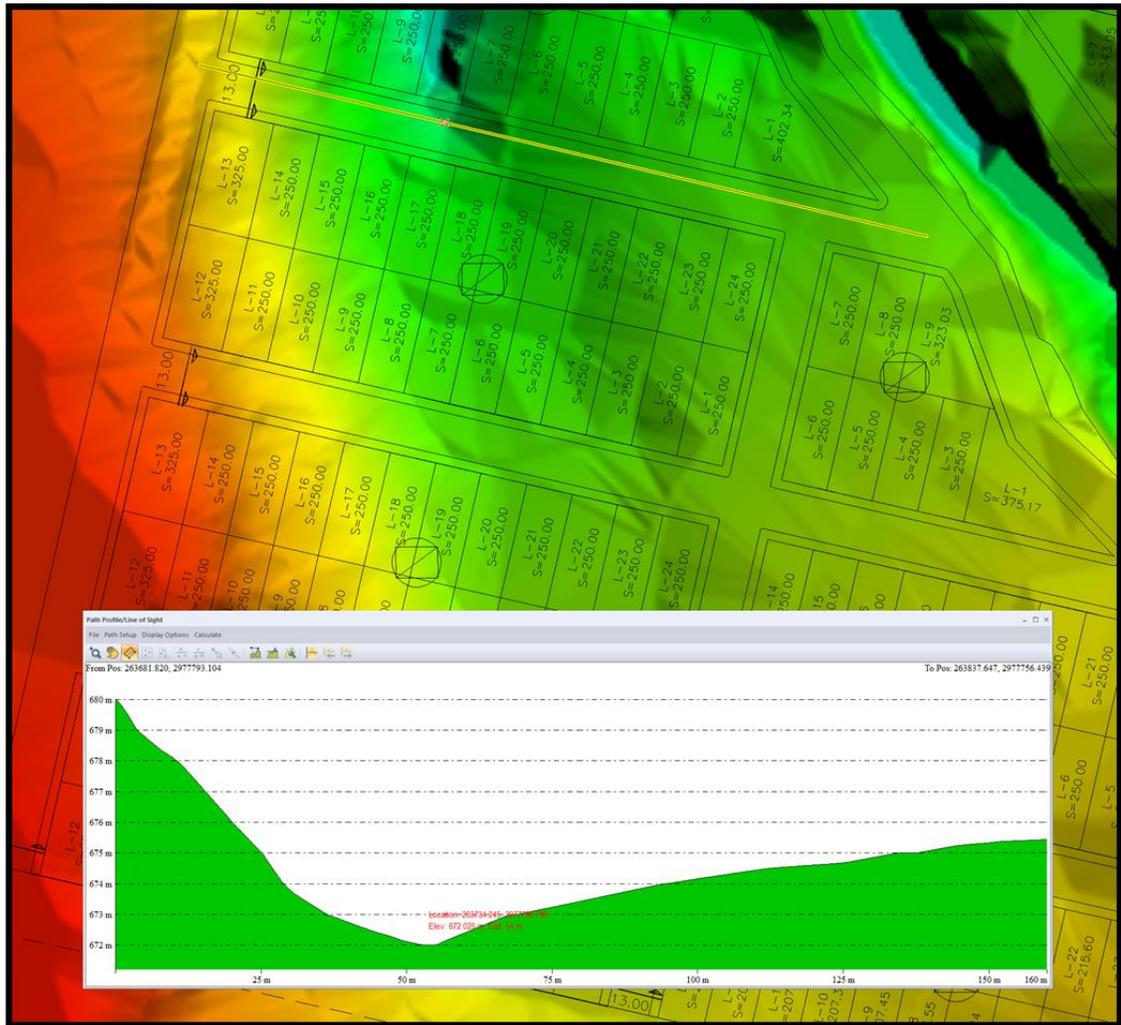


Figura 16. Perfil de la calle valle escondido.

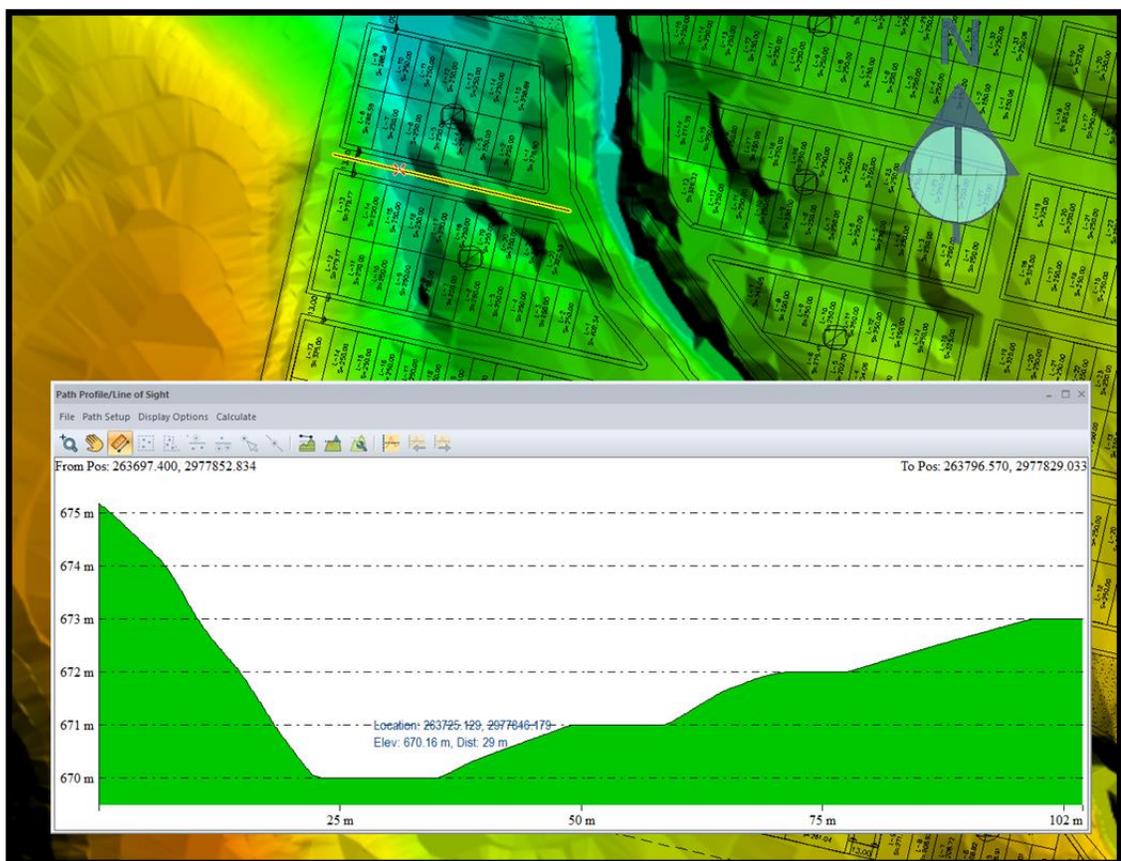


Figura 17. perfil de la calle valle de oriente.

### 6.5 Análisis de gasto por calle para definir la altura del cordón cuneta

Cuenca	Q (m <sup>3</sup> )	Ancho (m)	Pendiente	Cordón (m)	Bombéo %	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	
CINT 1	1.97	9.00	0.01	0.25	-2.00	1.85	9.50	0.19	1.60	2.94	Suficiente
CINT 2	0.19	9.00	0.02	0.15	-2.00	0.95	9.30	0.10	1.96	1.86	Suficiente
CINT 3	0.20	9.00	0.04	0.15	-2.00	0.95	9.30	0.10	2.79	2.64	Suficiente
CINT 4	4.20	9.00	0.03	0.25	-2.00	1.85	9.50	0.19	3.57	6.58	Suficiente
CINT 4 SOLO	0.21	9.00	0.03	0.15	-2.00	0.95	9.30	0.10	2.47	2.34	Suficiente
CINT 5	0.16	9.00	0.042	0.15	-2.00	0.95	9.30	0.10	2.79	2.64	Suficiente
CINT 6	0.16	9.00	0.042	0.15	-2.00	0.95	9.30	0.10	2.79	2.64	Suficiente
CINT 8	2.09	9.00	0.012	0.20	-2.00	1.40	9.40	0.15	1.92	2.68	Suficiente
CINT 9	0.17	9.00	0.021	0.15	-2.00	0.95	9.30	0.10	1.97	1.86	Suficiente
CINT 11A	0.84	9.00	0.00678	0.15	-2.00	0.95	9.30	0.10	1.12	1.06	Suficiente
CINT 17	0.26	9.00	0.027	0.15	-2.00	0.95	9.30	0.10	2.24	2.11	Suficiente
CINT 19	1.33	9.00	0.019	0.15	-2.00	0.95	9.30	0.10	1.88	1.77	Suficiente
CINT 22	2.70	9.00	0.024	0.18	-2.00	1.22	9.36	0.13	2.48	3.02	Suficiente
CINT 25	0.68	9.00	0.027	0.18	-2.00	1.22	9.36	0.13	2.63	3.20	Suficiente
CINT 28	0.26	9.00	0.022	0.15	-2.00	0.95	9.30	0.10	2.02	1.91	Suficiente

## 6.6 Análisis y estudio hidrológico

Conforme a los resultados obtenidos de las diferentes modelaciones resultantes de cada Tr (20, 50 y 100 años), se puede observar que el arroyo no tiende a desbordarse en el área de estudio, más sin embargo los tirantes aguas abajo en los límites de la colonia tienen a estar muy cerca de la cota del terreno. Si el cauce del arroyo sufre modificaciones posteriores a este estudio se tendría un comportamiento diferente de los tirantes.

Para un Tr = 20 años el tiempo que tarda el flujo en llegar aguas abajo dentro de la colonia es de 7 min desde que ingresa a la misma, teniendo un tirante máximo de 1.63 m.

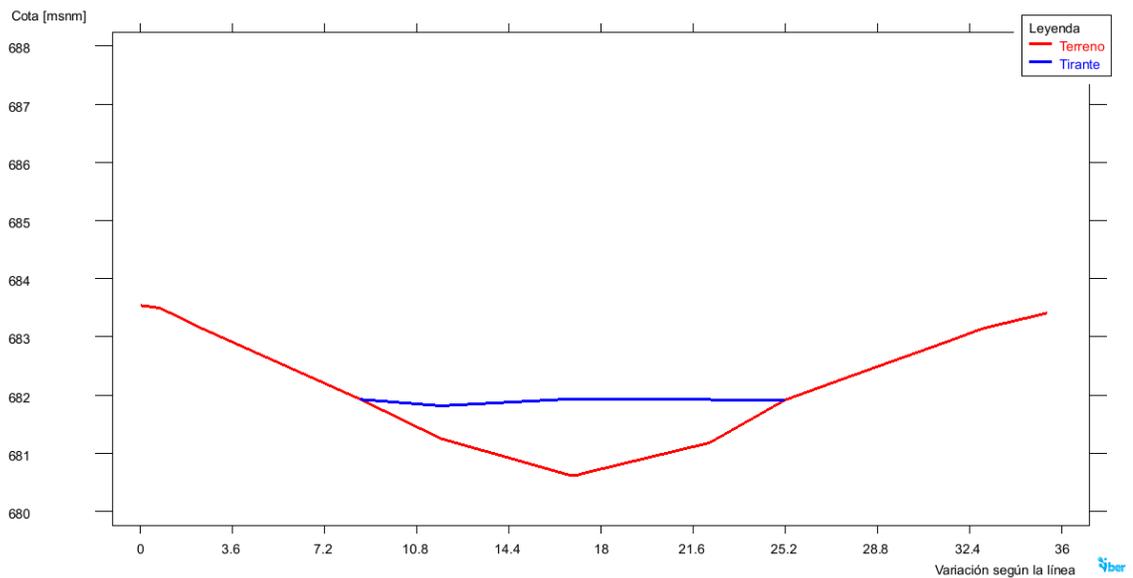


Figura 18. Tirante Aguas arriba (cerca de la entrada del arroyo a la colonia) para un Tr = 20 años.

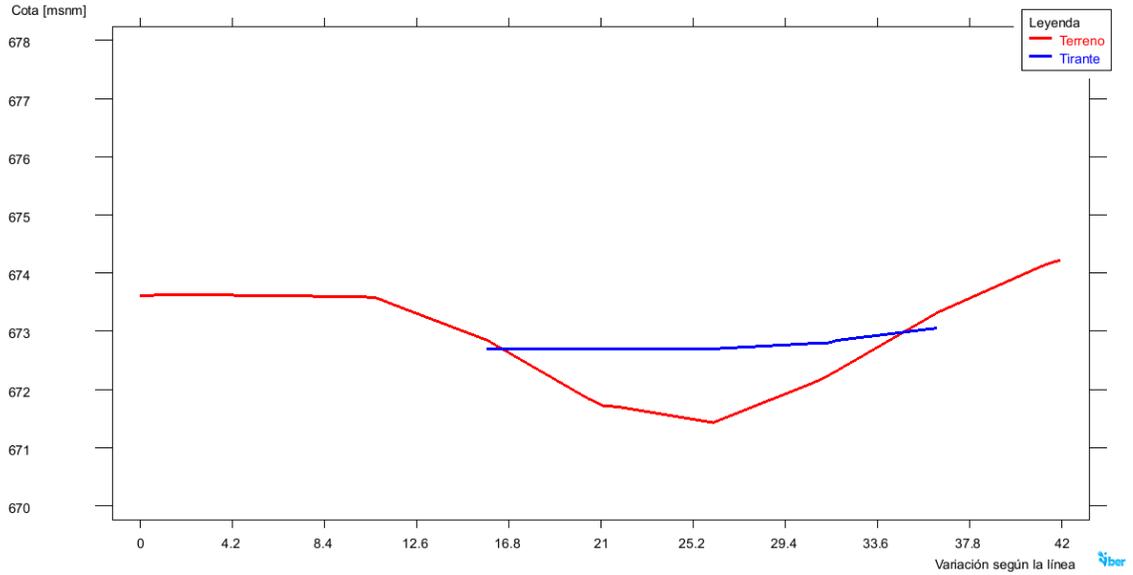


Figura 19. Tirante Aguas abajo (cerca de la salida del arroyo en la colonia) para un  $Tr = 20$  años.

Para un  $Tr = 50$  años el tiempo que tarda el flujo en llegar aguas abajo dentro de la colonia es de 6 min desde que ingresa a la misma, teniendo un tirante máximo de 1.77 m.

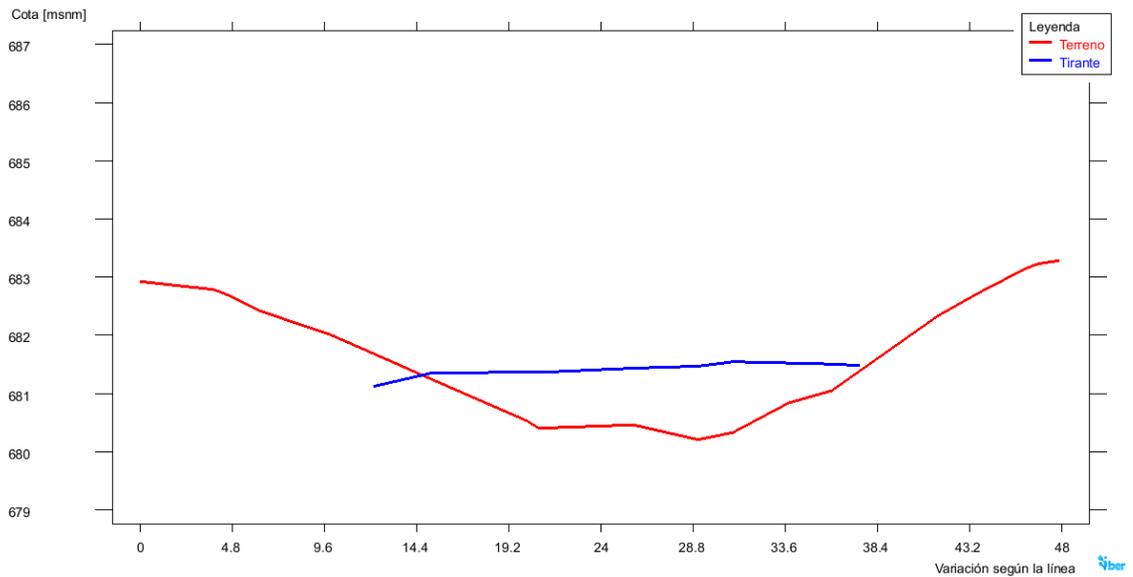


Figura 20. Tirante Aguas arriba (cerca de la entrada del arroyo a la colonia) para un  $Tr = 50$  años.

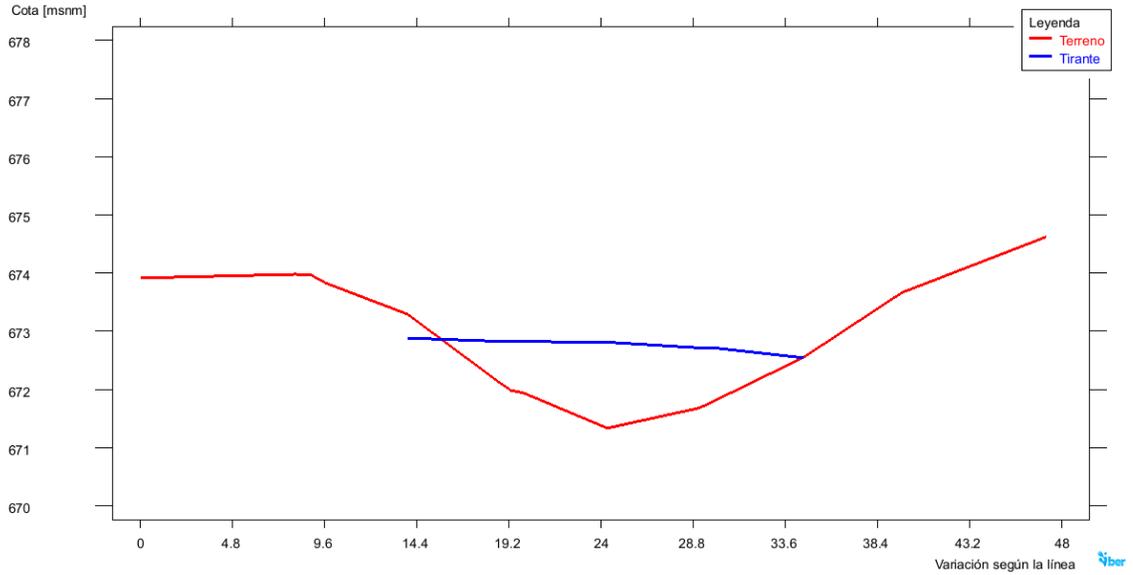


Figura 21. Tirante Aguas abajo (cerca de la salida del arroyo en la colonia) para un  $Tr = 50$  años.

Para un  $Tr = 100$  años el tiempo que tarda el flujo en llegar aguas abajo dentro de la colonia es de 6 min desde que ingresa a la misma, teniendo un tirante máximo de 1.96 m.

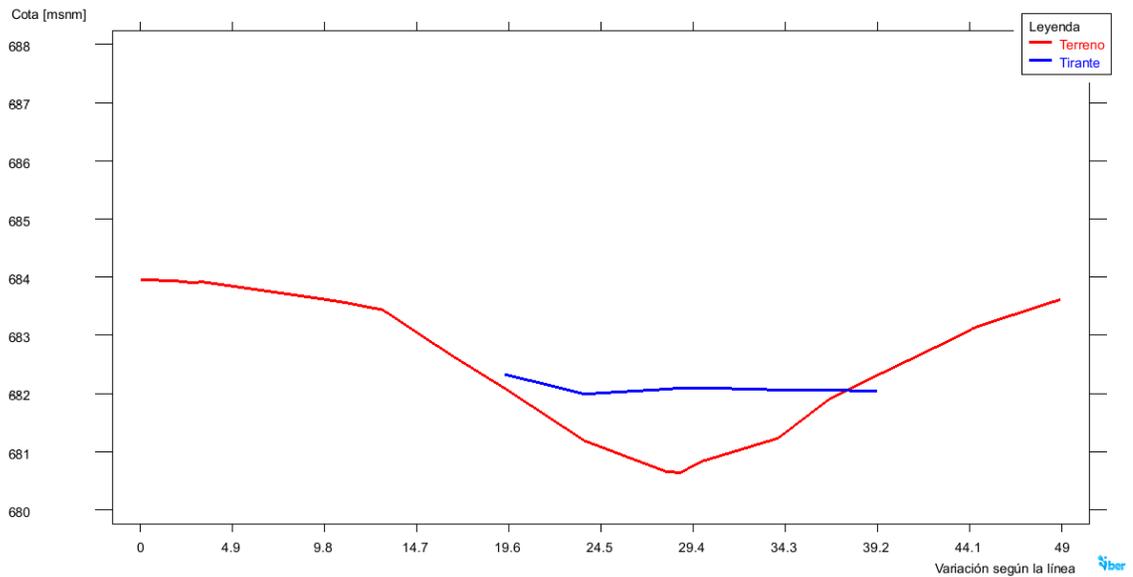


Figura 22. Tirante Aguas arriba (cerca de la entrada del arroyo a la colonia) para un  $Tr = 100$  años.

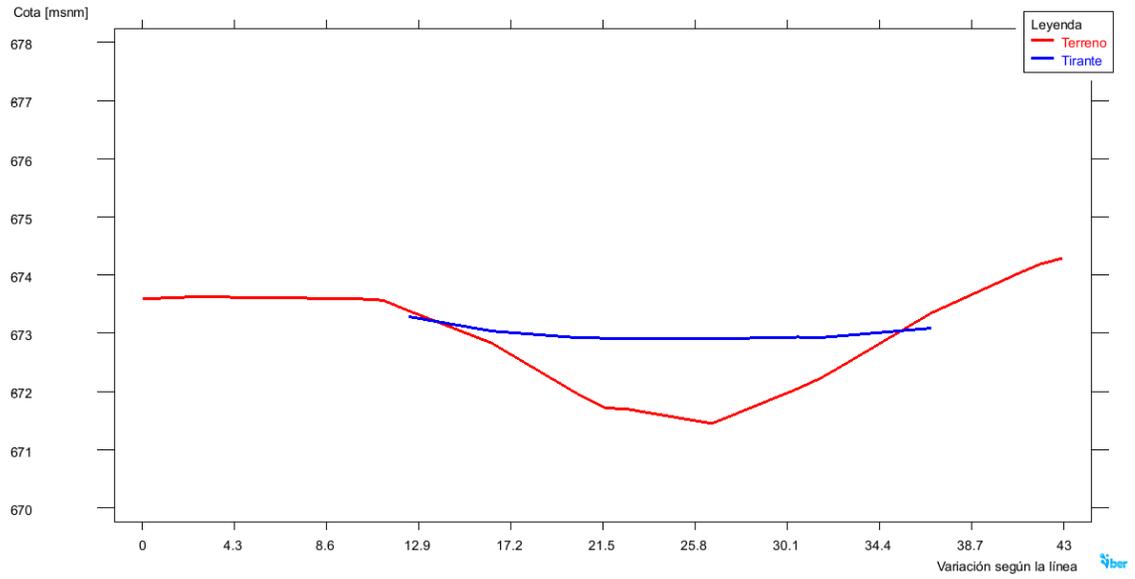


Figura 23. Tirante Aguas abajo (cerca de la salida del arroyo en la colonia) para un  $Tr = 100$  años.

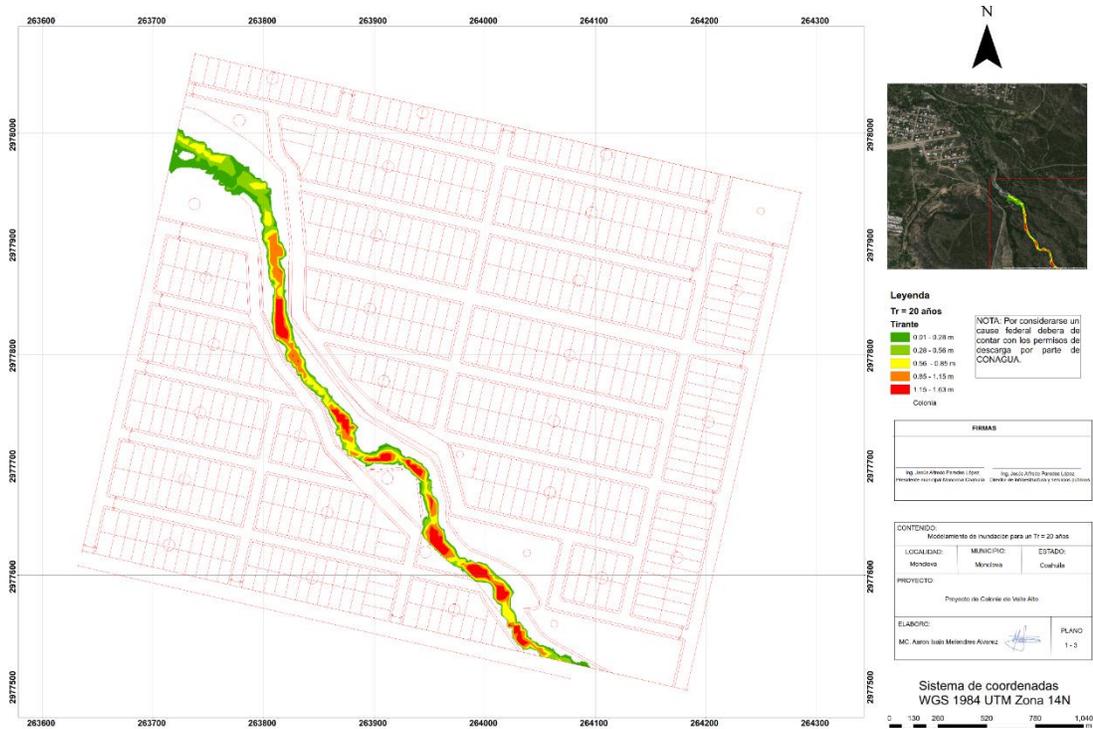


Figura 24. Altura de tirantes en un Tr = 20 años.

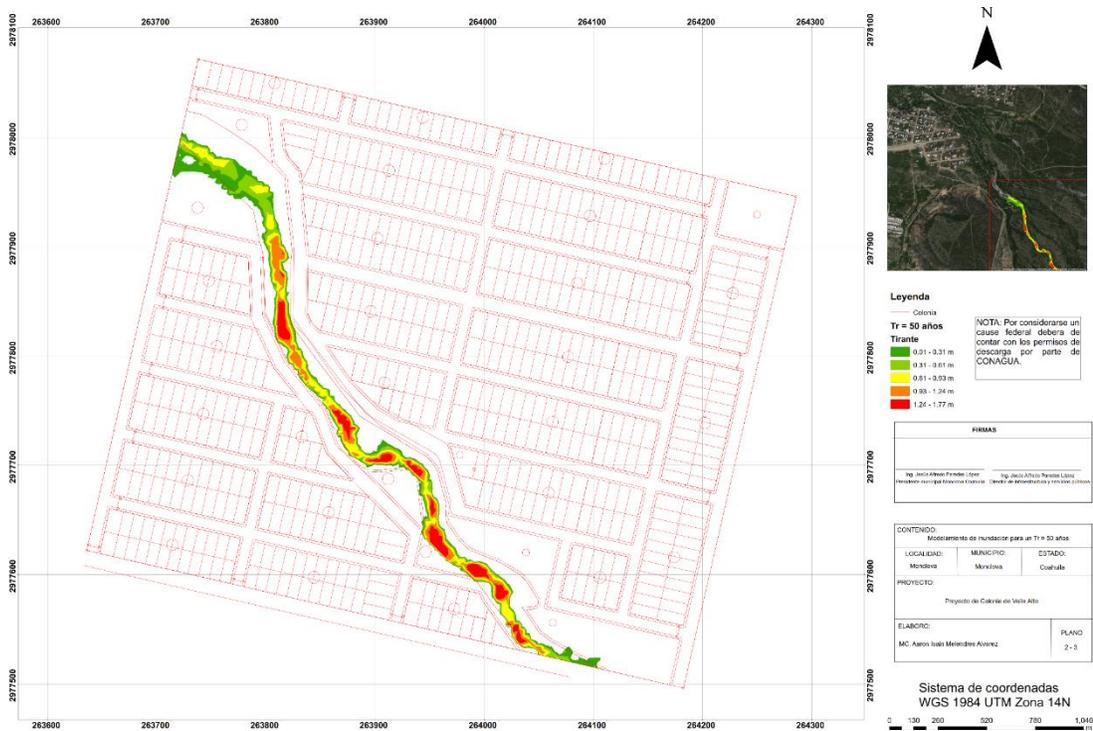


Figura 25. Altura de tirantes en un Tr = 50 años.



## VIII. CONCLUSIÓN

El cálculo del gasto pluvial se elabora en condiciones futuras ya que se consideró que parte de las cuencas externas están Urbanizadas, por lo que se ve impactado el gasto acumulado.

De acuerdo con la configuración de los lotes en terreno, en visita a campo, y los resultados de los análisis espaciales de cada calle, con la topografía actual, se observa que existen vialidades que no cuentan con la topografía apropiada para el desalojo de los gastos generados por lo que se recomienda una renivelación de estas calles:

Calle Valle Soleado al Poniente

Calle Valle Verde al Poniente

Calle Valle Escondido al Poniente, es la más crítica ya que en esta vialidad se llegan 4.20 m<sup>3</sup>/s los cuales no tienen salida por lo que se recomienda realizar un retortificación, o dejar un callejón de salida en la manzana 15 para que se evacue el agua hacia la manzana 14 con otro callejón 5, y de ahí hacia el área verde. "B", se deberá eliminar el lote 1 de la manzana 15 ya que obstruye el flujo de las cuencas aguas arriba.

En la tabla de gasto por calle en la columna cordón, se refiere al alto de la cuneta para conducir el gasto por la vialidad en la mayoría de las descargas estas serán vertidas al cauce, por lo que se recomienda elaborar la solicitud de permisos de descarga ante la CONAGUA. Y las obras de descarga adecuadas ya que el cauce del arroyo se encuentra comprometidas por el material de boleo conglomerado, que sin una estructura adecuada puede deslavarse.

## IX. RECOMENDACIONES

En lo que corresponde al modelamiento de inundación se puede observar que para cada Tr que fue modelado, el área verde B que está en la avenida valle alto se ve afectada en un área mínima por el agua que se alcanza a salir del arroyo, por lo que, si se agrega algo recreativo al área verde, se recomienda sea cerca de la avenida valle alto.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- CHOW, V.; D.R. MAIDMENT y L. W. MAYS (2000); Hidrología Aplicada; McGraw-Hill.
- Aparicio, F. (2011); Fundamentos de Hidrología de Superficie; Limusa.
- CONAGUA, Alcantarillado Pluvial, Manual De Agua Potable, Alcantarillado Y Saneamiento, México, 2007.
- Información oficial de Geografía y Población del INEGI.
- Fuente de información Hidrográfica, SIATL – INEGI.
- Plan De Desarrollo Urbano de la cd. De Saltillo, Coahuila.
- Campos Aranda D. Francisco (2006): Análisis Probabilístico Invariado de Datos Hidrológicos; AMH - IMTA.
- Información oficial Geográfica de la CONABIO
- Base de datos de estaciones climatológicas obtenidas por la GASIR; SMN – CONAGUA
- Campos Aranda D. Francisco (2010): Introducción a la Hidrología Urbana; UASLP.
- SAGARPA – CP; Hidrología Aplicada a las Pequeñas Obras Hidráulicas;
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., Coll, A., 2014. **Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos.** Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Volume 30, Issue 1, 2014, Pages 1-10, ISSN 0213-1315, DOI: [10.1016/j.rimni.2012.07.004](https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004)