



**Autores:**

Dacal, Jorge

Veliz Edmundo

**Tutor:** Ing. Ángel Medina

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA LA VIALIDAD DE LA AVENIDA  
81, TRAMO AV. SESQUICENTENARIO, AV. ALAMEDA CENTRAL (L= 4 KM),  
MUNICIPIO VALENCIA EDO. CARABOBO**

Trabajo de Grado para Optar al Título de  
**INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

Dacal, Jorge

C.I: 17.258.069

Veliz Edmundo

C.I: 20.664.980

**Tutor:** Ing. Ángel Medina

C.I: 15.299.274

San Diego, Enero del 2017



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ing. Ángel Medina, portador de la cédula de identidad N°15.299.274, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el (los) ciudadano(s) Dacal, Jorge y Veliz Edmundo, portador(es) de las cédulas de identidad N°17.258.069 y 20.664.980 (respectivamente), titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA LA VIALIDAD DE LA AVENIDA 81, TRAMO AV. SESQUICENTENARIO, AV. ALAMEDA CENTRAL (L= 4 KM), MUNICIPIO VALENCIA EDO. CARABOBO**. Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 16 días del mes de Enero del 2017.

---

Ing. Ángel Medina  
C.I.: 15.299.274

## INDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pp.</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE GRAFICOS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN INFORMATIVO.....</b>	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>

## CAPÍTULO

### **I EL PROBLEMA**

1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	6
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivo específico.....	6
1.4 Justificación de la investigación.....	6
1.5 Limitaciones de la investigación.....	8

### **II MARCO TEÓRICO**

2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Bases teóricas.....	10
2.2.1 Componentes del Sistema de Drenaje Pluvial.....	10
2.2.2 Intensidad, Duración y Frecuencia de Precipitación.....	11
2.2.3 Topografía.....	13
2.2.4 Estimación del Caudal.....	14
2.2.5 Relación Topográfica y estimación de caudal.....	16
2.2.6 Tipos de Precipitación.....	17

2.2.7 Medidas Pluviométricas.....	19
2.2.8 Medidas Características.....	20
2.2.9 Pendiente Media con Cause.....	22
2.2.10 Hidrograma.....	22
2.3 Definición de términos básicos.....	29
<b>III MARCO METODOLÓGICO</b>	
3.1 Tipo de la investigación.....	34
3.2 Diseño de la investigación.....	34
3.3 Nivel de la investigación.....	34
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.5 Fases Metodológicas.....	36
<b>IV ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS</b>	
4.1 Recopilación de la información técnica referente al diseño de drenaje.....	22
4.2 Diseño del sistema de drenaje para la vialidad de la Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central.....	22
4.3 Elaboración de los planos de planta y detalle necesarios para la ejecución del proyecto. ....	38
4.4 Conclusiones.....	38
4.5 Recomendaciones.....	32
<b>REFERENCIAS</b>	
Impresas.....	39
Electrónicas.....	39

## LISTA DE TABLAS

### CONTENIDO

<b>TABLAS</b>	<b>Pp.</b>
1 Coeficiente de escorrentía C según para zonas urbanas.....	
2 Calculo de pendientes por tramos.....	
3 Calculo de pendientes media por tramos .....	
4 Tiempo de concentración.....	
5 Tablas para la elaboración de las curvas IDF.....	
6 Calculo del caudal de diseño.....	
7 Calculo de la capacidad de gastos vial (Qm).....	
8 Calculo de separación y ubicación de los sumideros.....	
9 Calculo de separación y ubicación de los sumideros.....	
10 Calculo de separación y ubicación de los sumideros.....	
11 Calculo de separación y ubicación de los sumideros.....	
12 Calculo de la capacidad de los sumideros.....	
13 Calculo de colectores.....	
14 Calculo de colectores.....	
15 Calculo de colectores.....	
16 Calculo de colectores.....	
17 Calculo de colectores.....	
18 Datos tabulados según el diámetro.....	
19 Datos tabulados según el diámetro.....	
20 Datos tabulados según el diámetro.....	
21 Bocas de visitas tipo INOS.....	

## LISTAS DE FIGURAS

### CONTENIDO

<b>FIGURAS</b>	<b>Pp.</b>
1 Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central (L= 4 Km), Municipio Valencia Edo. Carabobo.....	5
2 Pendiente Longitudinal.....	
3 Pendiente Transversal de la vía.....	
4 Tipos de cunetas.....	
5 Formas de canales.....	
6 Ejemplo de sumideros.....	
7 Ubicación de sumideros.....	
8 Tipos de sumideros.....	
9 Ejemplo de bocas de visitas.....	
10 Esquema de alcantarilla.....	
11 Esquema de alcantarilla.....	
12 Esquema de una torrentera.....	
13 Ejemplo de tipo de concentración.....	
14 Hidrograma.....	
15 Vista satelital del terreno en estudio.....	
16 Vista de la sección transversal de la vía 1-1.....	
17 Vista de la sección transversal de la vía 2-2.....	
18 Vista de la sección transversal de la vía 3-3.....	
19 Vista de la sección transversal de la vía 4-4.....	
20 Perfil longitudinal tramo 1.....	
21 Perfil longitudinal tramo 2.....	
22 Perfil longitudinal tramo 3.....	

23	Perfil longitudinal tramo 4.....
24	Calculo del gasto unitario $q$ .....
25	Limites de inundación permisible en vías de zonas urbanas.....
26	Calculo de las capacidades en diferentes tipos de cuneta por descomposición de las secciones en triángulos y ecuaciones de Izzard a los mismos.....
27	Esquema de la capacidad en un sumidero de ventana.....
28	Sumidero tipo ventana.....

## LISTA DE GRAFICOS

### CONTENIDO

<b>GRAFICOS</b>	<b>Pp.</b>
1	Curva Intensidad, Duración y Frecuencia (IFD).....
2	Referencia de intercepción en sumideros de ventana con ancho $B=0,90$ m y longitud de ventana $3,0$ m.....



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA LA VIALIDAD DE LA  
AVENIDA 81, TRAMO AV. SESQUICENTENARIO, AV. ALAMEDA  
CENTRAL (L= 4 KM), MUNICIPIO VALENCIA EDO. CARABOBO**

**Autores:**

Dacal, Jorge

Veliz Edmundo

**Tutor Académico:** Ángel Medina

**Fecha:** Enero 2017

**RESUMEN INFORMATIVO**

El constante crecimiento de la población conlleva al incremento y expansión de las herramientas necesarias para la misma, las cuales se ven afectadas por los efectos de las aguas pluviales. Se dice que el peor enemigo de las carreteras es el agua, tanto las aguas superficiales como las subterráneas causan grandes daños a las estructuras y dificultan el tránsito tanto de vehículos como de peatones. Es por esto que al diseñar una vía de comunicación se debe diseñar también el sistema de drenajes para la misma que concentre, capte y disponga rápidamente los cursos de agua naturales mediante cunetas, canales o redes de tuberías. Por esta razón, la presente investigación tiene como objetivo proponer el diseño de un sistema de drenaje para la vialidad de La Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central, Municipio Valencia Edo, para evitar cualquier problema a los usuarios. Planteándose una solución a estos posibles inconveniente mediante la adecuada canalización y redistribución de las aguas a los respectivos cauces naturales. Esta investigación está concebida bajo la noción de proyecto factible de campo y de nivel descriptivo.

**Descriptor:** Sistema, Drenaje y Vialidad.

## INTRODUCCIÓN

El sistema de drenaje permite la circulación de las aguas estancadas en el terreno, a causa de las depresiones topográficas y controla la acumulación de sales en el suelo. Si en un terreno no se instala un sistema de este, cuando ocurren fenómenos como problemas de movilidad, con fallas en el libre tránsito, así como también, de bases y sub-bases en la viabilidad.

En tal sentido, dicho estudio se desarrolla sobre la base de este tema por lo que tiene como objetivo principal el diseñar el sistema de drenaje para la vialidad de la Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central (L= 4 Km), Municipio Valencia Edo. Carabobo. Esto debido a que hasta la presente fecha no se cuenta con un sistema como este en la vialidad en estudio, considerando los problemas que se generan por ausencia del mismo que por mantenimiento, como del libre tránsito con fallas en la movilidad. Por ello, con la finalidad de solucionar los futuros problemas antes mencionados se propone diseñar el sistema de drenaje para la

vialidad en estudio. Entre tanto el proyecto se desglosa en cuatro (04) capítulos, los cuales se describen a continuación:

**Capítulo I:** En él se detalla el planteamiento del problema para el diseño del sistema de drenaje para la vialidad de la Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central (L= 4 Km), Municipio Valencia Edo. Carabobo, con su respectiva formulación del problema, los objetivos de la investigación tanto el general como los específicos, así como la justificación y el alcance de la investigación.

**Capítulo II:**

En él se enfoca los datos bibliográficos del pasado, que de alguna manera contribuyeron con información para la problemática planteada, estos forman los antecedentes, también forma parte de este capítulo las bases teóricas que dan sustento al desarrollo de la investigación.

**Capítulo III:**

Dentro del mismo se visualiza el método metodológico que consta del diseño de investigación, el nivel que tiene la presente investigación, población y muestra en estudio y la técnica e instrumentación de recolección de datos que fue empleado.

**Capítulo IV:**

En este capítulo se evidencia el diseño de la zona en estudio, contiene análisis de los datos recolectados y procedimientos a seguir para calcular el diseño del sistema de captación de aguas pluviales.

**Capítulo V:**

En este capítulo se dan las conclusiones, las soluciones y las recomendaciones para el trabajo de investigación.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del Problema**

En la actualidad existe un evidente problema en los sectores urbanizados de las grandes urbes pobladas de Latinoamérica, que han venido creciendo sin una planificación verdaderamente efectiva, pues en la mayoría de los casos no cumplen, con las leyes y reglamentos indicados por los organismos establecidos, tal es el caso de los servicios públicos como la recolección, conducción y disposición de las aguas de lluvia, comúnmente conocido como drenaje urbano, los cuales afectan directamente la calidad de vida de las personas.

En este sentido, se puede observar que en Venezuela los daños ocasionados por las lluvias son cada vez mayores, debido a que la capacidad de infiltración del suelo ha disminuido y han aumentado en gran magnitud los escurrimientos de agua debido a las altas extensiones de terreno con cobertura de materiales como el concreto y/o asfalto, sin embargo, uno de los factores más grandes que afectan bien sea al suelo y sus alrededores es el hombre, a medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente se deteriora cada vez más, a medida que transformamos la naturaleza para lo que llamamos civilización, cambiando cauces de ríos. Todos estos asentamientos han llegado a convertirse en una verdadera calamidad pública durante las estaciones de lluvia, afectando las propias infraestructuras viales y de esta manera dificultan el tránsito tanto de vehículos como de peatones.

En este caso en específico, la Ciudad de Valencia, es una de las más importantes del Estado Carabobo, siendo un potencial de desarrollo urbano, comercial e industrial. No obstante, dentro de dicha localidad se está desarrollando el

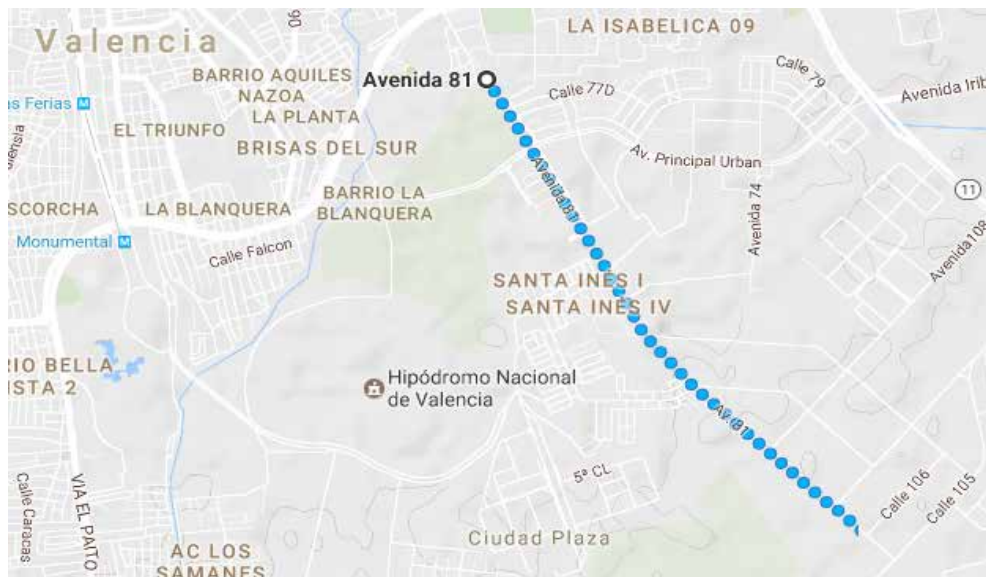
Proyecto Ciudad Hugo Chávez, que nace bajo las directrices del Plan de Reordenamiento Integral de Valencia, específicamente lo concerniente a las Parroquias Miguel Peña, Rafael Urdaneta y Santa Rosa, las cuales concentran más del 70% de la población del Municipio Valencia. Para la consecución del proyecto mencionado, se creó la Autoridad Única de Área para el Estado Carabobo, y su principal función es lograr el desarrollo integral del sur del Área Metropolitana de la ciudad.

El proyecto se desarrollará en una extensión de 2.600 hectáreas y contempla la construcción de 45.000 unidades habitacionales, además de infraestructura Deportiva, donde se tiene prevista la construcción de un nuevo estadio de béisbol para el equipo Navegantes del Magallanes, y un nuevo estudio de fútbol para el equipo Carabobo Fútbol Club, ambas instalaciones dotadas con la más avanzada tecnología para el desarrollo de los distintos eventos a realizarse en ellos.

Igualmente, el plan abarca la remodelación integral de la Plaza de Toros Monumental de Valencia, la más grande del país y la segunda en su tipo en el continente. En el proyecto también incluirá una Ciudad Cultural que estará en el Parque Recreacional Sur, donde se levantará la sede de la Orquesta Sinfónica de Carabobo y una concha acústica. También se prevé el funcionamiento de un núcleo de la Universidad de Carabobo, así como la construcción de toda la infraestructura educacional básica y diversificada para la población de la zona.

El desarrollo vial también cumple un papel importante este proyecto de envergadura, toda vez que para la construcción y funcionamiento de la Ciudad Hugo Chávez es necesaria la construcción de la Variante del Sur, autopista de 42 kilómetros que saldrá desde el peaje de Guacara y empalmará con la Autopista Valencia – Campo Carabobo en el sector La Encrucijada, junto con toda la red de vías arteriales, alimentadoras y colectoras que servirán para dirigir el flujo de tráfico desde y hacia la mencionada autopista.

En este orden de ideas, el propósito fundamental de la presente investigación es con el fin de presentar un diseño de sistema de drenajes que permita la descarga de aguas para la vialidad de la Avenida 81, tramo Av. Sesquicentenario – Av. Alameda Central, denominada Arterial 21 en el Plan de Desarrollo Urbano Local del Municipio Valencia, que a su vez comunica con el Desarrollo Habitacional Kayson (en construcción), la Urbanización Santa Inés, y la Av. Sesquicentenario, la cual está siendo ejecutada al sur de la Ciudad de Valencia, y se prevé que constituya un importante polo de crecimiento habitacional y comercial. Mientras que las características primordiales de esta vialidad son: Longitud: 4.00 Km, dos (02) canales y un hombrillo por sentido y tres (03) Distribuidores viales o intersecciones, la cual se ilustra en la Figura 1.



**Figura 1** Tramo Av. Sesquicentenario – Av. Alameda Central, del Municipio Valencia.

**Fuente:** Google Maps

De tal forma, que el drenaje de la Ciudad de Valencia, realmente necesita ser rehabilitado en sus obras existentes, considerando el continuo crecimiento de la ciudad que ha hecho que las áreas sean pobladas con distintos proyectos. Por lo que la falta de conservación, limpieza y planificación de estos sistemas, se ha convertido en un problema que se evidencia en la época de lluvias, la presencia de vegetación, basura, sedimentación, y desbordamiento de las aguas señalan que es necesario disponer de un estudio integral que reúna toda la información técnica, hidráulica e hidrológica que permita establecer las obras y los controles para programas de mantenimiento y construcción de las mismas, con la finalidad de solucionar los futuros problemas ocasionados por la escorrentía superficial.

Es por ello, que se plantea el diseñar el sistema de drenaje para la vialidad de la Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central (L= 4 Km), Municipio Valencia Edo. Carabobo, con el fin de mejorar la calidad de vida urbana del Municipio Valencia y cumplir con las promesas y expectativas de las personas que habitan y visitan esta zona.

## **1.2 Formulación del Problema**

El enfoque planteado anteriormente permite establecer para la presente investigación, la siguiente formulación del problema:

¿Cómo canalizar las aguas de la vialidad de la Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central (L= 4 Km), Municipio Valencia Edo. Carabobo?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 General**

Diseñar el sistema de drenaje para la vialidad de la Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central (L= 4 Km), Municipio Valencia Edo. Carabobo.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar la información técnica referente al diseño de drenaje.
- Diseñar el sistema de drenaje para la vialidad de la Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario – Av. Alameda Central.
- Elaborar los planos de planta y detalle necesarios para la ejecución del proyecto.

### **1.4 Justificación de la Investigación**

El objetivo principal de dicha investigación es la búsqueda de posibles soluciones basadas en datos reales y condiciones actuales para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas que habitaran en el Plan de Desarrollo Urbano Local del Municipio Valencia, en la Avenida 81, tramo Av. Sesquicentenario – Av. Alameda Central, denominado Arterial 21 debido a la problemática que se presentaría en un futuro, realizando el predimensionado del sistema y elaborando planos de planta y detalle necesario para su descarga en los cauces naturales o colectores existentes.

En ese sentido, desde el ámbito teórico, la presente investigación proporcionará una amplia gama de información de naturaleza técnica (relieve, hidrología, levantamiento topográfico, entre otros). Por lo que se establecerán los sistemas de drenaje, tanto de la vía como de las zonas adyacentes. Se indicará en planos la ubicación, tipo y dimensiones de los mencionados sistemas a nivel de detalle, que permita tanto la ejecución de las obras como la estimación de sus cantidades; de igual manera, se realizarán planos de planta con la ubicación planimétrica y altimétrica definitiva de las estructuras de drenaje.

Desde el punto de vista práctico, se buscará confirmar la necesidad de abordar las deficiencias que afectarán en el futuro de no implementar un efectivo sistema de drenaje en dicha tramo, todo ello a través de herramientas didácticas que justificarán las acciones correctivas que contribuirá con el mejoramiento de la red de aguas

pluviales tanto en el área de estudio como a nivel general en toda la ciudad ya que es tarea de todos preservar el medio ambiente, y los servicios públicos.

### **1.5 Limitaciones de la Investigación**

Este trabajo de investigación en el Plan de Desarrollo Urbano Local del Municipio Valencia, en la Avenida 81, tramo Av. Sesquicentenario – Av. Alameda Central, denominado Arterial 21. Se llevara a cabo tomando en cuenta los siguientes lineamientos:

Estudio hidrológico de las cuencas que contribuirán a los cauces adyacentes a la vialidad, para obtener los gastos de diseño de las estructuras de drenaje. A fin de captar el caudal mencionado anteriormente, generado por cada cuenca, se definirá la ubicación, tipo y dimensiones de las estructuras de drenaje necesarias.

Se elaborará los planos de planta y detalle necesarios, para indicar la ubicación de las estructuras de drenaje, así como sus dimensiones, ya diseñados preliminarmente.

No se incluirá el estudio económico, debido al alto índice inflacionario que presenta el país.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

Gonzales, S. (2004), menciona al respecto que “el marco teórico de la investigación o marco referencial, es definido como el resumen de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a la búsqueda por realizar” (p. 106). Generalmente, se estructura en cuatro secciones más comunes como lo son: antecedentes de la investigación, bases teóricas, bases legales y definición de términos básicos. Todas estas variables hacen del marco conceptual un aporte al investigador para crear un sistema coordinado y coherente de conceptos y proposiciones que permitan abordar el problema.

#### **2.1 Antecedentes Bibliográficos**

Balestrini, M. (2006), establece: “la importancia de referir en la medida de lo posible, otras investigaciones que se han realizado, inherentes al problema en estudio” (p. 91). De este modo, para llevar a cabo cualquier estudio, fue necesario tomar en cuenta antecedentes de investigaciones pasadas, porque es ahí donde se encuentran las primeras bases donde el investigador se fundamenta, ya que los mismos brindan o proporcionan una idea de cómo podría llevarse el estudio, a través de metodologías empleadas para la recolección de datos, bases teóricas, soluciones planteadas y resultados, que facilitan el problema en estudio.

Inicialmente, se tiene a Adriani D. (2016), realizo en la Universidad Nueva Esparta como requisito final para optar por el título de Ingeniero Civil. La tesis de pregrado titulada **“Diseño del sistema de captación para aguas pluviales ubicado en la calle real de la comunidad San Pablito, carretera vieja Caracas- Los Teques, Venezuela”**. La calle real tiene una longitud de 208.00m, los elementos de captación de aguas que existen en esta calle no son suficientes y los que existen no

trasladan el agua eficientemente, es por esto que realizaron un estudio de las características de la zona que describen las condiciones de esta área para la obtención de datos imprescindibles que permitieron diseñar de forma correcta estos elementos y así su funcionalidad ideal. Dando un marco de referencia con respecto a el procedimiento y criterios que se pueden aplicar al diseñar un sistema de captación de aguas de lluvia en Venezuela.

Seguidamente, a Steelheart E. y Suarez H. (2012). Presentado en la UCLA, para optar por el título de Ingeniero Civil llevado por título. **“Propuesta para el mejoramiento del diseño del sistema de drenaje urbano de la calle 32 entre Av. Libertador e Intercomunal San Felipe el fuerte del Municipio Independencia, Edo. Yaracuy”**. El propósito de este estudio fue realizar una propuesta para el mejoramiento del diseño del drenaje superficial de la calle 32 entre Av. Libertador e Intercomunal San Felipe en el estado Yaracuy, debido a la necesidad de la alcaldía del Municipio Independencia de solventar el problema de drenaje presente en la vía y sus zonas aledañas. Como primer paso se realizó un levantamiento topográfico plano altimétrico, un inventario físico vial del área de estudio, así como también se recopiló la información técnica y pluviométrica en los entes gubernamentales, lo que permitió delimitar las áreas tributarias de acuerdo al sitio de escurrimiento de las aguas y elaborar una curva de intensidad, frecuencia, duración de la estación “San Felipe” por ser la más cercana a la zona de estudio, para así calcular el caudal de aporte por el método racional: necesarios para analizar las condiciones del sistema de drenaje existente. De este antecedente se tomaron en cuenta uno de los primeros pasos que sería realizar una observación topográfica.

Finalmente, Cardenas R. (2013), realizó en la Universidad Rafael Urdaneta como requisito final para optar por el título de Ingeniería Civil. La tesis de pregrado titulada **“Diseño de un sistema de drenaje pluvial óptimo y funcional para el sector La Rotaria de La Parroquia Raúl Leoni de Maracaibo Edo. Zulia”**. Donde señala que el sistema de drenaje existente en el sector La Rotaria es muy deficiente por lo que el sistema de drenaje fue diseñado calculando el periodo de retorno para la

realización de curvas IDF, además que para la realizar el diseño se calculo la capacidad vial, esto debido a que la mayoría de la vialidad en Maracaibo no cuenta con bombeo ni un buen peralte, por consiguiente tomaron una altura de agua permisible para que las aguas escurran a lo largo de la vialidad.

## **2.2 Bases teóricas**

Para la elaboración del presente trabajo de grado, fue necesario seleccionar los textos para el levantamiento de la información, con el objetivo principal de presentar un marco referencial basado en el conocimiento de la ciencia, que permita situar el tema de estudio dentro de un marco de teorías. Para Otero (2011), “son el sustento de la investigación desde un punto de vista conceptual, por lo cual se deberán organizar de acuerdo con las temáticas que se investigan, y una buena guía para ello es leer en forma cuidadosa nuevamente los objetivos que han sido planteados” (p. 101).

### **2.2.1 Componentes del Sistema de Drenaje Pluvial**

Un sistema de drenaje pluvial está conformado por una serie de elementos, que se establecen en cuanto a las siguientes consideraciones acerca de los diferentes componentes del sistema de drenaje superficial, entre los cuales se señalan:

- Pendiente longitudinal del pavimento.
- Pendiente transversal del pavimento.
- Los brocales – cunetas.
- Las cunetas laterales y en la isla central.
- Los tableros de puentes.
- Sumideros
- Bocas de visita
- Alcantarillas
- Torrenteras
- Colectores

En atención a los elementos señalados contribuyen parte fundamental para dar viabilidad al diseño de un sistema de drenaje óptimo y funcional.

### 2.2.1.1 Pendiente Longitudinal

Pendiente longitudinal del terreno es la inclinación natural del terreno, medida en el sentido del eje de la vía.

Si la vía se ha proyectado con brocales la pendiente longitudinal no debe ser menor de 0.5%, en casos extremos de 0.3%. Si la vía se proyecta sin brocales, la pendiente longitudinal puede ser menor, pero esto trae como consecuencia el crecimiento de la vegetación. En el caso de las vías diseñadas en sectores muy planos, se recomienda aumentar la pendiente transversal. (Ver Figura 2.)

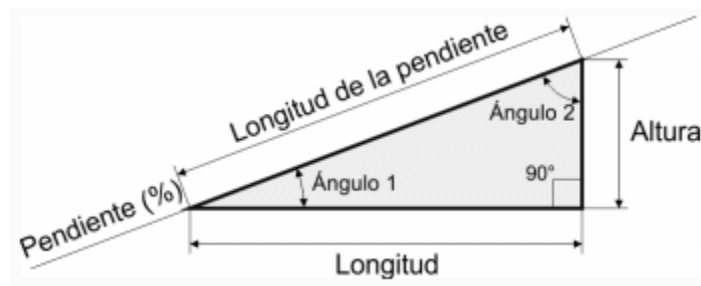


Figura 2. Pendiente longitudinal

Fuente:www.aulafacil.com

Por otra parte, en los puntos bajos y en una longitud correspondiente a unos 15 m a partir de este punto, debe mantenerse una pendiente mínima de 0.3% en cualquier tipo de vialidad. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras - Instituto Nacional de Vías).

### 2.2.1.2 Pendiente Transversal

La pendiente transversal o bombeo es la inclinación que se da a la superficie de rodadura para evacuar rápidamente hacia los colectores y drenajes toda el agua superficial que cae sobre la superficie de rodadura; para drenar el agua superficial, se recomiendan los valores de inclinación en función a la calidad y tipo de superficie de rodadura.

Una pendiente transversal de 2% o menor, permite al conductor mantener la estabilidad del vehículo. En áreas de intensa lluvia puede llegarse hasta 2.5%. De

hecho, en vías donde hay 3 o más canales tienen la misma pendiente transversal hacia el hombrillo, el último canal debe tener una pendiente mayor. Los 2 primeros canales pueden tener la pendiente normal, mientras que, en el par de canales subsiguientes, la pendiente puede incrementarse entre 0.5% a 1%. En este orden de idea, el máximo valor de la pendiente transversal es de 4%. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras - Instituto Nacional de Vías) (Ver Figura 3.).

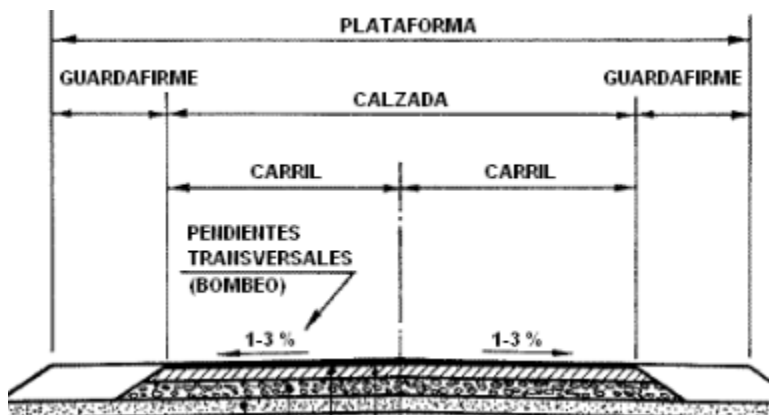


Figura 3. Pendiente transversal de vía.

Fuente: <http://www.cuvs.com>

### 2.2.1.3 Brocales – Cunetas

Brocal: Es el borde de la vía. Es una estructura vertical o inclinada que sirve de remate a la calzada o al hombrillo que definen los bordes de la vía. Encintado de concreto, asfalto, piedra u otros materiales que sirve para delimitar la calzada o plataforma de la vía.

Cuneta: En calles, el ángulo formado por la calzada y el plano vertical producido por diferencia de nivel entre la calzada y la acera. En las carreteras, el foso lateral de poca profundidad. Sistema de canalización abierta (zanja) que sirve para el desagüe y recoge las aguas superficiales que llegan a la vía. Puede ser construida en forma paralela a la vía o carretera. Especie de canal construido en los extremos laterales de las vías. (Ver figura 4.)

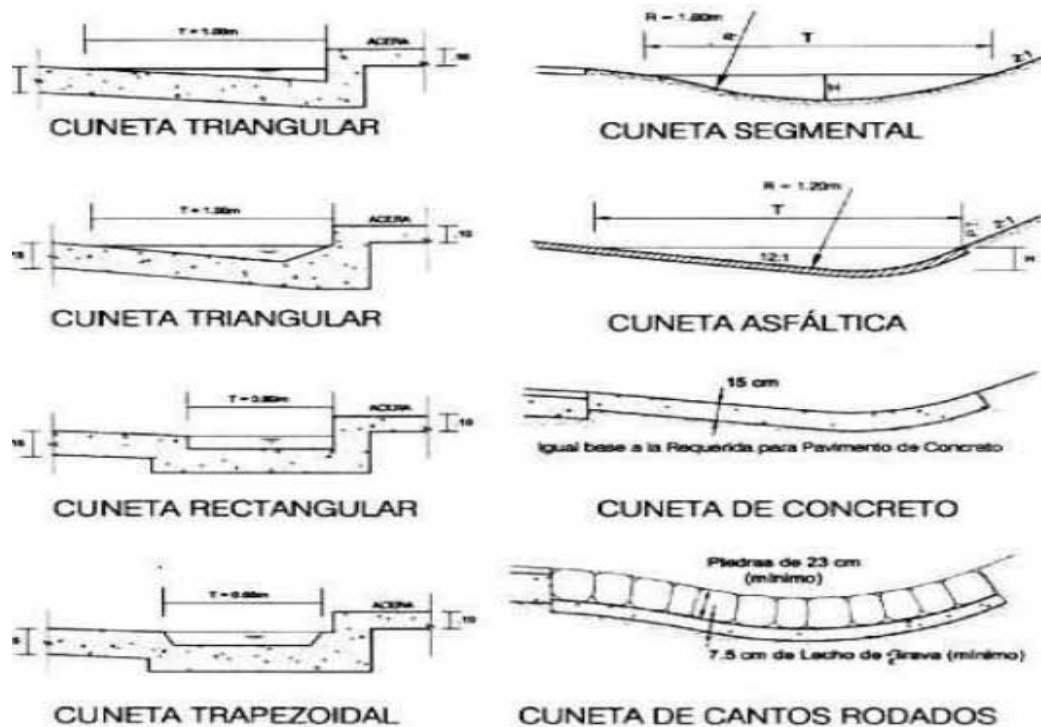


Figura 4. Tipos de cuneta

Fuente: <http://documents.tips/documents/disenio-hidraulico-de-drenaje-de-carretera.html>

Los brocales – cunetas se colocan al borde del canal exterior, sirviendo los siguientes propósitos:

- Contener el agua de lluvia dentro del borde de la vía y lejos de los terrenos adyacentes.
- Prever la erosión del relleno que constituye los taludes.
- Asegurar un buen delineamiento de los pavimentos.
- Ordenar el desarrollo de los terrenos adyacentes a la vía.

#### 2.2.1.4 Canales Laterales y en la Isla Central

Conductos artificiales por donde se conduce el agua para distribuirla y/o redirigirla.

Los canales laterales a la vía se utilizan generalmente cuando no existen los brocales, ellos recogen las aguas provenientes del pavimento y de áreas laterales adyacentes al mismo. Debido a las limitaciones de espacio en las vías urbanas, estos canales no deben ser utilizados. (Ver Figura 5.)

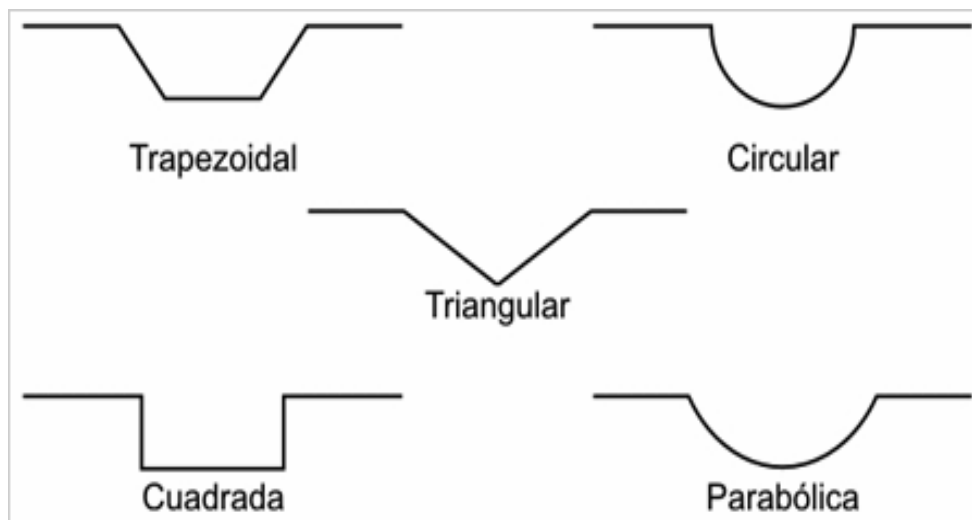


Figura 5. Formas de canales

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org>

Puede decirse que estos canales laterales son prácticamente imprescindibles en secciones en corte, en depresiones y en intersecciones transversales viales

son escasas. Los canales ubicados en la isla central viales adyacentes, se indican específicamente en aquellas vías de más de 2 canales en cada dirección y diseñados para altas velocidades.

### 2.2.1.5 Sumideros

Los sumideros son las estructuras encargadas de recoger el agua que fluye por las cunetas de la vía con el mínimo de interferencia para el tráfico vehicular y peatonal, evitando se introduzca a los colectores material de arrastre.

Los sumideros pueden tener o no una capacidad establecida para interceptar el caudal que corre por la cuneta. Todos los tipos de sumideros captan más agua a medida que aumenta la altura de agua en la cuneta, pudiendo parte del caudal, sobrepasar el sumidero. Dependiendo de la manera como se realiza la captación del agua, la práctica usual los clasifica en sumidero de: (Ver Figura 6, 7 y 8.)

- De Ventana.
- De Rejas.
- Mixtos.
- Especiales.

Cada uno de estos tipos poseen características en cuanto a su forma, condiciones de flujo y campo de aplicabilidad en el proyecto de un sistema de drenaje urbano.

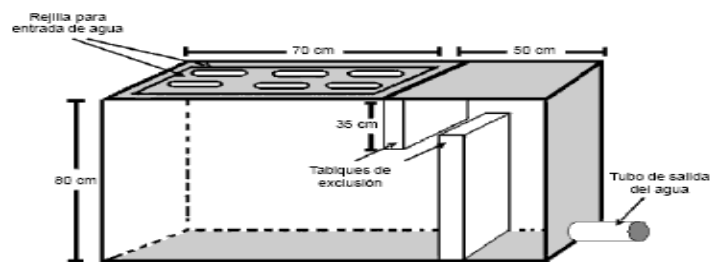


Figura 6. Ejemplo de sumidero  
Fuente: <http://www.scielo.org.co>

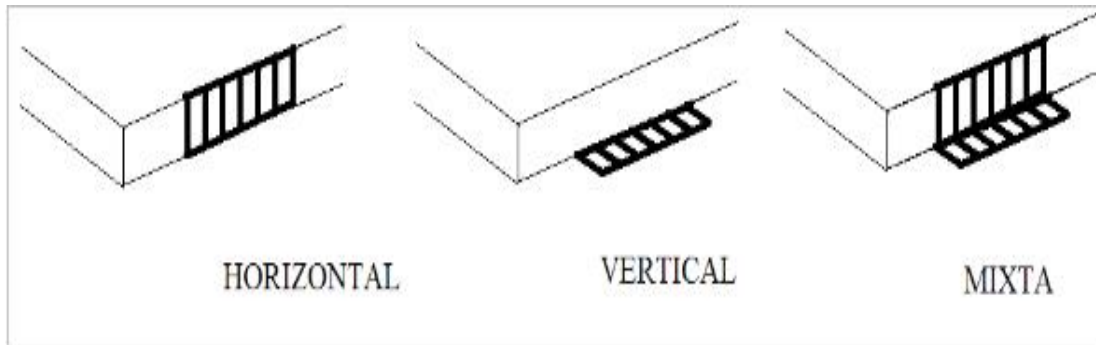


Figura 7. Ubicación de Sumideros  
 Fuente: <https://doblevia.wordpress.com>

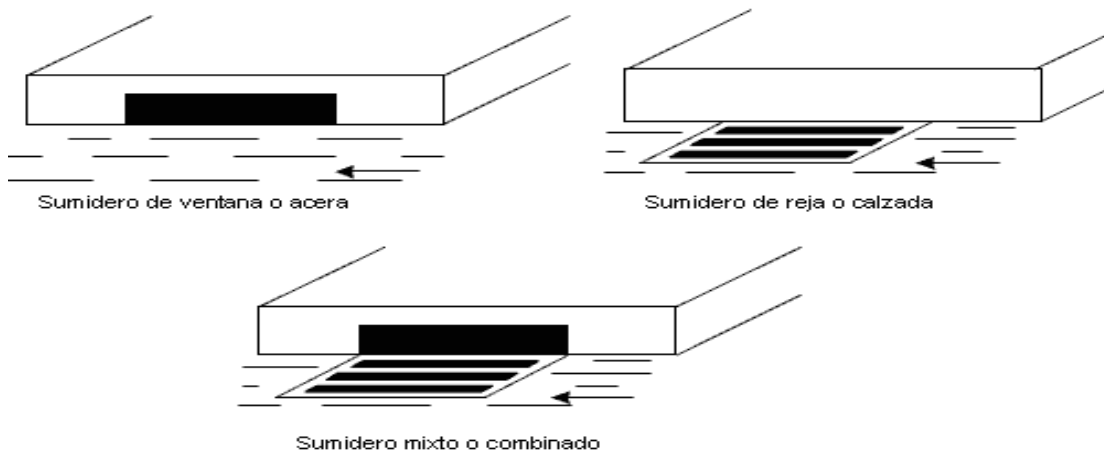


Figura 8. Tipos de Sumideros  
 Fuente: [www.ingenierocivilinfo.com/2010/11/calculo-hidraulico-de-sumideros.html](http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/11/calculo-hidraulico-de-sumideros.html)

### 2.2.1.6 Bocas de Visita

Una boca de visita, pozo de visita, pozo de registro o cámara de inspección, es un elemento de la infraestructura que permite el acceso, desde la superficie, a

diversas instalaciones subterráneas de servicios públicos: tuberías de sistemas de alcantarillado, redes de distribución de energía eléctrica, teléfonos o gas natural.

El pozo de visita cumple dos funciones:

- Facilita el acceso necesario para realizar tareas de inspección, mantenimiento y reparación de las infraestructuras subterráneas.
- Permite la ventilación de las redes de alcantarillado, evitando la acumulación de gases tóxicos y potencialmente explosivos.
- El ingreso está protegido por una tapa de registro, construida con hierro fundido, hormigón o plástico reforzado con vidrio. Si el pozo es muy profundo, se instala una escalera adosada a la pared. La sección vertical se denomina chimenea y suele estar construida con módulos prefabricados de hormigón armado, aunque también puede hacerse in situ. En todos los casos la pared tiene un espesor de entre 10 y 20 cm. (Ver Figura 9.)



Figura 9. Ejemplo de boca de visita.

Fuente: <http://www.mexico.generadordeprecios.info>

### 2.2.1.7 Alcantarillas

Se denomina alcantari <sup>18</sup> bién red de alcantarillado, red de saneamiento o red de drenaje al sistema de tuberías y construcciones usado para la recogida y transporte de las aguas residuales, industriales y fluviales de una población

desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan.

Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan a presión atmosférica, por gravedad. Sólo muy raramente, y por tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión o por vacío. Normalmente están constituidas por conductos de sección circular, oval o compuesta, la mayoría de las veces enterrados bajo las vías públicas. (Ver Figura 10 y 11.)

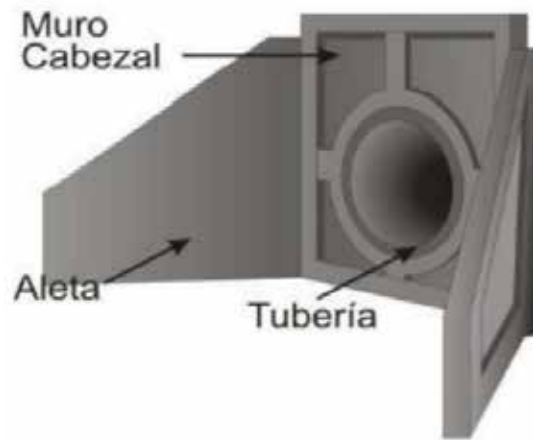


Figura 10. Esquema de Alcantarilla.

Fuente: <http://myslide.es/documents/6b-diseno-de-sistemas-de-drenaje-transversal.html>



Figura 11. Esquema de Alcantarilla.

Fuente: <http://myslide.es/documents/6b-diseno-de-sistemas-de-drenaje-transversal.html>

### 2.2.1.8 Torrenteras

Son canales trazados en laderas con el fondo escalonado. Las dimensiones de los escalones no tienen por qué ser constantes, ya que el diseño, en general, depende de la pendiente. Donde las pendientes son muy altas, por sus características físicas estas ayudan a suavizar la energía de los caudales que circulan por ellas, este detalle evita el deterioro que pueda ocasionar el caudal en la estructura que finalmente canalice el mismo.

Al igual que los canales rápidos, tienen como objetivo bajar las lluvias que ocurren sobre los taludes de la vía, se diferencian de los canales rápidos en que el fondo del canal es en forma de escalera algunas veces esas obras se utilizan en el drenaje transversal a la salida de las alcantarillas.

En muchos casos de diseño se limita a establecer las dimensiones de los escalones, dando a las paredes una altura "h" igual a la profundidad crítica del flujo más un borde libre. En todos los casos, el borde superior de las paredes debe coincidir con el terreno natural, pues, si fueran más bajas, la tierra podría entrar a la torrentera y si fuera más alta, podría impedirse la entrada del agua a la torrentera. (Ver Figura 12.).

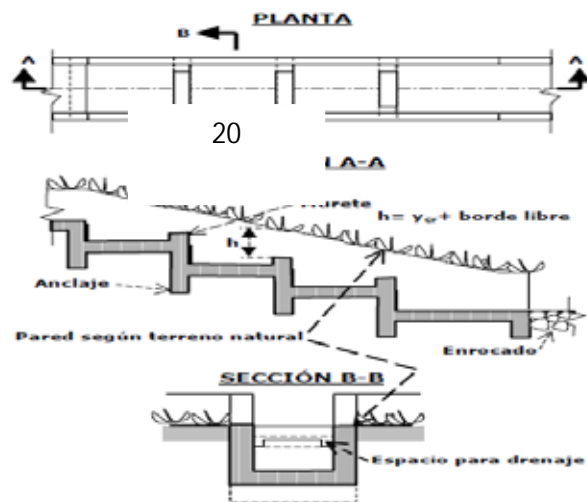


Figura 12. Esquema de una torrentera

Fuente: Libro drenaje vial para ingenieros viales por Manuel Bengaray

### **2.2.1.9 Colectores**

Se puede definir un colector, como aquella parte del sistema de drenaje, que recibe las agua recolectadas por los sumideros y la transporta hasta otro colector o al lugar de descarga final.

#### **2.2.1.9.1 Hidráulica de los colectores**

##### **2.2.1.9.1.1 Consideraciones acerca del tipo de flujo**

El flujo en cada tramo de un colector se considera como permanente y uniforme, es decir el caudal no varía ni en el tiempo ni a lo largo del tramo.

Realmente el flujo entre bocas de visita, difiere de la condición de permanencia y uniformidad, pero debido a que al inicio de cada tramo de colector consideramos la descarga pico, determinada por el tiempo de concentración hasta ese punto, hace que la condición de flujo permanente y uniforme sea conservadora y por lo tanto aceptable.

##### **2.2.1.9.2 Flujo con superficie libre y flujo a presión**

En el primer caso nos referimos al flujo por gravedad y sometido únicamente a la presión atmosférica sobre su superficie, en el segundo caso nos referimos al flujo confinado, sometido a presiones diferentes a la atmosférica. Cuando se diseña a partir de la consideración de flujo a superficie libre, las dimensiones de la estructura tienen que ser tales que el líquido quede contenido entre las paredes del conducto, con la presencia de una superficie a la presión atmosférica.

En el caso del flujo a presión, no existe una superficie libre, ya que las dimensiones de los conductos obtenidas a partir de esta condición de flujo, son menores que las obtenidas partiendo de la condición de superficie libre.

A pesar de esta desventaja, el diseño a partir de la condición de flujo con superficie libre, permite tener un espacio adicional sobre esa superficie, que se puede considerar como un factor de seguridad.

#### **2.2.1.9.3 Capacidad Hidráulica**

Es función del tamaño del conducto (D), forma, pendiente (S) y rugosidad de los contornos (n), mencionada en la ecuación de Manning, que para flujo con superficie libre y con conductos circulares a sección llena, se expresa:

$$V = 0,397 \cdot D^{0,67} \cdot S^{0,5} / n \text{ (m/seg)}$$

$$Q = 0,312 \cdot D^{2,67} \cdot S^{0,5} / n \text{ (m}^3\text{/seg)}$$

#### **2.2.2 Intensidad, Duración y Frecuencia de Precipitación**

Dos aspectos importantes son considerados en la obtención de la lluvia: el periodo de retorno o frecuencia de la misma y su duración. No es, sin embargo, la cantidad total de agua que cae sobre una zona lo que interesa en el diseño de drenaje. Las estructuras de drenaje se diseñan para conducir las máximas descargas que se producen, las cuales son un resultado de la relación duración - intensidad de las lluvias.

Para el diseño de obras viales, la selección de período de retorno depende de la importancia de la estructura. Los períodos de retorno en obras viales y otras obras regionales, incluyendo alcantarillas, varían típicamente entre los 25 y 100 años. Es inusual usar períodos de retorno mayores a 100 años en el diseño hidráulico de obras viales.

La intensidad debe ser considerada como el volumen de agua de lluvia que cae en un determinado espacio de tiempo como parámetro importante en el diseño de las obras de drenajes, éstas, en conjunto con la pendiente, determinan las alturas mojadas de las estructuras a diseñar.

La intensidad de la lluvia depende de la duración de esta, existiendo una relación inversa entre ellas.

La selección del nivel de probabilidad apropiado para un diseño, es decir, el riesgo que se considera aceptable, depende de las condiciones económicas y técnicas y se relacionan con los daños, perjuicios y molestias que las inundaciones puedan ocasionar al público, comercio, industrias e instituciones de la localidad.

La duración en las precipitaciones es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, la lluvia según su duración puede llamarse corta o larga. Las normas (INOS Normas e Instructivo para el Proyecto de Alcantarillados 1986) establecen que el tiempo de duración que debe considerarse para la determinación de la intensidad de la lluvia, no será inferior a 5 minutos, en cada caso se fijará el tiempo de precipitación, de acuerdo a las condiciones locales.

Para efectos de diseño de un sistema de recolección de aguas de lluvia, deben tomarse en cuenta todas las variables que pueden intervenir en la determinación de un gasto de aguas de lluvia acumulándose, y que puede crear inconvenientes a la comunidad, en general se pueden considerar factores para la recolección del agua:

- Características de la zona.
- Curvas de pavimento.
- Tiempo de concentración.
- Estimación de caudal.

La frecuencia es un factor que asociado a la probabilidad y al intervalo de recurrencia de la precipitación, es el número de veces que un evento es igualado o excedido de un intervalo de tiempo determinado o en un número de años.

La frecuencia se denota por tanto como:

- $F$  = El número de años que tarda el evento en repetirse.

Este parámetro dependerá por tanto del mayor tiempo de registros disponibles, la mayor probabilidad de ocurrencia en la misma estimación hecha.

El tiempo de concentración representa la suma de dos tiempos:

El tiempo que tarda la partícula más alejada en escurrir sobre la superficie.

El tiempo de traslado que existe en una cierta longitud del colector comprendida entre dos estructuras de captación consecutiva.

El primero, tiempo de escurrimiento de la superficie, a través de cunetas, canales, puede ser estimado o calculado para las distintas características de la superficie. En este sentido el manual de drenaje de Ministerio de Obras Públicas (M.O.P) permite estimar el tiempo de concentración conocida por medio de la longitud del cauce más largo (L) en metros y la diferencia de elevación entre el punto más remoto y la salida de la misma en metros.

El segundo o tiempo de traslado en el colector, tendrá influencia en la determinación de los caudales que se reunirán en las subsiguientes estructuras de captación y será calculado, conocidas las características hidráulicas de estas, a fin de determinar en función de la longitud del colector y de la velocidad de circulación y el tiempo que tarda en recolectarlo.

Para entender bien el concepto de tiempo de concentración pensemos un poco en el siguiente ejemplo (Figura 13): en un instante dado comienza a llover de forma uniforme y constante sobre un canal de riego; inmediatamente comenzará a circular agua hacia el punto de salida del canal (pto. B), pero en el instante inicial, únicamente saldrá del canal el agua que cae directamente sobre el punto de salida o en sus inmediaciones, puesto que el agua precipitada en la parte alta del canal tardará cierto tiempo en recorrer la distancia que separa los puntos A y B.



Figura 13. Ejemplo de Tiempo de concentración

Fuente:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10779/Tiempo%20de%20concentraci%C3%B3n.pdf>

$$T_t = \frac{\text{Longitud del tramo}}{\text{Velocidad real en el tramo}}$$

### **2.2.3 Topografía**

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales; (véase planimetría y altimetría). Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de geodesia para áreas mayores. De manera muy simple, puede decirse que para un topógrafo la Tierra es plana (geoméricamente), mientras que para la geodesia no lo es.

Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensional, siendo la “X” y la “Y” competencia de la planimetría, y la “Z” de la altimetría.

Los mapas topográficos utilizan el sistema de representación de planos acotados, mostrando la elevación del terreno utilizando líneas que conectan los puntos con la misma cota respecto de un plano de referencia, denominadas curvas de nivel, en cuyo caso se dice que el mapa es hipsográfico. Dicho plano de referencia puede ser el nivel del mar, y en caso de serlo se hablará de altitudes en lugar de cotas.

### **2.2.4 Estimación del Caudal**

El caudal de un río es fundamental en el dimensionamiento de presas, embalses y obras de control de avenidas. Dependiendo del tipo de obra, se emplean los caudales medios diarios, con un determinado tiempo de recurrencia o tiempo de retorno, o los caudales máximos instantáneos. La forma de obtención de uno y otro es diferente y, mientras para los primeros se puede tomar como base los

valores registrados en una estación de medición, durante un número considerable de año.

La medición práctica del caudal líquido en las diversas obras hidráulicas, tiene una importancia muy grande, ya que de estas mediciones depende muchas veces el buen funcionamiento del sistema hidráulico como un todo, y en muchos casos es fundamental para garantizar la seguridad de la estructura.

### **2.2.5 Relación Topografía y estimación del caudal**

La topografía no es más que la característica del área donde actúa la cuenca en estudio referente a la geomorfología, esto engloba gran parte de los parámetros que intervienen sobre el grado de impermeabilidad que facilita o retarda la escorrentía de las aguas pluviales que puedan concentrarse en un punto. La superficie total a considerar en el proyecto estará constituida por el área propia, más el área natural de la hoya que drena a través de ella.

Se deben determinar las diferentes características de la superficie que la constituye, en este sentido las normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS Normas e Instructivo para el Proyecto de Alcantarillados 1986) establecen coeficientes de escorrentías para determinadas superficies y zonas. Para determinar claramente las áreas y las características fisiográficas de las cuencas, deben utilizarse planos topográficos, además, donde se señale la naturaleza del material del cauce y el tipo de vegetación existente en el mismo.

Debe disponerse de una nivelación a lo largo de los cauces naturales, con secciones transversales en sitios notables e indicaciones de las estructuras existentes, pues estas son indispensables para determinar las planicies inundables.

Los problemas de drenaje son causados principalmente por el exceso de aguas pluviales en un determinado espacio físico proveniente de las precipitaciones, es por ello que para el diseño de las obras de drenaje pluvial urbano se considera que el excedente de agua hallado en la superficie, no tomado en consideración el flujo subterráneo, ya que el tiempo de retardo es muy extenso y, por lo tanto, no tiene gran influencia en el dimensionamiento de las estructuras de drenaje.

Para lograr un buen diseño, debe tomarse en cuenta todas las variables que puedan intervenir en la determinación de un gasto de aguas de lluvia, y que puedan crear inconvenientes a la comunidad, sin embargo, no se debe dejar de reconocer que ello resulta difícil de evaluar y que aun con la mejor información disponible, existen criterios económicos que privarán para limitar los diseños en un determinado rango de probabilidades de ocurrencia de daños.

El buen funcionamiento hidráulico de cualquier estructura de drenaje, no solo depende de un análisis correcto y un uso adecuado de las fórmulas y diagramas, sino también de la información en la cual se fundamente su diseño, realidad de vital importancia. Se debe tratar de recabar toda la información posible sobre la vía y el área de influencia del problema, en la forma de planos topográficos, estudios de suelos, informes hidrológicos y en general cualquier otra información que afecte en mayor o menor grado a las estructuras viales de drenaje que se pretenda diseñar.

El agua que cae sobre una calzada escurre superficialmente sobre ella, y como consecuencia de la pendiente de bombeo o del peralte, fluye longitudinalmente o transversalmente. Cuando la carretera se desarrolla en terraplén o trinchera, se permite que el agua se desborde sobre los hombrillos y los taludes, los cuales, si están debidamente protegidos, no sufrirán erosión. En cambio, si la vía va en corte el agua proveniente del escurrimiento sobre la calzada y los taludes de corte adyacentes deben ser recogidas en canales laterales.

La demanda o el requerimiento para evaluar el caudal de las aguas de lluvias se realiza mediante distintos elementos de drenaje en forma aislada o combinada (canales, cunetas, entre otros.) y por medio del escurrimiento libre por las calles y terrenos, sumándose a estos las infiltraciones en las áreas verdes y suelos.

La función de los drenajes superficiales de una carretera es la de proveer la facilidad necesaria para el paso de agua de un lado a otro de la vía, y para la remoción de las aguas que caen directamente encima de la plataforma y de otras áreas que desagüen en ellas.

Al diseñar una estructura de drenaje, uno de los primeros pasos a dar consiste en estimar el volumen de agua que llegara a ella en un determinado instante. Dicho volumen de agua se llama descarga de diseño, y su determinación debe realizarse con el mayor grado de precisión, a fin de poder fijar económicamente el tamaño de la estructura requerida y disponer del agua de escurrimiento sin que ocurran daños en la carretera.

Los métodos basados en observaciones directas requieren levantamientos cuidadosos de la cuenca de drenaje y de las características de la corriente, así como análisis hidrológicos y estudios hidráulicos precisos.

La determinación del diseño para un sistema de recolección de aguas de lluvia en zonas pobladas, atiende generalmente al método racional, el cual asume que el caudal máximo que se acumula en determinado punto, como consecuencia de la escorrentía de aguas pluviales está expresado por la ecuación (Método racional):

$$Q = C \times I \times A$$

En el cual:

$$Q = \text{caudal en } \frac{\text{m}^3}{\text{s}} .$$

C = coeficiente de escorrentía.

I = intensidad de lluvia  $\text{m}^3/\text{s}/$

dirigir las aguas que caen directamente sobre la calzada de la carretera o que provienen de áreas adyacentes no canalizadas, de tal manera que las aguas no ocasionen problemas de inundaciones en las zonas adyacentes o de influencias, cabe destacar que los canales se dividen en rápidos y torrenteras y a su vez las alcantarillas pueden dividirse en tuberías circulares de concreto y cajones de paso en concreto.

Las cunetas son el tipo de estructura que captan dirigen el agua pluvial en el sentido longitudinal de la vía, estas se colocan entre el brocal y la calzada, estas pueden presentarse en forma de canal o triangular. La geometría de la misma depende del gasto de diseño, el recubrimiento a utilizar en las cunetas depende de la velocidad del flujo, tipo de suelo y de la inclinación y forma de la cuneta, esta presenta la misma pendiente de la vía.

Los canales son elementos que cumplen con la función de llevar el agua hacia la parte baja de los cortes, o rellenos, hasta otro canal de intersección, o a un punto de descarga, como por ejemplo una alcantarilla, estos canales pueden ser abiertos o cerrados, también dirigen el agua en el sentido longitudinal de la vía. Los canales al igual que las cunetas son de concreto, adicionalmente se les coloca acero en ambos sentidos. La inclinación del canal y de la vía no debe ser la misma, especialmente si la vía es plana. En aquellos casos en que la pendiente transversal del canal no es mucho mayor que la de la vía y sus superficies son del mismo tipo, se considera este como parte de la vía.

Un canal abierto, según Julián Aguirre (1980) en hidráulica de canales expresa que, puede considerarse como un gran tubo de corriente limitado por los contornos sólidos del canal y la superficie libre superior sometida a la presión atmosférica. Un análisis simplificado del flujo permanente permite establecer la profundidad y la velocidad en una sección como las características que definen el tipo de flujo en un canal.

Si la profundidad en una sección del canal no varía en el intervalo de tiempo en consideración se dice que el flujo es permanente. Si la profundidad varía,

entonces, es no permanente. Para ambos casos el caudal  $Q$  o el volumen de fluido que fluye por la sección en la unidad de tiempo está dado por:

$$Q = V \times A$$

Siendo  $V$  la velocidad media de la sección normal al flujo del área transversal.

Los distintos casos pueden clasificarse en:

- Flujo permanente
  - Flujo uniforme
  - Flujo variable
    - Flujo gradualmente variado
    - Flujo rápidamente variado
- Flujo no permanente
  - Flujo uniforme no permanente (caso teórico)
  - Flujo variado y no permanente
    - Flujo no permanente gradualmente variado
    - Flujo no permanente rápidamente variado

El flujo uniforme es aquel flujo donde la velocidad media es constante, no existe ningún tipo de aceleración. De acuerdo con la ecuación de la continuidad, el área mojada será también constante, en razón de lo cual sucederá igual con las profundidades de agua. Lo anterior implica, entonces, que en un flujo uniforme la línea de fondo, la línea de la superficie del agua y la línea de la energía son paralelas, o sea:

$$S_o = S_a = S$$

Donde  $S_o$ ,  $S_a$  y  $S$  son las pendientes correspondientes a las tres líneas antes mencionadas.

Ecuación de continuidad:

$$Q = V_o \times A_o = V_1 \times A_1 = \dots V_n \times A_n$$

Un flujo gradualmente variado se puede definir como un flujo permanente ni uniforme, que sufre pequeñas e imperceptibles variaciones en sus características en costas distancias.

El flujo variado, a diferencia del anterior, sufre de aceleraciones y desaceleraciones de gran magnitud, lo que se traduce en líneas de corriente de curvatura apreciable que suponen distribuciones no hidrostáticas de presiones.

Este tipo de flujo ocurre cuando existen cambios geométricos importantes en trechos cortos. Está también presente en las cercanías de las profundidades críticas y su tratamiento se asemeja en cierta forma al de una pérdida localizada en flujo confinado.

La gran mayoría de los flujos con superficie libre son no permanentes, lo que significa que, existen aceleraciones locales; no obstante, en gran parte de ellos, esas aceleraciones resultan ser muy pequeñas al ser comparada con los efectos que causa las otras variables, pudiendo ser despreciados sus efectos para tratar el flujo como permanente.

El análisis usual del flujo no permanente con superficie libre es el estudio de las ondas, las cuales corresponden en su sentido más amplio, al cambio temporal en la superficie del líquido, propagado especialmente. Lógicamente este cambio de profundidades se convierte en un cambio de velocidades, caudales y presiones.

#### **2.2.5.1 Formación de las Precipitaciones**

Puede señalarse que los elementos necesarios para la formación de las precipitaciones son los siguientes:

- Humedad atmosférica.
- Radiación solar.
- Mecanismo de enfriamiento del aire.
- Presencia de núcleos higroscópicos para que haya condensación.
- Mecanismo de crecimiento de las partículas.

#### **2.2.6 Tipos de Precipitaciones**

Las precipitaciones pueden ser clasificadas de acuerdo con el movimiento vertical del aire en: convectivas, orográficas y de convergencia.

#### **2.2.6.1 Precipitaciones Convectivas:**

Cuando una masa de aire próxima a la superficie del terreno aumenta su temperatura, la densidad disminuye y la masa de aire trata de ascender y de ser reemplazada por otra masa de aire más densa. Este proceso es bastante lento si las masas de aire están en calma y no hay turbulencia.

En cambio, en regiones tropicales donde estas precipitaciones son muy típicas, el calentamiento desigual de la superficie terrestre provoca el surgimiento de estratos de aire con densidades diferentes, y genera una estratificación térmica de la atmósfera en equilibrio inestable. Si ese equilibrio es roto por cualquier motivo (viento súper calentamiento), provoca una ascensión brusca y violenta del aire menos denso, capaz de alcanzar grandes altitudes.

En general, esas precipitaciones son de gran intensidad y corta duración, y se concentran en pequeñas áreas. Son importantes en proyectos de pequeñas hoyas hidrográficas.

#### **2.2.6.2 Precipitaciones Orográficas**

Resultan de las ascensiones mecánicas de corrientes de aire húmedo con movimiento horizontal cuando chocan sobre barreras naturales, tales como montañas.

#### **Precipitación por Convergencia:**

Existen tres tipos; convergencia propiamente dicha, ciclones y frentes. La convergencia propiamente dicha se presenta en el caso en que dos masas de aire de aproximadamente de la misma temperatura, que viajan en dirección contraria, se encuentran a un mismo nivel. El choque entre las dos masas de aire hace que ambas se eleven.

Por su parte, el ciclón es una masa de aire circular con baja presión que gira en el sentido contrario al de las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Tiene en su centro el “ojo del ciclón”, en el cual la presión es baja comparada con la masa de aire. Funciona, entonces, como una chimenea, haciendo subir el aire de las capas

inferiores. El anticiclón es una zona de alta presión circular, que gira en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte.

Se forma un frente cuando una masa de aire en movimiento encuentra otra masa de aire de diferente temperatura. Si la masa de aire en movimiento es fría y encuentra en su camino otra de temperatura superior, el aire de esta última, por ser menos denso, se eleva sobre la capa de aire frío formando un frente frío. Si la masa de mayor temperatura encuentra en su movimiento una masa de aire frío, se forma un frente cálido.

### **2.2.7 Medidas Pluviométricas**

como la altura caída y acumulada sobre una superficie plana e impermeable. Para dichas mediciones se utilizan los pluviómetros y los fluviógrafos, mediante los que se obtiene unas medidas características.

### **2.2.8 Medidas Características**

Altura pluviométrica, en mm, se expresa diariamente, mensualmente, anualmente, entre otras.

Intensidad de precipitación:

Duración: es el período de tiempo en horas, por ejemplo, desde el inicio hasta el fin de la precipitación.

A fin de lograr una perspectiva adecuada, se definen algunos parámetros hidrológicos.

Cuenca: toda aquella parte del terreno rodeado por una divisoria, donde el agua de lluvia que escurre por la superficie, se concentra y pasa por un punto del cauce principal que la drena.

Área de la cuenca: superficie de la cuenca proyectada en un plano horizontal.

Pendiente media de la cuenca: está definida por la media ponderada de las pendientes correspondientes a superficies elementales, en las cuales la pendiente se puede considerar constante:

$$S = D \times L / A$$

A = área de la cuenca (m<sup>2</sup>).

D = intervalo entre curvas de nivel (m).

L = longitud total de las curvas de nivel comprendidas en la cuenca (m).

### 2.2.9 Pendiente Media de un Cauce

Podemos definir la pendiente media de un cauce de diferentes maneras:

Pendiente media: se define como la diferencia de cota entre dos puntos de su cauce dividido por la longitud en proyección horizontal.

Pendiente ponderada: la cual se obtiene trazando una línea tal que el área comprendida entre esa línea y los ejes coordenados sea igual al área comprendida entre la curva representativa del perfil longitudinal del cauce y dichos ejes.

### 2.2.10 Hidrograma

Un hidrograma de escorrentía o caudal es una representación gráfica o tabular, que muestra los cambios de flujo en función del tiempo en un lugar dado del cauce. En consecuencia, 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 en particular. (Ver Figura 14.)

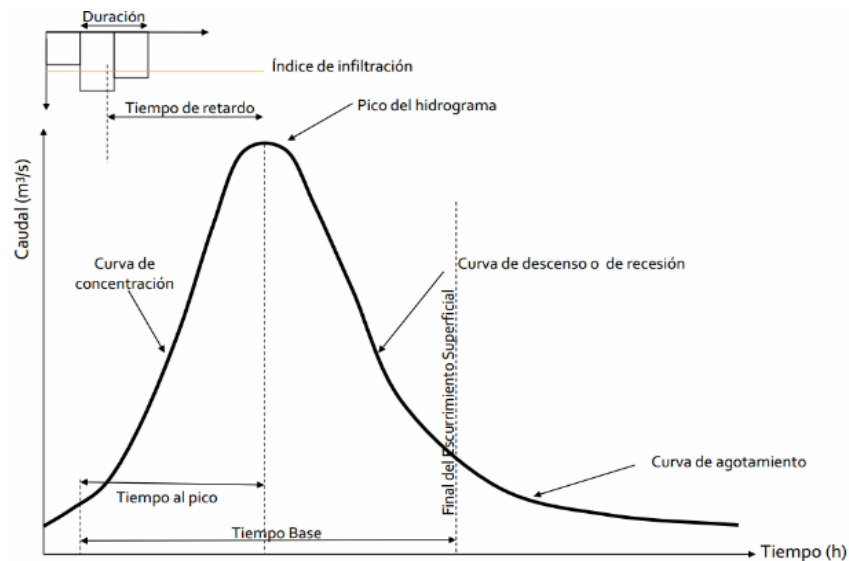


Figura 14. Hidrograma

Fuente: <http://geología.uson.mx/>

Aunque la forma de los hidrogramas producida por tormentas particulares varia no solo de una cuenca a otra sino también de tormenta a tormenta, es posible, en general, analizar sus partes como se describe a continuación.

#### **Caída de aguacero.**

En este punto, el agua proveniente de la tormenta bajo análisis comienza a llegar a la salida de la cuenca y se produce inmediatamente después de iniciada la tormenta, durante la misma e incluso cuando ha transcurrido ya algún tiempo después de que ceso de llover, dependiendo de varios factores, entre los que se pueden mencionar el tamaño de la cuenca, su sistema de drenaje y suelo, la intensidad y duración de la lluvia.

#### **Caudal máximo de crecida.**

Es el punto donde se produce el gasto máximo por la tormenta. Con frecuencia es el punto más importante de un hidrograma para fines de diseño.

#### **Punto de inflexión.**

En este punto es aproximadamente cuando termina el flujo sobre el terreno, y de aquí en adelante, lo que queda de agua en la cuenca escurre por los canales y como escurrimiento subterráneo.

#### **Final del escurrimiento directo.**

De este punto en adelante el escurrimiento es solo de origen subterráneo. Normalmente se acepta como el punto de mayor curvatura de la curva de recesión, aunque pocas veces se distingue de manera fácil.

#### **Curva de crecimiento.**

Es la parte del hidrograma que va desde el punto de levantamiento, hasta el pico del hidrograma.

#### **Curva de descenso.**

Es la parte del hidrograma que va desde el pico del hidrograma, hasta el final del escurrimiento directo. Tomada a partir del punto de inflexión, es una curva de vaciado de la cuenca.

**Tp: Tiempo de pico.**

Es el tiempo que transcurre desde el punto de caída del aguacero hasta el pico del hidrograma.

**Tv: Tiempo base.**

Es el tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento hasta el final del escurrimiento directo. Es entonces, el tiempo que dura el escurrimiento directo.

**Tc: Tiempo de concentración.**

Puede ser definido de dos maneras: Primeramente, en términos físicos es el tiempo empleado por una gota de lluvia, en recorrer la distancia comprendida entre el punto más distante de la cuenca, hasta que alcanza el sitio o punto de interés.

En términos de la lluvia efectiva y el hidrograma de escorrentía directa que generan es el tiempo entre el final del hidrograma de lluvia efectiva y el punto de inflexión, localizado en la rama descendente del hidrograma de escorrentía directa.

**TL: Tiempo de retardo.**

Tiempo que transcurre entre el cancroide del hidrograma de lluvia efectiva y el pico del hidrograma de escorrentía directa.

**Tr: Tiempo de recesión.**

Tiempo que transcurre entre el pico del hidrograma y el final de la escorrentía directa.

### **2.3 Definición de Términos Básicos.**

**Alcantarilla:** Elemento que en el cual se coloca por debajo de las vías en sentido transversal para recoger y permitir el paso de las aguas cuyos cauces son interferidos por las carreteras.

**Áreas de Influencia:** Son todas aquellas áreas donde de una u otra forma contribuyen al escurrimiento superficial, es decir, que drenan sus aguas a un punto específico.

**Bombeo:** La pendiente del pavimento descendente del eje hacia los bordes

**Canal:** Elementos utilizados en el diseño de carreteras, para captar el drenaje necesario que permita evitar inundaciones y dar al mismo tiempo seguridad y edificaciones adyacentes.

**Capacidad hidráulica:** capacidad tiene cualquier estructura o vía de transporte en caudal de agua en función de la altura máxima de agua permitida, esta altura viene dada por norma, este parámetro en conjunto con otros elementos determinan las dimensiones finales de las estructuras en estudio y su capacidad funcional.

**Caudal:** Es el volumen de fluido que se moviliza por unidad de tiempo.

**Cuenca:** Es toda proporción de terreno cuyas aguas de lluvias que corren por la superficie misma del terreno, se concentra y pasan por un punto de drenaje.

**Cuneta:** Estructura de drenaje colocada en el sentido longitudinal de la vía con la finalidad de dirigir el caudal hacia las obras de captación.

**Diagrama de flujo:** Es la representación gráfica de la solución de un problema, de manera en que directamente se puedan escribir instrucciones en el lenguaje de programación a utilizar.

**Drenaje Urbano:** Eliminación de exceso de agua que tiende a acumularse.

**Drenaje vial menor:** Conjunto de estructuras de relativamente pequeño tamaño destinadas a tal fin, de entre las cuales se excluyen los puentes, pontones, canales de grandes gastos y problemas de zonas inundables.

**Drenaje:** Es la acción de avenar, es decir, dar salida al agua de los terrenos húmedos por medio de las estructuras e implementos adecuados.

**Duración de lluvia:** Es el tiempo en que se encuentra comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia poder ser total o el momento hasta donde es apreciable la lluvia para efectos prácticos.

**Escorrentía:** Tiempo que tarda el agua en escurrir por las laderas.

**Escurrimiento Superficial:** Ocurre cuando el agua entra en el canal o estructura de captación luego de haber recorrido la superficie del suelo en ruta hacia el canal. El escurrimiento va siempre en retraso con relación a la lluvia que lo produce,

dependiendo el retraso de las características del área drenable, es decir, el escurrimiento en un componente residual de la lluvia.

**Estructura de Captación:** Son estructuras creadas para la recolección de aguas de lluvia que drenan a través de las calles.

**Frecuencia de lluvia:** Es el intervalo de recurrencia o el número de veces que un evento es igualado o excedido en un intervalo de tiempo determinado o en un número de años.

**Hidrología:** Es aquella rama de la geografía física relacionada con el origen, la distribución y las propiedades de las aguas en la tierra.

**Infiltración:** Es el proceso individual que resta la mayor cantidad de agua de lluvia al escurrimiento inmediato.

**Sistema de drenaje vial:** Son medidas destinadas a evitar que las aguas dentro de una vía alcancen límites de inundación que causen trastornos al desenvolvimiento del tráfico y daños a las edificaciones existentes alrededor del sector, estas medidas se llevan a cabo mediante el diseño de una serie de estructuras destinadas a captar y canalizar esta agua, evitando de esta manera los daños antes mencionados.

**Sumideros:** Son alcantarillas de recolección de aguas ubicadas debajo de la acera o en calzadas.

**Torrenteras:** son elementos que sirven para bajarlas lluvias que ocurren sobre los taludes de la vía. Se diferencia de los canales rápidos en que el fondo, de la torrentera es en forma de escalera.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En el presente capítulo se señalan los aspectos relacionados con la metodología utilizada para la elaboración de la investigación, por lo que una vez formulado el problema, delimitado los objetivos y asumidas las bases teóricas que orientan el sentido de la investigación, para indicar el tipo de datos que se requiere indagar, deben seleccionarse los distintos métodos y técnicas que posibiliten la obtención de información, para ello se elaborará el Marco Metodológico, que según Balestrini, M. (2006) “está referido al momento que alude al conjunto de procedimientos lógicos, tecnológicos, operacionales, implícitos en todo proceso de investigación” (p.113).

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El presente estudio tiene como objetivo diseñar un sistema de drenaje pluvial óptimo y funcional para la vialidad de la Avenida 81, tramo Av. Sesquicentenario – Av. Alameda Central, denominada Arterial 21 en el Plan de Desarrollo Urbano Local del Municipio Valencia, por lo cual se tipifica la investigación como descriptiva y proyecto factible y de campo.

Es descriptiva por cuanto se plantean los hechos tal y como se dan en la realidad. Para Hernández, Fernández y Baptista (1998), “Estos estudios buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunicadores o cualquier otro fenómeno que sea sostenido a análisis”. (p.60), de allí que describen los hechos, para a partir de allí elaborar un diagnóstico para el proyecto factible.

Es proyecto factible por cuanto se diagnostica, se define y describen los hechos para planificar las acciones y poder sanear hidráulicamente. Para Hurtado de Borrera (1993), consiste en la elaboración de una propuesta de un modelo los cuales constituyen una solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social o de una institución o de un área particular del conocimiento, a partir de

un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos causales involucrados y las tendencias futuras.

De igual modo el estudio es de campo porque se recoge la información directamente donde se dan los hechos, en este caso en la “Avenida 81, tramo Av. Sesquicentenario – Av. Alameda Central, denominada Arterial 21, Municipio Valencia”. Para Fidias G. Arias (2006) el estudio de campo “Se realiza en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio”. Ello permite el conocimiento más a fondo del problema por parte del investigador y puede mejorar los datos con más seguridad.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

La investigación se considera no experimental. Es no experimental por cuanto en ningún momento se manipula la variable en estudio. Para Hernández, Fernández y Baptista (1998), el diseño no experimental “Es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente las variables, sino que se tratan los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos. (p.184).

### **3.3 Nivel de la Investigación**

Para Fidias G. Arias (2006) el nivel de investigación: “Se refiere al grado de profundidad con el que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p.23).

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. Por ello el nivel de investigación de este trabajo es descriptivo

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica empleada para la recolección de información para el estudio será por medio de la observación directa en el sitio, el uso de las diversas herramientas de almacenamiento de información, conexiones a redes de internet y referencias bibliográficas con el fin de encontrar documentos de asesoramiento, también mediante las instituciones como lo son la Secretaria de Infraestructura del Estado Carabobo,

Alcaldía de Valencia que pudo suministrar los planos de la zona en estudio y el Ministerio de Ambiente que suministro los datos de precipitaciones en dicha zona.

### **3.5 Fases Metodológicas**

La investigación planteada para diseñar el sistema de drenaje para la vialidad de la Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central (L= 4 Km), Municipio Valencia Edo. Carabobo, se establecerá por medio de cuatro fases.

#### **Fase I: Analizar la información técnica referente al diseño de drenaje.**

Durante esta fase se llevará a cabo la recopilación y análisis de la información requerida para la ejecución del proyecto. Para el cumplimiento de esta actividad, se hará uso de las siguientes estrategias:

- Recopilación de información de naturaleza técnica (relieve, hidrología, etc).
- Visitas al sitio donde será ejecutada la obra.
- Levantamiento topográfico. En un principio, se realizará el levantamiento topográfico a escala adecuada, de todos los elementos presentes a lo largo de una franja de dimensión a ser definida según los requerimientos del proyecto, a fin de determinar la mejor zona para la ubicación del trazado vial. Se conocerá al detalle las características y ubicación de las estructuras existentes, a saber: sistema de acueductos, colectores de aguas servidas, colectores de drenaje, tendido eléctrico aéreo y subterráneo, tuberías de gas, entre otros servicios, a fin de definir su posible afectación en el proceso constructivo de la nueva vialidad, y en consecuencia proponer soluciones a cada caso.
- Estudio de la hidrología de la zona. Mediante la consulta de los datos pluviométricos registrados y/o visitas a estaciones hidrometeorológicas más cercanas al posible sitio del trazado de la vía, se obtendrán los datos para el predimensionado de los sistemas de drenaje vial, y su descarga a los cauces naturales o colectores existentes.

#### **Fase II: Diseñar el sistema de drenaje para la vialidad de la Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario – Av. Alameda Central**

En segunda fase de la investigación se establecerán los sistemas de drenaje, tanto de la vía como de las zonas adyacentes. Se indicará en planos la ubicación, tipo y dimensiones de los mencionados sistemas a nivel de detalle, que permita tanto la ejecución de las obras como la estimación de sus cantidades; paralelamente, se realizarán planos de planta con la ubicación planimétrica y altimétrica definitiva de las estructuras de drenaje.

**Fase III: Elaborar los planos de planta y detalle necesarios para la ejecución del proyecto.**

Esta tercera fase se llevará a cabo tomando en cuenta los siguientes lineamientos: Estudio hidrológico de las cuencas que contribuirán a los cauces adyacentes a la vialidad, para obtener los gastos de diseño de las estructuras de drenaje. A fin de captar el gasto mencionado anteriormente, generado por cada cuenca, se definirá la ubicación, tipo y dimensiones de las estructuras de drenaje necesarias, y las cantidades de obra relacionadas. Se elaborará los planos de planta y detalle necesarios, para indicar la ubicación de las estructuras de drenaje, así como sus dimensiones, ya diseñados preliminarmente.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

A continuación se presentan todos los datos correspondientes a los resultados obtenidos en campo y en el ámbito investigativo, para sustentar la factibilidad de la propuesta presentada en la investigación, se expone el análisis detallado de los resultados.

#### **4.1 Recopilación de la información técnica referente al diseño de drenaje.**

Los sistemas de drenaje para la captación de aguas, son el conjunto de elementos que se diseñan, según características que dependen de la localidad, para la recolección de aguas precipitadas.

Se puede conocer un sector, zona o localidad por sus características físicas como el clima, la hidrología y topografía, esta descripción de la zona en estudio es la que se necesita para realizar un apropiado dimensionado de los elementos que se encuentran dentro del sistema de captación de aguas pluviales y que su rutina sea la ideal, es decir, que no cause molestias; la precipitación junto a las condiciones del terreno son las variables más relevantes a considerar.

La Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central, Municipio Valencia Edo. Carabobo, tiene una longitud de 4 km, con una latitud y longitud respectivamente inicial de: 10° 09' 34.5878" N; 67° 58' 48.2594" W y al finalizar: 10° 07' 52.6188" N; 67° 57' 31.3008" W. Su cota al inicio de la avenida es de 453.523 m. siendo este el punto más alto.

##### **4.1.1 Características de la vialidad**

Realizando un diagnostico de la situación actual de La Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central, Municipio Valencia Edo. Carabobo, a través de la observación directa se pudo notar que la avenida se encuentra en condiciones precarias que se limitan a ser vías de tierra, con dos canales en diferentes sentidos, sin redes eléctricas ni sistemas de drenaje para la captación de aguas

pluviales siendo este, nuestro principal objetivo donde se propone diseñar un sistema de drenaje para la vialidad en estudio, con la finalidad de solucionar los futuros problemas antes mencionados.

#### 4.1.2 Análisis hidrológico

Para el caso en estudio de La Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central, Municipio Valencia Edo. Carabobo, se consideraron las curvas IDF, de la región VII centro para elevaciones menores de 500 msnm a través de la duración, frecuencia e intensidad que nos permitieron realizar el cálculo posterior de las curvas IDF. (Ver Figura 10)

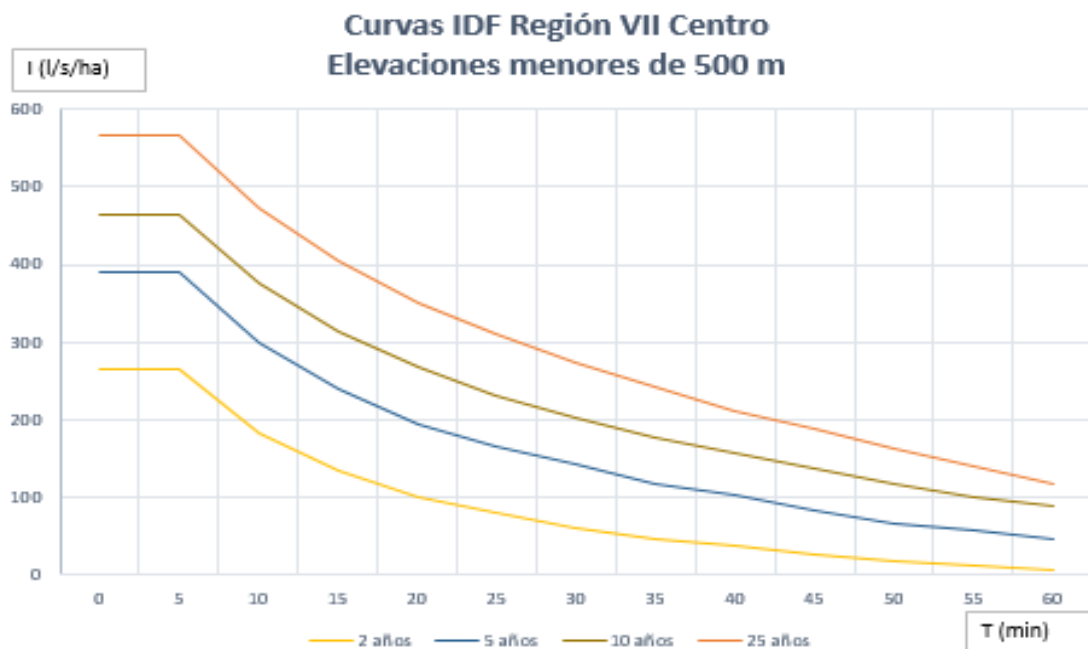


Gráfico 1. Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)

Fuente: Libro Drenaje Vial para ingenieros viales por Manuel Bengaray.

### 4.1.3 Coeficiente de escorrentía

Para la zona urbana en estudio se establecieron los siguientes valores del coeficiente de escorrentía (C). Jardines y Zonas verdes 0,30, pavimentos y asfaltos 0,95. (Ver Tabla 5)

VALORES DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C PARA ZONAS URBANAS			
TIPO DE TERRENO	C	TIPO DE TERRENO	C
Tejados y azoteas	0,85 a 0,95	Caminos de grava	0,30
Patios	0,85	Jardines y zonas verdes	0,30
Pavimentos	0,95	Praderas	0,20

Tabla 1: Tabla IV-1 Valores de coeficiente de escorrentía C para zonas urbanas


Fuente. Libro Drenaje Vial para ingenieros viales por Manuel Bengaray.

### 4.1.4 Vista satelital del Terreno en estudio.



Figura 15: Vista satelital del terreno en estudio

Fuente: Google Earth

 : Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central, Municipio Valencia Edo. Carabobo (Ver Figura 15)

#### 4.1.5 Vista de las secciones transversales de la vía

Se procedió a diseñar las secciones transversales de la vía tomando en cuenta que; La Avenida 81 será una conexión entre La Avenida Sesquicentenario ya existente y la futura autopista del sur que se encuentra en proyecto, ambas vías están dispuestas a dos canales y un hombrillo para cada sentido por lo que para continuar la homogeneidad se decidió diseñar dos canales para ambos sentidos con cuatro secciones de vía distintas, para cada tramos de la vía. (Ver Figuras 12, 13, 14, 15)

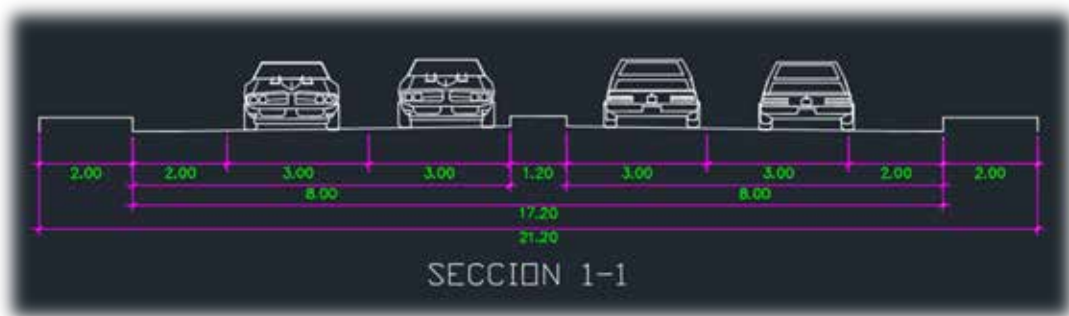


Figura 16: Vista de la sección transversal de la vía 1-1

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, República de Colombia.

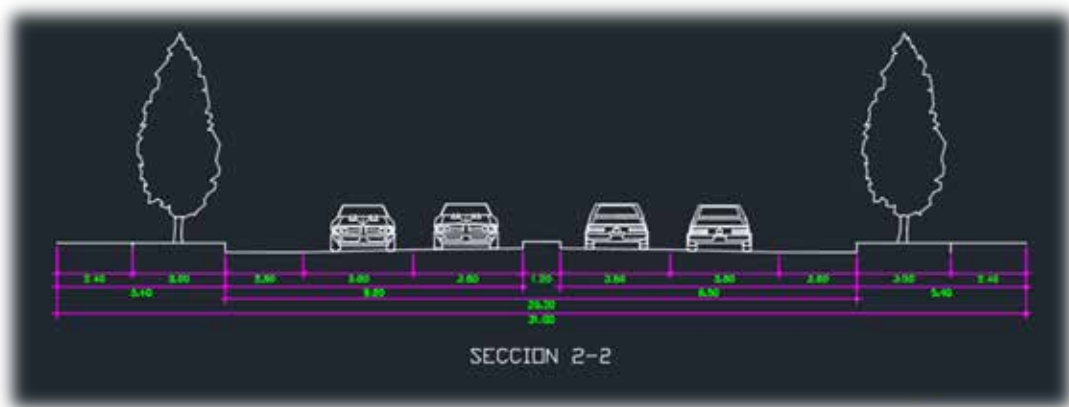


Figura 17: Vista de la sección transversal de la vía 2-2

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, República de Colombia.



Figura 18: Vista de la sección transversal de la vía 3-3

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, República de Colombia.



Figura 19: Vista de la sección transversal de la vía 4-4

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, República de Colombia.

#### 4.1.6 Selección del periodo de retorno

Para el análisis del periodo de retorno se estableció un valor determinado de 25 años, ya que las intensidades son mayores para la red de drenaje que se propone diseñar, esta información fue obtenida del libro de drenaje vial para ingenieros viales por Manuel Bengaray.

#### 4.1.7 Calculo del sentido del flujo

Se procedió a delimitar el perfil longitudinal realizando el análisis de las cotas del terreno, la rasante y estimación de alturas de cortes y rellenos que servirán para garantizar la correcta fluidez del agua en la vialidad. (Ver Tabla 6).

TRAMOS	COTAS		LONGITUD HORIZONTAL	PENDIENTE	PROGRESIVAS		LONGITUD DEL TRAMO
	P1	P2			P1	P2	
1	453,52	451,3	229,95	-0,010	0+000	0+230	231,02
2	451,30	451,15	15,05	-0,010	0+230	0+245	15,07
3	451,15	451,09	15,009	-0,004	0+245	0+260	15,015
4	451,09	446,86	925,51	-0,005	0+260	1+185,46	926,411
5	446,89	446,82	15,379	-0,005	1+185,46	1+200,75	15,328
6	446,82	446,78	16,134	-0,002	1+200,75	1+216,08	15,317
7	446,78	442,27	1822,082	-0,002	1+216,08	3+038,17	1822,642
8	442,27	442,22	18,153	-0,003	3+038,17	3+056,28	18,125
9	442,22	442,32	18,103	0,006	3+056,28	3+074,41	18,145
10	442,32	444,565	425,595	0,005	3+074,41	3+501,64	427,822

Tabla 2: Calculo de pendientes por tramo

Fuente: Dacal Jorge y Veliz Edmundo

#### 4.2 Diseño del sistema de drenaje para la vialidad de la Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario – Av. Alameda Central.

##### 4.2.1 Dirección del sentido del drenaje

Una vez delimitado el perfil longitudinal en los diferentes cambios de pendiente se procedió a englobar estos 10 tramos en 4 tramos que indican la dirección del sentido de drenaje a donde escurrirá el flujo del agua (Ver tabla 7. y Figuras 16, 17, 18, 19)

TRAMO	LONGITUD DEL TRAMO	PROGRESIVAS		PENDIENTE MEDIA			
		P1	P2				
1	261,105	0+000	0+260	0,009	25	258,5851	2700,7142
2	957,056	0+260	1+216,08	0,005	25	371,2281	14211,4437
3	1840,767	1+216,08	3+056,28	0,002	25	502,2208	36978,8570
4	445,967	3+056,28	3+501,64	0,005	25	343,8852	6134,4580

Tabla 3: Calculo de pendiente media por tramos

Fuente: Dacal Jorge y Veliz Edmundo

Donde:

Recorrido superficial del agua (m) > 25m (referencia del libro de obras de drenaje Volumen I por el ingeniero francisco Camacho)

$$\text{Pendiente media (S): } \frac{L1 \cdot S1 + L2 \cdot S2 + \dots + Ln \cdot Sn}{L \text{ Total}}$$

$\bar{S}$ : Raiz cuadrada de la pendiente media

L: longitud total de cada tramo (m)

### Tramo 1:

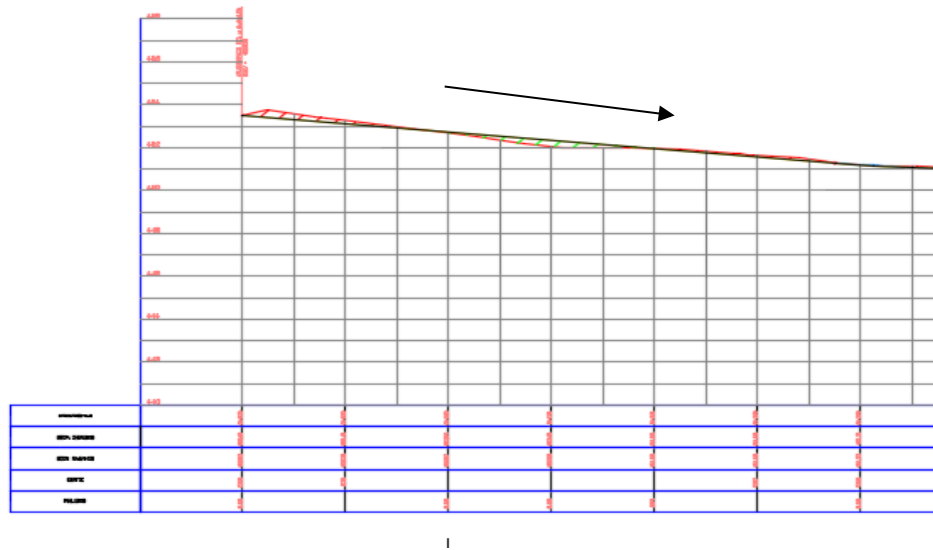


Figura 20. Perfil longitudinal tramo 1

Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

**Tramo 2:**

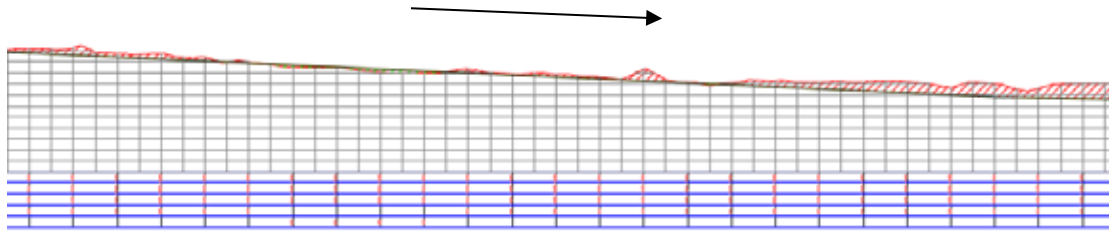


Figura 21. Perfil longitudinal tramo 2  
Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

**Tramo 3:**

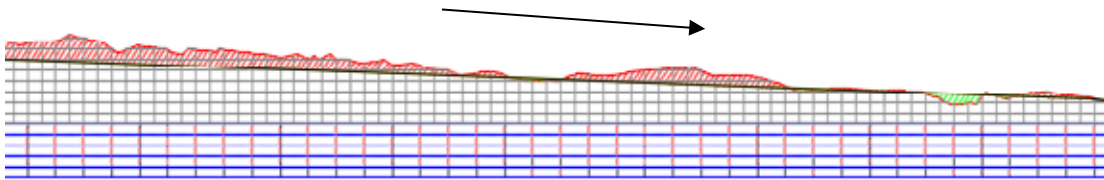


Figura 22. Perfil longitudinal tramo 3  
Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

**Tramo 4:**

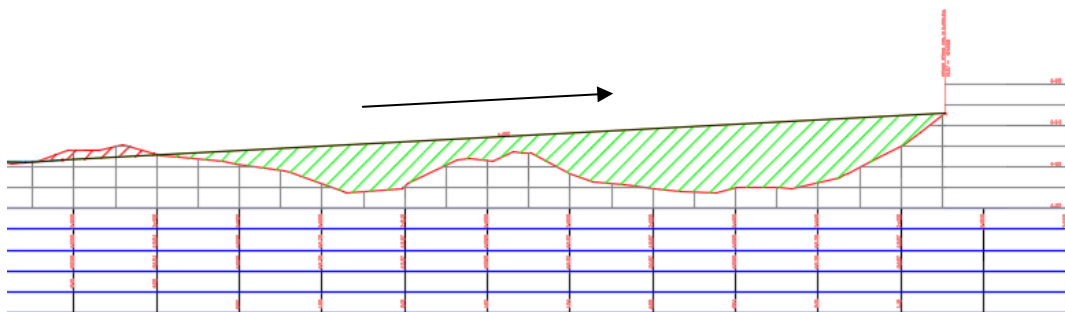


Figura 23. Perfil longitudinal tramo 4  
Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

#### 4.2.2 Tiempo de concentración

Una vez delimitado el perfil longitudinal en cada cambio de pendiente se procedió a calcular el tiempo de concentración a lo largo de los diferentes segmentos del flujo de agua, teniendo dos componentes básicos, el tiempo de concentración superficial (Tcs), es aquel que tarda una gota de lluvia desde que cae al suelo hasta que se concentra en pequeños canalículos y el tiempo de viaje (Tv), una vez que el agua se encuentra en los canalículos empieza su viaje a través de ellos pudiéndose calcular o aproximar la velocidad a lo largo de los diferentes segmentos. (Ver tabla 8)

TRAMOS	TIEMPO CONCENTRACION SUPERFICIAL (Tcs)	TIEMPO DE VIAJE (Tv)	TIEMPO CONCENTRACION (Tc)
1	0,6465	8,5560	9,2025
2	0,9281	30,7302	31,6583
3	1,2556	64,1740	65,4295
4	0,8597	16,0925	16,9522

Tabla 4. Tiempo de concentración

Fuente. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

Donde:

$$\text{Tiempo de concentración superficial (Tcs): } \frac{\Delta L}{M \bar{S}} = \text{min}$$

$\bar{S}$ : Raíz cuadrada de la pendiente media

M: Cobertura superficial, para este caso se tomo M = 400 por pavimentos ubicado en el libro de Diseño de Obras de Drenaje Volumen I por el Ingeniero Francisco Camacho.

$$\text{Tiempo de viaje (Tv): } 0.0195 \left(\frac{L}{\bar{S}}\right)^{0.77} = \text{min}$$

L: Recorrido encausado (m)

$$\text{Tc: Tcv +Tv = min}$$

### 4.2.3 Gastos de diseño de la estructura de drenaje

Una vez obtenido el estudio hidrológico de las cuencas que contribuirán a los cauces adyacentes a la vialidad, para obtener los gastos de diseño de las estructuras de drenaje se procedió a calcular el aporte unitario  $q$  empleando la fórmula racional con la intensidad  $I$  de la zona usando la tabla para la elaboración de las curvas  $IDF$ , utilizando la región VII con un periodo de retorno de 25 años (ver tabla 5), el coeficiente de escorrentía  $C$  como el promedio ponderado de los coeficientes de las diferentes características físicas y un área correspondiente a un metro por longitud de la vía respetando las pendientes y diferentes secciones de la vía. (Ver Anexo I, Tabla 6) (Ver figura 25)

El método empleado en el cálculo del gasto de diseño es expresado como:

$$q = \frac{C^1 A^1 + C A}{A^1 + A} I \quad (B = 1.00)$$

Donde:

$q$ : Gasto unitario l/s

$C$ : Coeficiente de escorrentía

$I$ : Intensidad de la lluvia (l/s/ha)

$A$ : Área (ha)

$B$ : Ancho total de la hoya afluente

Área de ancho: 1.00 m que produce el gasto unitario

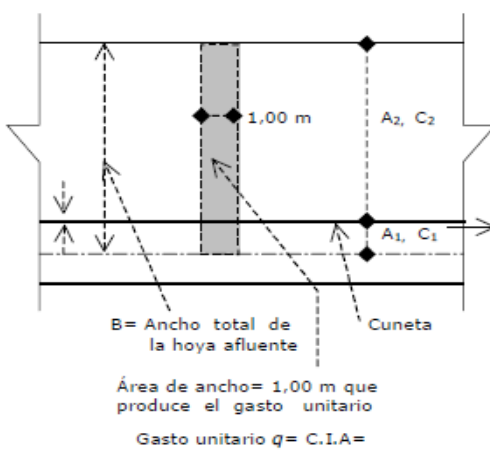


Figura 24. Calculo del gasto unitario  $q$

Fuente. Libro Drenaje vial para ingenieros viales – Manuel Bengaray

2 años		5 años		10 años		25 años	
REGIÓN VII: CENTRO/ ELEVACIONES		REGIÓN VII: CENTRO/ ELEVACIONES		REGIÓN VII: CENTRO/ ELEVACIONES MENORES		REGIÓN VII: CENTRO/ ELEVACIONES	
Duración (minutos)	Intensidad (l, s, ha)	Duración (minutos)	Intensidad (l, s, ha)	Duración (minutos)	Intensidad (l, s, ha)	Duración (minutos)	Intensidad (l, s, ha)
0	265	0	390	0	465	0	567
5	265	5	390	5	465	5	567
10	184	10	300	10	377	10	472
15	135	15	240	15	313	15	404
20	102	20	194	20	267	20	350
25	81	25	167	25	232	25	310
30	61	30	143	30	203	30	274
35	47	35	119	35	178	35	243
40	37	40	103	40	158	40	211
45	27	45	83	45	138	45	190
50	19	50	68	50	119	50	163
55	12	55	57	55	101	55	141
60	8	60	46	60	90	60	119

Tabla 5. Tabla para la elaboración de las curvas IDF

Fuente: Libro de Drenaje Vial para ingenieros viales - Manuel Bengaray

#### 4.2.4 Cálculo de la Capacidad Vial

Las cunetas son canales de pequeña capacidad, generalmente dispuestos en los bordes de las carreteras, en las zonas urbanas o donde existan aceras con brocales se utiliza el llamado Brocal – Cuneta. Esta cuneta está formada por la pared vertical del brocal, su fondo lo construye el pavimento de la calzada y su ancho  $T$  es el ancho de inundación permisible de la vía. (Ver Anexo I, Tabla 7)

Para el cálculo de la capacidad Brocal - Cuneta se aplico la ecuación de Izzard expresada como:

$$Q = 0,00175 \cdot \frac{Z}{n} \cdot S^{1/2} \cdot Y^{8/3}$$

Donde:

58

$Q$  = Capacidad l/S

$Z = 1/S_x$

$S_x$  = pendiente transversal = 0,02

$n$  = Coeficiente rugosidad de Manning = Brocales con poca pendiente, donde pueda acumularse sedimentos 0,016 (Libro de Diseño de Obras de Drenaje Volumen I por el Ingeniero Francisco Camacho, Tabla de valores del Coeficiente de Manning)

$S$  = pendiente longitudinal

$Y$  = Profundidad máxima =  $T \cdot S_x$  (cm)

$T$  = Ancho de inundación de la calzada (m). = 1,5m + 0,6m = (Ver tabla 26).


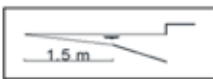
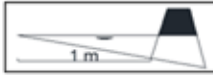
CARACTERÍSTICAS DEL DRENAJE	LÍMITE DE LA ZONA INUNDADA		FRECUENCIA DE LA LLUVIA DE DISEÑO		
			AUTOPISTAS	CARRETERAS	
				TIPO A y B	TIPO C y D
Brocales, Cunetas		Un metro y medio del ancho de la calzada	15	10	10
Sumideros ubicados en puntos bajos y depresiones		Un metro y medio del ancho de la calzada	50	25	15
Ventanas en la isla central		Un metro del ancho de la calzada	15	10	—

Tabla 26. Límites de inundación permisible en vías de zonas urbanas  
Fuente: Libro de Diseño de Obras de Drenaje Volumen I por Ing. Francisco Camacho.

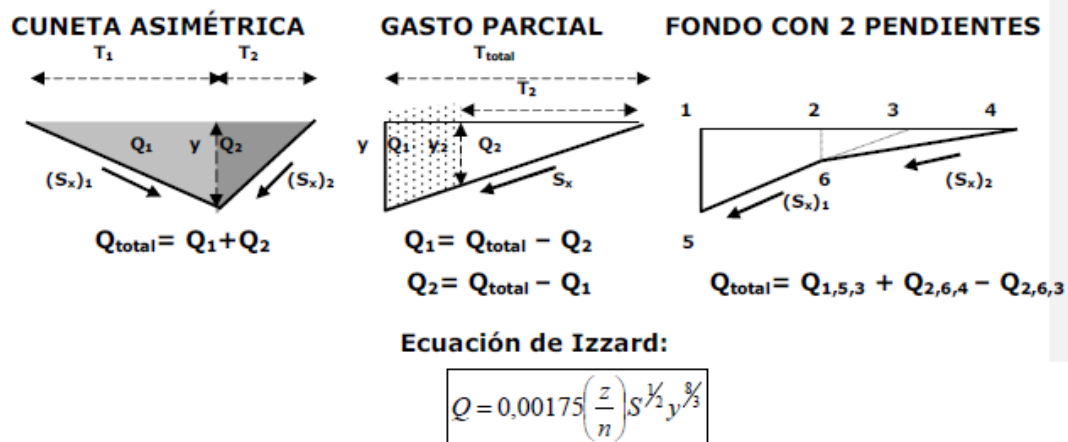


Figura 26. Cálculo de las capacidades en diferentes tipos de cuneta por descomposición de la sección en triángulos y la ecuación de Izzard a los mismos  
Fuente. Libro de Drenaje Vial para ingenieros viales - Manuel Bengaray

#### 4.2.5 Cálculo de separación y ubicación de los sumideros

Una vez calculado el gasto unitario  $q$  y la capacidad  $Q$  del brocal - cuneta para las condiciones de la vía, caminado en el sentido descendiente de la vía a partir de su punto más elevado, la cuneta no recibe ningún aporte, entonces por cada metro que se

desciende llega a la cuneta un gasto unitario  $q$  el cual hace aumentar paulatinamente el gasto en la cuneta y por consiguiente el ancho de inundación, llegando a una distancia  $L$  en el que el gasto afluente total  $Q$  a la cuneta será igual a su capacidad  $Ca$ , y en este lugar el ancho de la inundación será el permisible  $T$ ; ese es el punto que se desea identificar para colocar un sumidero y evitar un ancho permisible sobrepasado, así pues.

$$Q = Ca = q \cdot L .$$

Entonces la distancia para colocar el primer sumidero para evitar que sobrepase el ancho permisible  $T$  será:

$$L = \frac{Ca}{q}$$

Siguiendo hacia abajo el siguiente sumidero se colocara a una distancia  $L'$  donde el gasto afluente  $Q$  volverá a ser igual a la capacidad de la cuneta  $Ca$ , y así sucesivamente.

Teniendo en cuenta que a lo largo de la vía las pendientes varían al igual que el coeficiente de escorrentía. Por lo que las longitudes entre sumidero y sumidero varían, sin embargo se repartieron los sumideros calculados, dividiendo la distancia total de la vía de igual pendiente y coeficiente de escorrentía entre el numero de ellos, resultando así separados por distancias iguales. (Anexo I, Tabla 8, 9, 10, 11)

#### **4.2.6 Calculo de la capacidad de los sumideros**

Las aguas superficiales que se depositan sobre el pavimento dificultan el transito tanto de vehículos como de peatones y su acción prolongada provoca daños en el pavimento, en las zonas urbanas, las aguas generalmente son captadas por las cunetas formadas por el pavimento inclinado y la cara vertical del Brocal – Cuneta de las aceras, estas las conducen hasta los sumideros que, a su vez, las disponen en la red de tubería o excepcionalmente, en cursos naturales de agua. (Ver figura 27). En nuestro caso se consideraron sumideros de ventana que se disponen debajo de la acera, dando acceso a las aguas a través de un orificio rectangular practicado en la pared vertical del brocal, llamado ventana. (Ver figura 28)

Para encontrar la capacidad del sumidero usamos el grafico de relación de intercepción en sumideros de ventana con ancho  $B=0,90$  m. y longitud de ventana  $3,0$ m. (Ver grafico 2). Entrando con el ancho de inundación permisible  $T$ . se trazo una línea vertical hasta cortar la recta correspondiente a la pendiente  $S_o$  del proyecto; y desde este punto se trazo otra línea horizontal hasta cortar la curva de la pendiente transversal  $S_x$ , desde allí mediante una línea vertical obtuvimos la relación de intercepción  $Q_i/Q$ . mullicando esta intersección por el gasto  $Q$  de nuestro brocal – cuneta, se obtendrá el gasto  $Q_i$  que entra al sumidero. (Ver grafico 2). (Anexo I, Tabla 12)

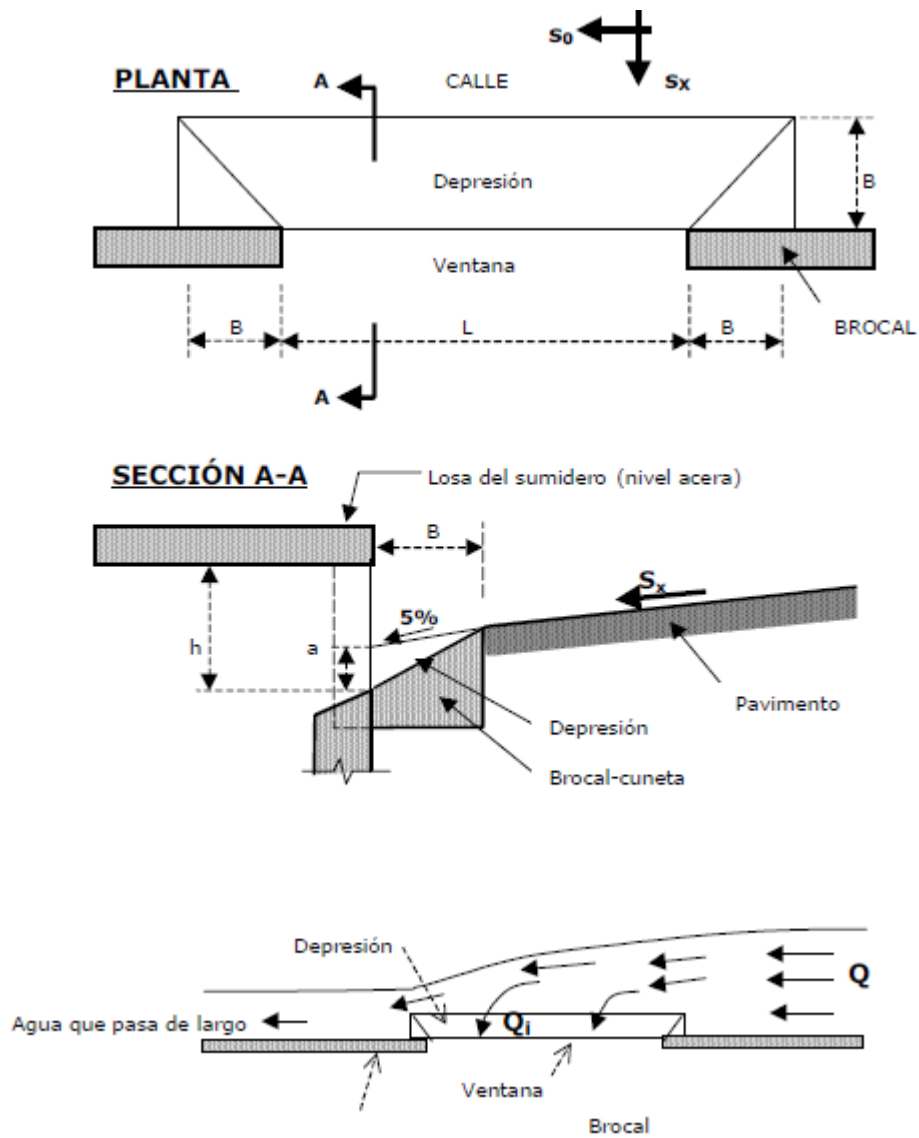


Figura 27. Esquema de la captación en un sumidero de ventana  
 Fuente. Libro de Drenaje Vial para ingenieros viales - Manuel Bengaray

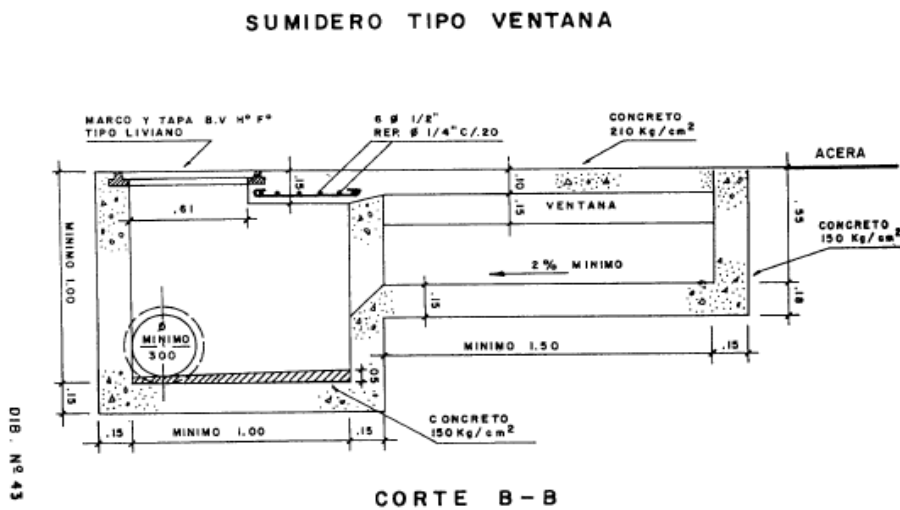
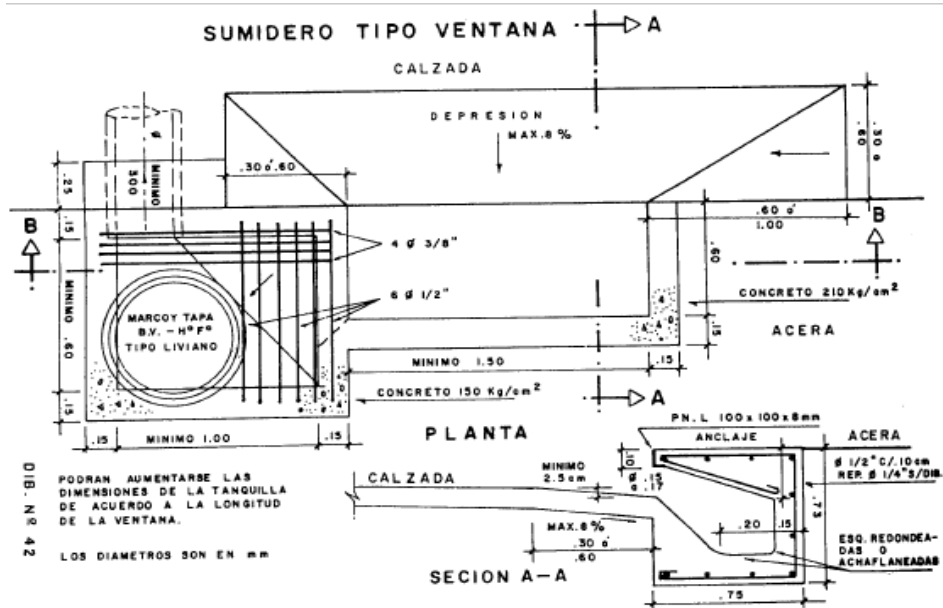


Figura 28. Sumidero tipo ventana

Fuente. INOS norma e instructivo para el proyecto de alcantarillado. 1986

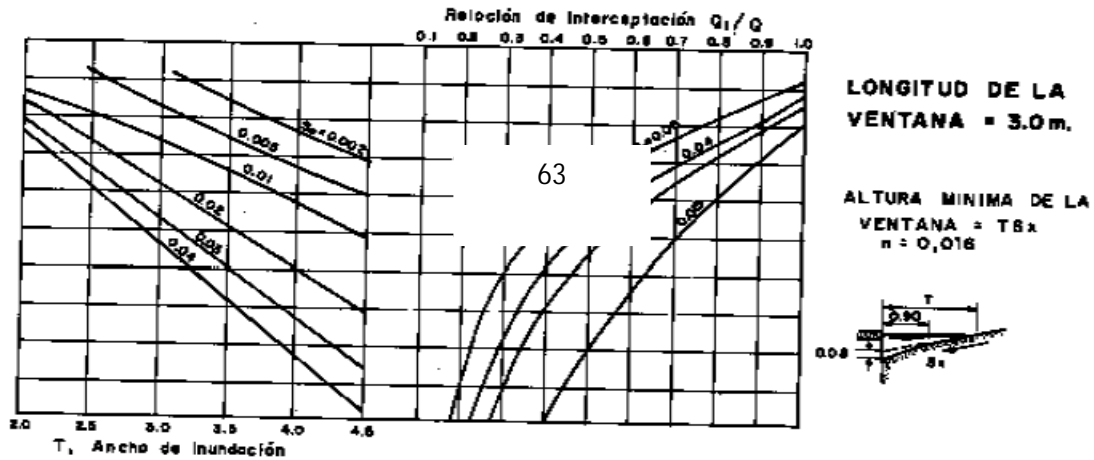


Gráfico 2. Relación de intercepción en sumideros de ventana con ancho  $B=0,90$  m. y longitud de ventana 3,0m

Fuente. Libro de Drenaje Vial para ingenieros viales - Manuel Bengaray

#### 4.2.7 Calculo de colectores

Partiendo del caudal interceptado por sumideros se procede a dirigir este caudal por colectores que partirán desde la cámara de los sumideros ubicados en ambos lados de la vialidad a un colector principal formando entre estos un ángulo de 45 grados para evitar turbulencia y garantizar un mejor flujo continuo.

Teniendo en cuenta que el gasto del colector elegido debe ser mayor al gasto real para evitar que el sistema se sature provocando mal funcionamiento del mismo.

Se mostrarán los diámetros y capacidades de los colectores elegidos partiendo del gasto real de sumidero y la pendiente presente en el proyecto. (Anexo 1, Tablas 13, 14, 15, 16, 17)

Los datos de la capacidad de los colectores fueron extraídos de anexo II Tablas para la revisión de colectores del libro diseño de obras de drenaje volumen I, autor Ing. Francisco Camacho R. (Ver anexo II, Tablas 18, 19, 20)

#### 4.2.8 Colocación de Bocas de Visita

Las bocas de visita permiten la limpieza. Basándonos en las Normas INOS de 1975 existen bocas de visita de acuerdo a las profundidades y diámetros que concurren en ellas (Ver Tabla 21.). Se ubicaron bocas de visitas en las intersecciones existentes entre el colector principal y la descarga de los sumideros

Tipo	INOS 1975	Profundidad mínima de Rasante	Profundidad máxima de Rasante	Ø mínimo de Colector	Ø máximo de Colector	Notas
1	II		1,15		0,45	
2	III		1,15	0,53		
3	Ia	1,15	5		1,22	
4	Ib	5			1,52	
3b		1,15	5	1,22		Base ensanchada
4b		5		1,22		Base ensanchada
3c	Ic	1,15	5			Con caída
4c	Id	5				Con caída

Tabla 21. Bocas de visita tipo INOS

Fuente: Libro de Diseño de Obras de Drenaje Volumen I por Ing. Francisco Camacho.

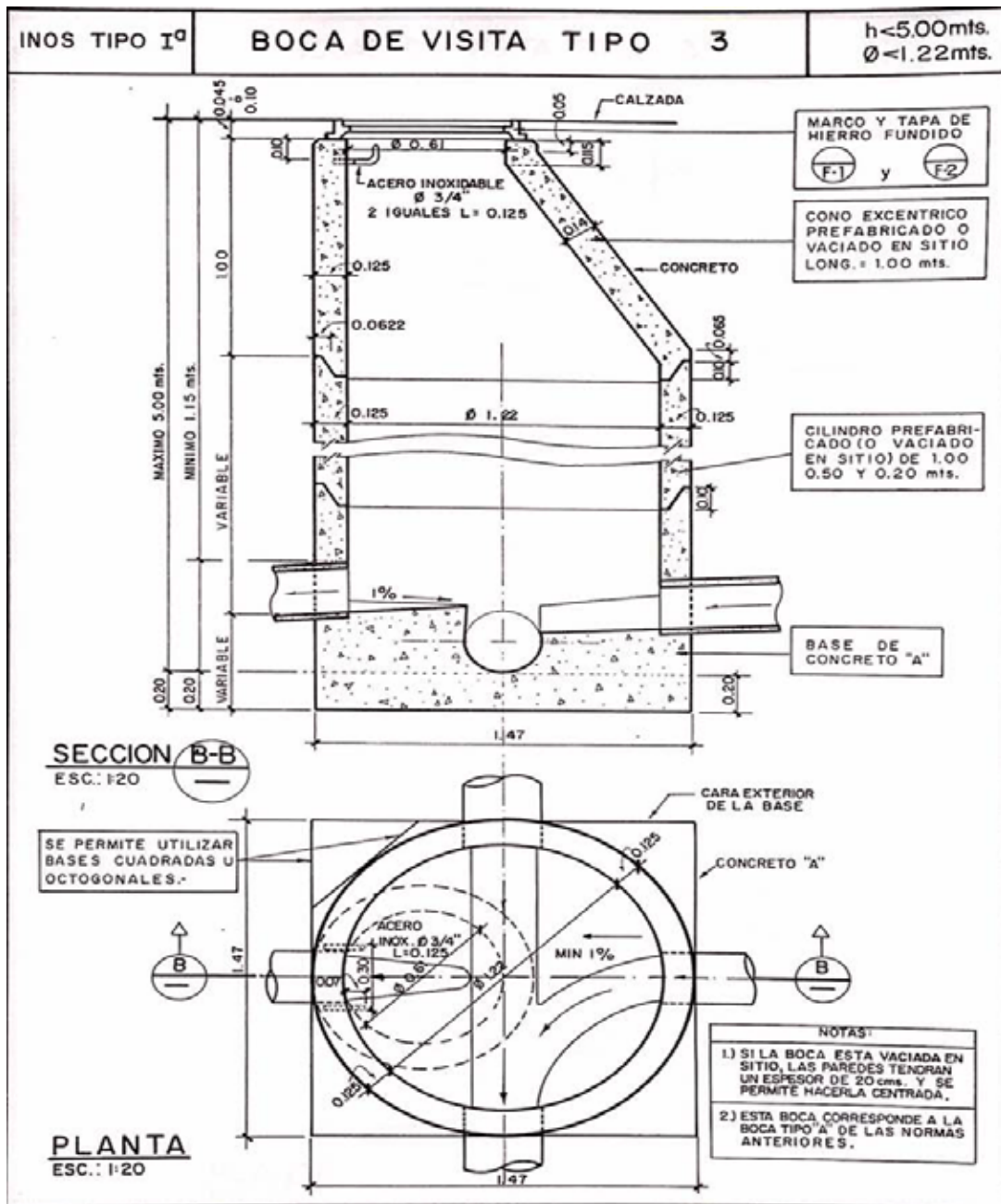


Figura 29. Boca de Visita Tipo INOS 3 Ia  
Fuente: Libro de Detalles Típicos de Obras Civiles por Harry Osers

### 4.3 Elaboración de los planos y detalle necesarios para la ejecución del proyecto.

#### 4.3.1 Separación y ubicación de los sumideros

##### Tramo 1

Ø C- C: 15''

Distancia entre sumideros: 109 m y 42m

Cantidad de sumideros: 3 en cada lado de la vía

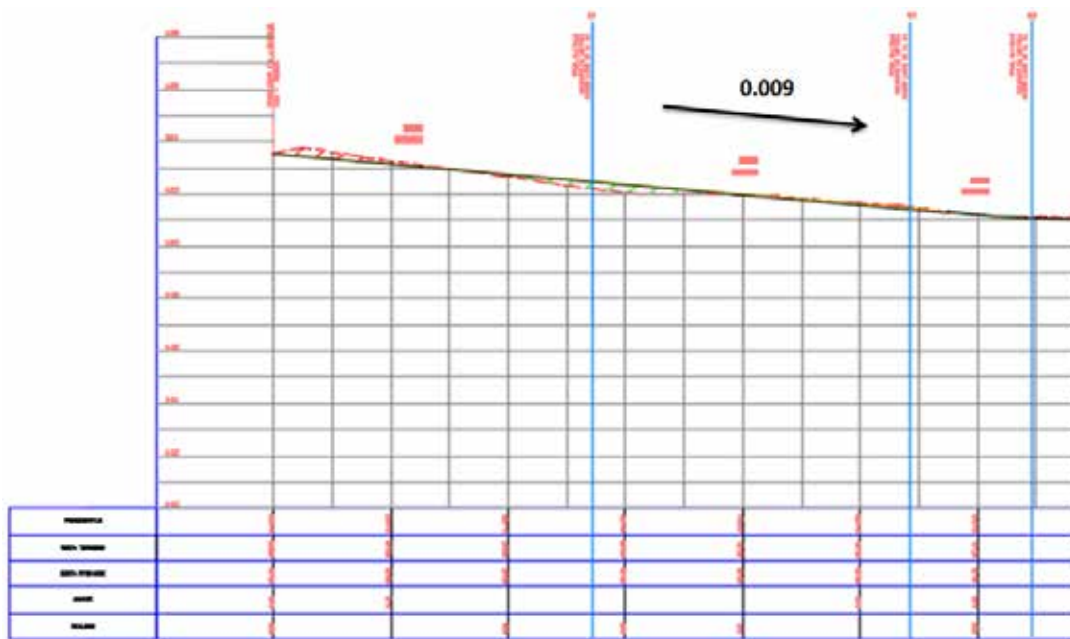


Figura 30 . Perfil longitudinal, separación y ubicación de los sumideros

Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

##### Tramo 2

Ø C- C: 15'' y 18''

Distancia entre sumideros: 82m; 64m; 71m

Cantidad de sumideros: 13 en cada lado de la vía

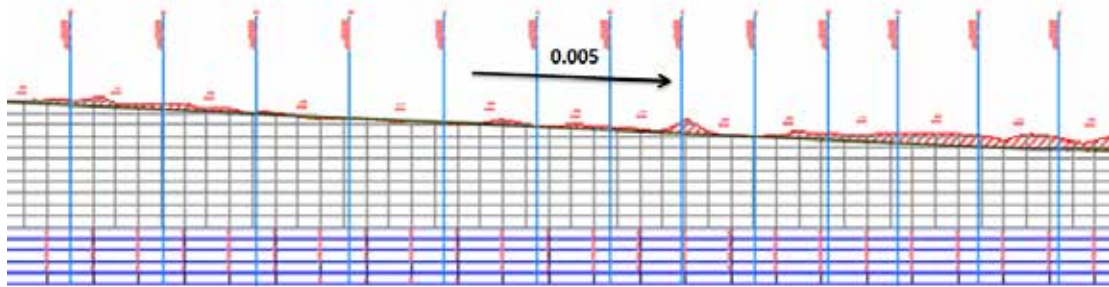


Figura 31 . Perfil longitudinal, separación y ubicación de los sumideros  
 Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

**Tramo 3**

Ø C- C: 15''

Distancia entre sumideros: 45m; 41m;

Cantidad de sumideros: 44 en cada lado de la vía

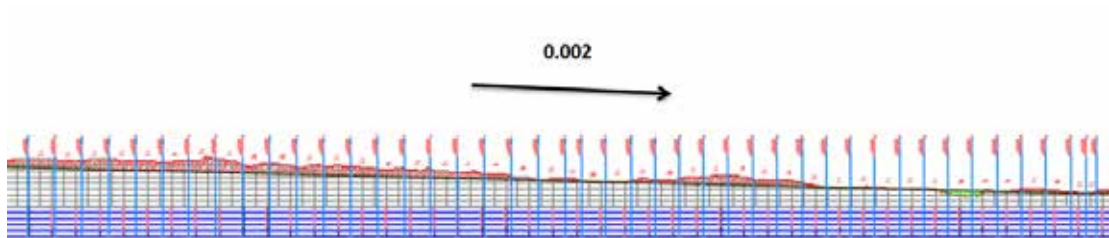


Figura 32 . Perfil longitudinal, separación y ubicación de los sumideros  
 Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

#### Tramo 4

Ø C- C: 15"

Distancia entre sumideros: 62m; 80m; 71m; 64m

Cantidad de sumideros: 8 en cada lado de la vía

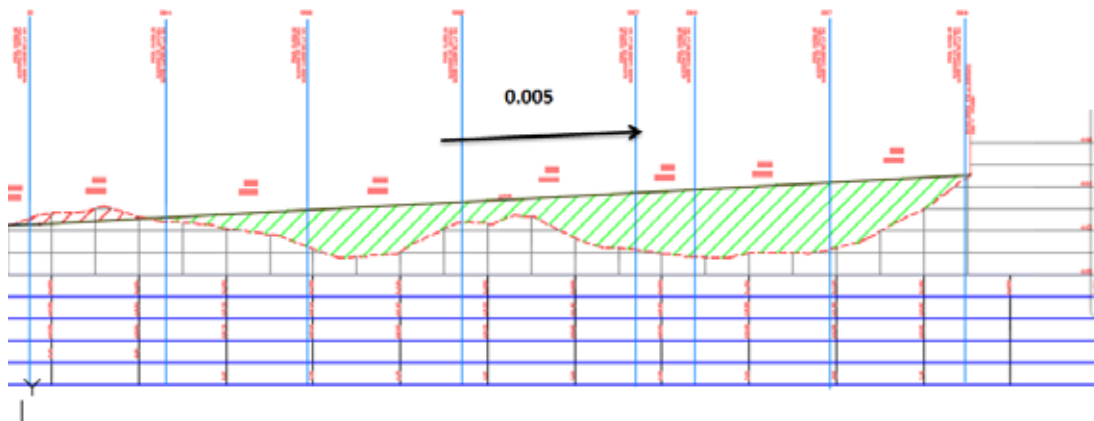


Figura 33. Perfil longitudinal, separación y ubicación de los sumideros

Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

#### 4. 3.2 Sección transversal de cabezal de entrada

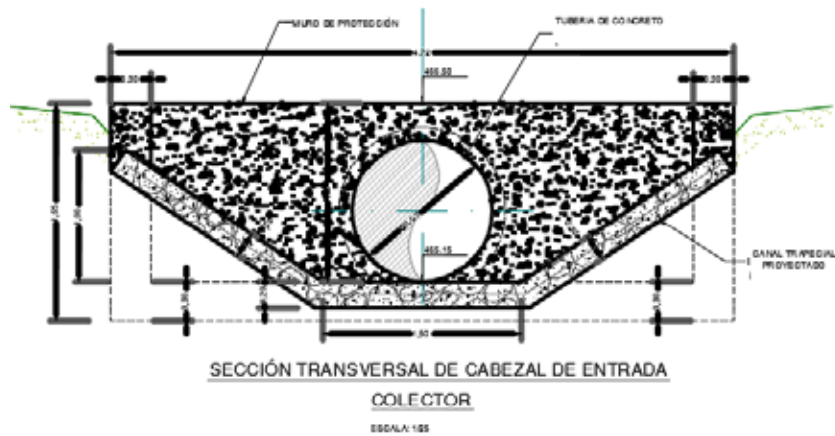
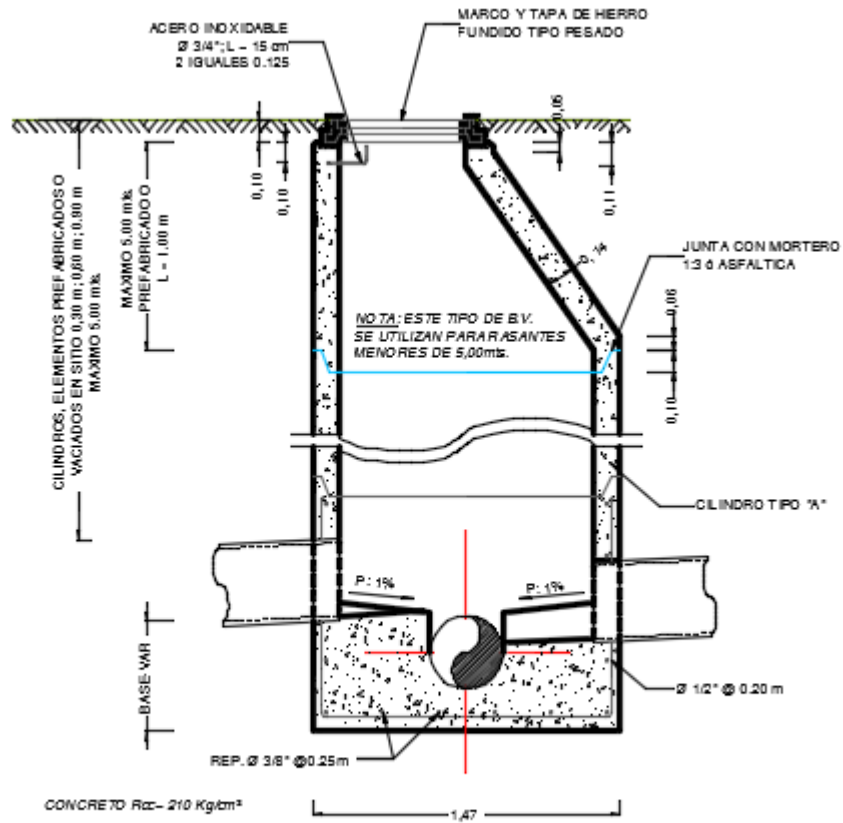


Figura 34. Sección transversal la calzada  
 Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

### 4.3.3 Bocas de Visita



DETALLE DE BOCA DE VISITA TIPO Ia. -  
 ESCALA: 1/25

Figura 35. Boca de visita  
 Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

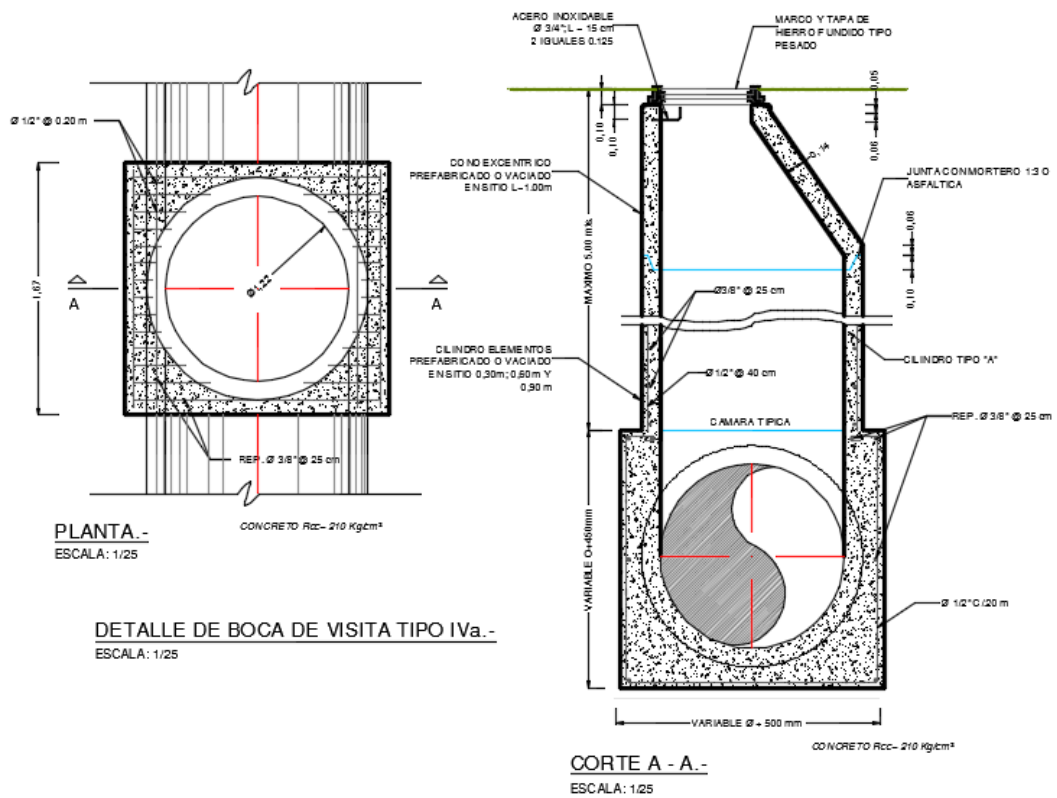


Figura 36. Boca de visita

Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz



Figura 37. Plano de planta Tramo 1 Av. Sesquicentenario – Av. Alameda Central, del Municipio Valencia.  
Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

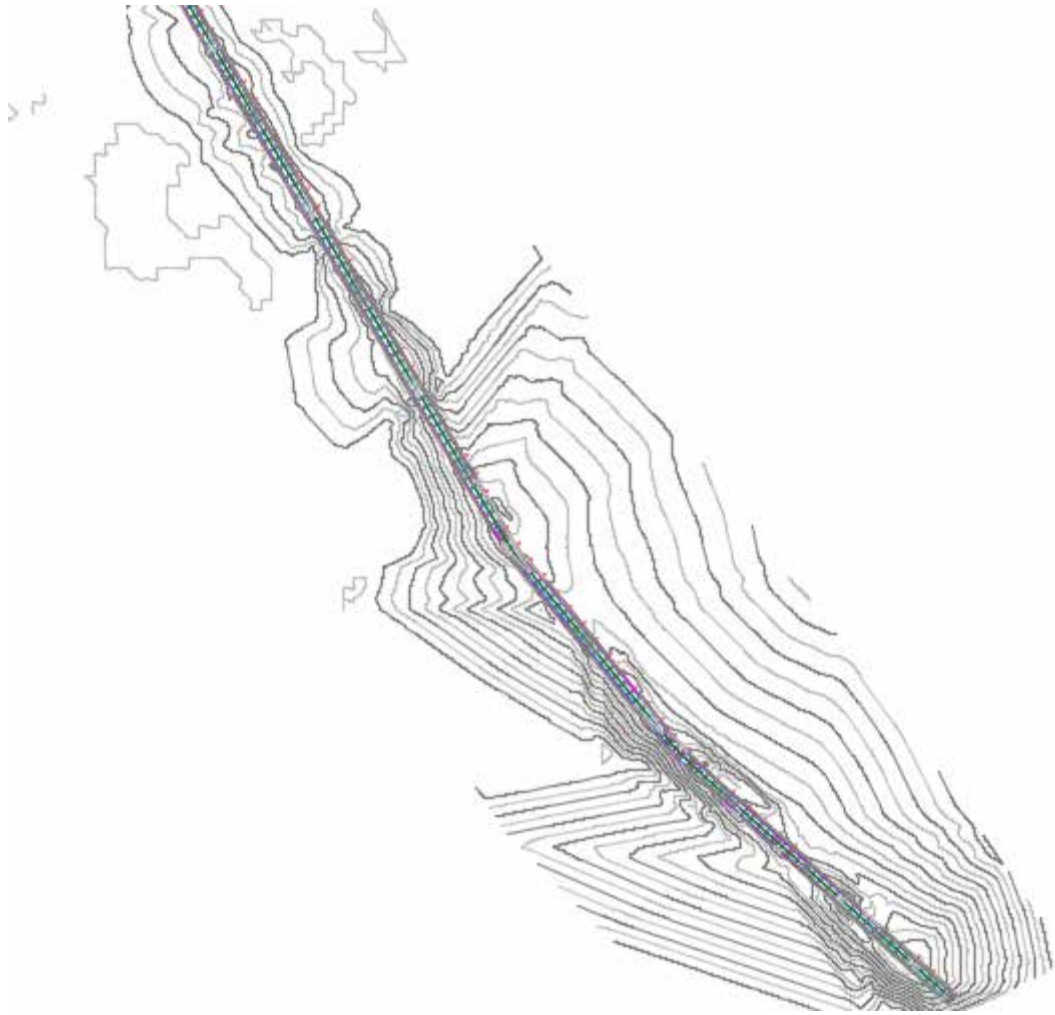


Figura 38. Plano de planta Tramo 2 Av. Sesquicentenario – Av. Alameda Central, del Municipio Valencia.

Fuente. Autocad. Dacal Jorge y Edmundo Veliz

## CONCLUSIONES

Se dice que el peor enemigo de las carreteras es el agua, en efecto tanto las aguas superficiales como las subterráneas causan grandes daños a las estructuras y dificultan el tránsito tanto de vehículos como de peatones. Es por esto que al diseñar una vía de comunicación se debe diseñar también el sistema de drenajes para la misma que concentre, capte y disponga rápidamente los cursos de agua naturales mediante cunetas, canales o redes de tuberías. Por esta razón en La Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central, Municipio Valencia Edo. Carabobo se realizó lo siguiente:

De acuerdo principalmente con la topografía del terreno, el análisis hidrológico de las cuencas que contribuyen a los causes adyacentes a la vialidad y todos los criterios descritos anteriormente se procedió a conocer el sentido del flujo para así diseñar un sistema de drenaje óptimo que canalice las aguas de lluvia.

Se procedió con la formula racional, conocer el gasto  $q$ ; con la intensidad  $I$ , el coeficiente de escorrentía  $C$  y un área correspondiente a un metro por longitud de la vía respetando las pendientes y diferentes secciones de la misma y de esta manera conocer la capacidad  $Q$ , vial para el cálculo del brocal – cuneta.

Una vez calculado el gasto  $q$  y la capacidad  $Q$  del brocal – cuneta para las condiciones de la vía se calculo la separación y capacidad de los sumideros de ventana obteniendo 61 sumideros por cada lado de la vialidad, además se ubicaron bocas de visitas en las intersecciones existentes entre el colector principal y la descarga de los sumideros.

Partiendo del caudal interceptado por sumideros se procedió a dirigir ese caudal por colectores que parten desde la cámara de los sumideros ubicados en ambos lados de la vialidad a un colector principal. A través de las tablas anexadas dando así el diámetro, velocidad y la capacidad que tiene el colector de recibir el gasto de los sumideros.

Una vez elaborados todos los cálculos para el sistema se presentaron los planos y detalles de la zona en estudio.

Terminado el proyecto se concluyó que la situación actual que se presenta en la La Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central, Municipio Valencia Edo. Se encuentra en condiciones precarias siendo este el motivo principal para la creación de una vialidad que cumpla con un sistema de drenaje óptimo que garantice el bienestar, la seguridad y la comodidad de la misma. Por esta razón, la presente investigación tuvo como objetivo proponer el diseño de un sistema de drenaje vial, para evitar cualquier problema a los usuarios. Planteándose una solución a estos posibles inconvenientes mediante la adecuada canalización y redistribución de las aguas a los respectivos cauces naturales.

## RECOMENDACIONES

- La construcción y conservación de la infraestructura de transporte por carretera comprende actividades y obras que necesariamente modifican el territorio y el paisaje, causando impactos ambientales que, como en cualquier otra actividad, aparentan “condiciones normales”. La ubicación geográfica, el tipo, frecuencia e intensidad de la actividad, el área de afectación, el uso de suelo y la cubierta del mismo anterior a la construcción, son los factores determinantes del impacto ambiental generado. Por esto se recomienda identificar los impactos ambientales con la finalidad de poder describir todo el conjunto de medidas previstas que supriman o atenúen los efectos ambientales negativos de las acciones consideradas.
- El mantenimiento es el conjunto de acciones continuas y permanentes encaminadas a asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y el buen aspecto de los bienes e instalaciones y prolongar su vida útil. Es decir, que debe realizarse el mantenimiento todo el tiempo, sin interrupciones, con igual intensidad. Aunque se acostumbra a considerar el mantenimiento como sinónimo de reparación, debe quedar claro que el mantenimiento va mucho más allá de la acción de reparar, a la cual se llega con el tiempo, pero que no debiera representar sino una parte relativamente pequeña del proceso de mantener.
- Realizar un estudio económico para analizar la factibilidad del diseño en el que se basa este trabajo de investigación, ya que con la implementación de este proyecto se pretende minimizar el riesgo de daño de la vialidad y evitar los accidentes y el tráfico vehicular en la vialidad de estudio durante la época de lluvias
- Tener especial atención de los colectores en los tramos que tienen muy poca pendiente para chequear correctamente sus velocidades.

- Tomar en cuenta el gasto conducido por los colectores a los siguientes tramos ya existente y la futura autopista del sur que se encuentra en proyecto

**ANEXOS I**  
**Tablas de resultados**

#### 4.2.3 Gastos de diseño de la estructura de drenaje

TRAMO	LONGITU D m	SECCION DE LA VIA		AREAS				TOTAL ha	PROMEDI O C	PENDIENTE S	Tcs min	Tv min	Tc min	INTENSIDAD l/s/ha	CAUDAL q l/s	CAUDAL m³/s
				ASFALTO m²	VERDES m²	CONCRETO m²	TOTAL m²									
1	1	1--1	21,20	8	0	2,6	10,6	0,0011	0,938	0,009	0,66	0,12	0,78	567	1,13	0,0011
2	1	1--1	21,20	16	0	5,2	21,2	0,0021	0,938	0,005	0,88	0,15	1,03	567	1,13	0,0011
3	1	2--2	31,00	19	6	6	31	0,0031	0,815	0,005	0,88	0,15	1,03	567	1,43	0,0014
4	1	3--3	24,20	19	0	5,2	24,2	0,0024	0,939	0,005	0,88	0,15	1,03	567	1,29	0,0013
5	1	3--3	24,20	19	0	5,2	24,2	0,0024	0,939	0,002	1,40	0,21	1,61	567	1,29	0,0013
6	1	2--2	31,00	19	6	6	31	0,0031	0,815	0,002	1,40	0,21	1,61	567	1,43	0,0014
7	1	2--2	31,00	19	6	6	31	0,0031	0,815	0,005	0,88	0,15	1,03	567	1,43	0,0014
8	1	4--4	24,80	19	6	5,6	30,6	0,0031	0,813	0,005	0,88	0,15	1,03	567	1,14	0,0011
9	1	3--3	27,80	19	0	5,2	24,2	0,0024	0,939	0,005	0,88	0,15	1,03	567	1,48	0,0015

Tabla 6: Calculo del caudal de diseño  
Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

TRAMO	LONGITUD m	SECCION DE LA VIA	PENDIENTE S	CAUDAL Q l/s	CAUDAL m <sup>3</sup> /s
1	261,11	1--1	0,009	294,32	0,2943
2	410,56	1--1	0,005	462,78	0,4628
3	317,90	2--2	0,005	455,13	0,4551
4	217,28	3--3	0,005	280,03	0,2800
5	928,00	3--3	0,002	1196,00	1,1960
6	928,00	2--2	0,002	1328,59	1,3286
7	144,75	2--2	0,005	207,23	0,2072
8	150,90	4--4	0,005	172,59	0,1726
9	150,90	3--3	0,005	223,41	0,2234

Tabla 6: Calculo del caudal de diseño  
Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

#### 4.2.4 Cálculo de la Capacidad Vial

PENDIENTE S	Z	Sx	T m	Y cm	n	Qm l/s
0,009	50	0,02	3	6	0,016	61,671
0,005	50	0,02	3	6	0,016	45,967
0,002	50	0,02	3	6	0,016	29,072

Tabla 7: Calculo de la capacidad de gasto vial (Qm)  
Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

#### 4.2.5 Calculo de separación y ubicación de los sumideros

PUNTO N°	SECCION DE VIA	LONGITUD TOTAL	CAUDAL q l/s	PENDIENTE	Qm l/s	Ca l/s	COLOCACION DEL SUMIDERO m	PROGRESIVA		
1	1--1	261,11	1,13	0,009	123,34	123,34	109	109,42		
2						123,34	109	218,84		
3						47,64	42	261,11		
4		410,56		0,005	91,93	91,93	82	342,66		
5						91,93	82	424,22		
6						91,93	82	505,78		
7						91,93	82	587,34		
8						91,93	82	668,90		
9	2--2	317,90	1,43			0,005	91,93	91,93	64	733,12
10								91,91	64	797,32
11								91,91	64	861,52
12				91,91	64			925,72		
13				87,45	61			986,80		
14	3--3	217,28	1,29	0,005	91,93	91,93	71	1058,14		
15						91,93	71	1129,47		
16						91,93	71	1200,80		

Tabla 8. Calculo de separación y ubicación de los sumideros

Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

PUNTO N°	SECCION DE VIA	LONGITUD TOTAL	CAUDAL q l/s	PENDIENTE	Qm l/s	Ca l/s	COLOCACION DEL SUMIDERO	PROGRESIVA
17	3--3	928,00	1,29	0,002	58,14	58,14	45	1245,91
18						58,14	45	1290,91
19						58,14	45	1335,91
20						58,14	45	1380,91
21						58,14	45	1425,91
22						58,14	45	1470,91
23						58,14	45	1515,91
24						58,14	45	1560,91
25						58,14	45	1605,91
26						58,14	45	1650,91
27						58,14	45	1695,91
28						58,14	45	1740,91
29						58,14	45	1785,91
30						58,14	45	1830,91
31						58,14	45	1875,91
32						58,14	45	1920,91
33						58,14	45	1965,91
34						58,14	45	2010,91
35						58,14	45	2055,91
36						58,14	45	2100,91
37	36,09	28	2128,91					

Tabla 9. Calculo de separación y ubicación de los sumideros

Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

PUNTO N°	SECCION DE VIA	LONGITUD TOTAL	CAUDAL q l/s	PENDIENTE	Qm l/s	Ca l/s	COLOCACION DEL SUMIDERO	PROGRESIVA
38	2--2	928,00	1,43	0,002	58,14	58,14	41	2169,52
39						58,14	41	2210,52
40						58,14	41	2251,52
41						58,14	41	2292,52
42						58,14	41	2333,52
43						58,14	41	2374,52
44						58,14	41	2415,52
45						58,14	41	2456,52
46						58,14	41	2497,52
47						58,14	41	2538,52
48						58,14	41	2579,52
49						58,14	41	2620,52
50						58,14	41	2661,52
51						58,14	41	2702,52
52						58,14	41	2743,52
53						58,14	41	2784,52
54						58,14	41	2825,52
55						58,14	41	2866,52
56						58,14	41	2907,52
57						58,14	41	2948,52
58						58,14	41	2989,52
59						58,14	41	3030,52
60						37,22	26	3056,52

Tabla 10. Calculo de separación y ubicación de los sumideros

Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

PUNTO N°	SECCION DE VIA	LONGITUD TOTAL	CAUDAL q l/s	PENDIENTE	Qm l/s	Ca l/s	COLOCACION DEL SUMIDERO	PROGRESIVA
68	3--3	150,90	1,48	0,005	91,93	91,93	62	3118,62
67						91,93	62	3180,62
66						39,68	27	3207,42
65	4--4	150,90	1,14			91,93	80	3287,80
64						80,66	71	3358,32
63						91,93	64	3422,54
62	3--3	144,75	1,43			91,63	64	3486,54
61						23,67	17	3503,07

Tabla 11. Calculo de separación y ubicación de los sumideros

Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

#### 4.2.6 Calculo de la capacidad de los sumideros

PENDIENTE S	Sx	T	Qi/Q	Qm l/s	Qi l/s
0,009	0,02	3	1,5	61,67	92,51
0,005	0,02	3	1,2	45,97	55,16
0,002	0,02	3	1,06	29,07	30,82

Tabla 12. Calculo de la capacidad de los sumideros

Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

#### 4.2.7 Calculo de colectores

CALCULO DE LOS COLECTORES								
TRAMO N°	LONGITUD	Seccion de via	Q-real	Ø cm	Ø plg	S	Q-Lleno	VELOCIDAD
S1A - C1	18	1--1	61,67	30	12	0,009	83,2	1,14
S1B - C1	3	1--1	61,67	30	12	0,009	83,2	1,14
C1 - C2	109	1--1	123,34	38	15	0,009	150,5	1,32
S2A - C2	18	1--1	61,67	30	12	0,009	83,2	1,14
S2B - C2	3	1--1	61,67	30	12	0,009	83,2	1,14
C2 - C3	42	1--1	123,34	38	15	0,009	150,5	1,32
S3A - C3	18	1--1	61,67	30	12	0,009	83,2	1,14
S3B - C3	3	1--1	61,67	30	12	0,009	83,2	1,14
C3 - C4	82	1--1	123,34	46	18	0,005	182,1	1,11
S4A - C4	18	1--1	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S4B - C4	3	1--1	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C4 - C5	82	1--1	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S5A - C5	18	1--1	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S5B - C5	3	1--1	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C5 - C6	82	1--1	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S6A - C6	18	1--1	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S6B - C6	3	1--1	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C6 - C7	82	1--1	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S7A - C7	18	1--1	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S7B - C7	3	1--1	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C7 - C8	82	1--1	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S8A - C8	18	1--1	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S8B - C8	3	1--1	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C8 - C9	64	1--1	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S9A - C9	18	2--2	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S9B - C9	13	2--2	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C9 - C10	64	2--2	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S10A - C10	18	2--2	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S10B - C10	13	2--2	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C10 - C11	64	2--2	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S11A - C11	18	2--2	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S11B - C11	13	2--2	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C11 - C12	64	2--2	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98

Tabla 13. Calculo de Colectores

Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

S12A - C12	18	2--2	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S12B - C12	13	2--2	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C12 - C13	61	2--2	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S13A - C13	18	2--2	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S13B - C13	13	2--2	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C13 - C14	71	2--2	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S14A - C14	18	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S14B - C14	6	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C14 - C15	71	3--3	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S15A - C15	18	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S15B - C15	6	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C15 - C16	71	3--3	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S16A - C16	18	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S16B - C16	6	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C16 - C17	45	3--3	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S17A - C17	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S17B - C17	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C17 - C18	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S18A - C18	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S18B - C18	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C18 - C19	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S19A - C19	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S19B - C19	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C19 - C20	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S20A - C20	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S20B - C20	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C20 - C21	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S21A - C21	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S21B - C21	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C21 - C22	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S22A - C22	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S22B - C22	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C22 - C23	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S23A - C23	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S23B - C23	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C23 - C24	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S24A - C24	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S24B - C24	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C24 - C25	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S25A - C25	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S25B - C25	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C25 - C26	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S26A - C26	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S26B - C26	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C26 - C27	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S27A - C27	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S27B - C27	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C27 - C28	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S28A - C28	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S28B - C28	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6

Tabla 14. Calculo de Colectores

Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

C28 - C29	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S29A - C29	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S29B - C29	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C29 - C30	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S30A - C30	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S30B - C30	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C30 - C31	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S31A - C31	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S31B - C31	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C31 - C32	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S32A - C32	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S32B - C32	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C32 - C33	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S33A - C33	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S33B - C33	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C33 - C34	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S34A - C34	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S34B - C34	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C34 - C35	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S35A - C35	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S35B - C35	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C35 - C36	45	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S36A - C36	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S36B - C36	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C36 - C37	28	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S37A - C37	18	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S37B - C37	6	3--3	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C37 - C38	59	3--3	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S38A - C38	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S38B - C38	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C38 - C39	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S39A - C39	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S39B - C39	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C40 - C41	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S41A - C41	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S41B - C41	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C41 - C42	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S42A - C42	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S42B - C42	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C42 - C43	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62

Tabla 15 . Calculo de Colectores  
Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

C42 - C43	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S43A - C43	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S43B - C43	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C43 - C44	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S44A - C44	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S44B - C44	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C44 - C45	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S45A - C45	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S45B - C45	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C45 - C46	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S46A - C46	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S46B - C46	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C46 - C47	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S47A - C47	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S47B - C47	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C47 - C48	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S48A - C48	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S48B - C48	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C48 - C49	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S49A - C49	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S49B - C49	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C49 - C50	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S50A - C50	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S50B - C50	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C50 - C51	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S51A - C51	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S51B - C51	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C51 - C52	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S52A - C52	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S52B - C52	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C52 - C53	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S53A - C53	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S53B - C53	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C53 - C54	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S54A - C54	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S54B - C54	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C54 - C55	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S55A - C55	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S55B - C55	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C55 - C56	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S56A - C56	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S56B - C56	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C56 - C57	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S57A - C57	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S57B - C57	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C57 - C58	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S58A - C58	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S58B - C58	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C58 - C59	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S59A - C59	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S59B - C59	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C59 - C60	59	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62

Tabla 16. Calculo de Colectores

Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

S60A - C60	18	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
S60B - C60	13	2--2	29,07	30	12	0,002	43,8	0,6
C60 - C61	17	2--2	58,14	38	15	0,002	70,7	0,62
S61A - C61	18	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S61B - C61	6	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C1 - C2	64	3--3	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S62A - C62	18	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S62B - C62	6	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C62 - C63	64	3--3	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S63A - C63	18	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S63B - C63	6	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C63 - C64	71	3--3	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S64A - C64	18	4--4	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S64B - C64	9	4--4	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C64 - C65	80	4--4	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S65A - C65	18	4--4	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S65B - C65	9	4--4	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C65 - C66	27	4--4	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S66A - C66	18	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S66B - C66	6	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C66 - C67	62	3--3	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S67A - C7	18	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S67B - C7	6	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
C67 - C68	62	3--3	91,93	38	15	0,005	116,8	0,98
S68A - C8	18	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85
S68B - C8	6	3--3	45,97	30	12	0,005	62	0,85

Tabla 17. Calculo de Colectores

Fuente: Dacal Jorge y Edmundo Veliz

## **Anexos II**

### **Tablas para la revisión de Colectores**

### Diámetro Nominal

Diámetro nominal del tubo: 25 cm (10")				
Sección Llena			D = 5 cm	
Pendiente (S)	Gasto (Q)	Velocidad	Gasto (Q)	Velocidad
0 - 00	l/s	m/s	l/s	m/s
3	29,4	0,58	2,5	0,36
4	33,9	0,67	2,9	0,41
5	38	0,75	3,2	0,46
6	41,5	0,82	3,5	0,5
7	45,1	0,89	3,8	0,54
8	48,1	0,95	4,1	0,58
9	51,2	1,01	4,4	0,62
10	53,7	1,06	4,6	0,65
11	56,2	1,11	4,8	0,68
12	58,8	1,16	5	0,71
13	61,3	1,21	5,2	0,74
14	63,3	1,25	5,4	0,77
15	65,9	1,3	5,6	0,8
16	67,9	1,34	5,8	0,82

Tabla 18. Datos Tabulados según el diámetro  
Fuente: Libro de Diseño de Obras de Drenaje Volumen I por Ing. Francisco Camacho.

### Diámetro Nominal

Diámetro nominal del tubo: 30 cm (12")				
Sección Llena			D = 5 cm	
Pendiente (S)	Gasto (Q)	Velocidad	Gasto (Q)	Velocidad
0 - 00	l/s	m/s	l/s	m/s
2,5	43,8	0,6	2,6	0,33
3	48,2	0,66	2,8	0,36
3,5	51,8	0,71	3	0,39
4	55,4	0,76	3,3	0,42
4,5	58,4	0,8	3,4	0,44
5	62	0,85	3,6	0,46
5,5	64,9	0,89	3,8	0,49
6	67,9	0,93	4	0,51
6,5	70,8	0,97	4,1	0,53
7	73	1	4,3	0,55
7,5	75	1,04	4,5	0,57
8	78,1	1,07	4,6	0,59
8,5	81	1,11	4,7	0,6
9	83,2	1,14	4,8	0,62
9,5	85,4	1,17	5	0,64
10	87,6	1,2	5,2	0,66
11	91,9	1,26	5,4	0,69
12	95,6	1,31	5,6	0,72
13	100	1,37	5,9	0,75
14	103,6	1,42	6,1	0,78
15	107,3	1,47	6,2	0,8
16	110,9	1,52	6,5	0,83

Tabla 19. Datos Tabulados según el diámetro

Fuente: Libro de Diseño de Obras de Drenaje Volumen I por Ing. Francisco Camacho.

### Diámetro Nominal

Diámetro nominal del tubo: 38 cm (15")				
Sección Llena			D = 5 cm	
Pendiente (S)	Gasto (Q)	Velocidad	Gasto (Q)	Velocidad
0 - 00	l/s	m/s	l/s	m/s
2	70,7	0,62	2,6	0,3
2,5	78,7	0,69	2,9	0,33
3	86,7	0,76	3,2	0,36
3,5	93,5	0,82	3,4	0,39
4	100,4	0,88	3,7	0,42
4,5	106,1	0,93	3,9	0,44
5	111,8	0,98	4,2	0,47
5,5	117,5	1,03	4,3	0,49
6	123,2	1,08	4,5	0,51
6,5	127,7	1,12	4,7	0,53
7	132,3	1,16	4,9	0,55
7,5	136,8	1,2	5	0,57
8	141,4	1,24	5,2	0,59
8,5	146	1,28	5,4	0,61
9	150,5	1,32	5,6	0,63
9,5	154	1,35	5,7	0,65
10	158,5	1,39	5,8	0,66
11	166,5	1,46	6,2	0,7
12	174,3	1,52	6,4	0,73
13	180,2	1,58	6,7	0,76
14	187	1,64	6,9	0,78
15	193,9	1,7	7,2	0,81
16	200,7	1,76	7,4	0,84

Tabla 20. Datos Tabulados según el diámetro  
Fuente: Libro de Diseño de Obras de Drenaje Volumen I por Ing. Francisco Camacho.

## **Anexos III**

### **Fotografías**



Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central, Municipio Valencia

Edo. Carabobo

Fuente: Fotografía tomada por Dacal Jorge y Edmundo Veliz



Avenida 81, Tramo Av. Sesquicentenario - Av. Alameda Central, Municipio Valencia  
Edo. Carabobo

Fuente: Fotografía tomada por Dacal Jorge y Edmundo Veliz