



**PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA
DE DRENAJE PARA LA VIALIDAD DE
AV. PASEO VALENCIA, TRAMO
KAYSON-AV. SESQUICENTENARIO
(L= 4 KM), MUNICIPIO VALENCIA
EDO. CARABOBO**

**Autores: Dávila Angélica
C.I: 22.519.750
González José
C.I: 20.722.737**

Urb. Yuma II, Calle No 3 Municipio San Diego
Teléfono (0241) 8714240 (máste

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

**PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA
LA VIALIDAD**



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-TG-2017-1CR-039

Valencia, 13 de Enero de 2017.

Ciudadanos:
Angélica Dávila.
C.I. 22.519.750
José González.
C.I. 20.722.737.
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 1-2017 de fecha 13/01/2017 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **“PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA LA VIALIDAD DE AV. PASEO VALENCIA, TRAMO KAYSON – AV. SESQUICENTENARIO (L=4 KM), MUNICIPIO VALENCIA EDO. CARABOBO”**. Presentado por ustedes como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Ángel Medina C.I. 15.299.277 y la Ing. Alicia Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutotes Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente.


Prof. Marlene Zambrano
Decana (Encargada) de la Facultad de Ingeniería
(CI 502 de fecha 11/10/2016)



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (2).
Archivo.

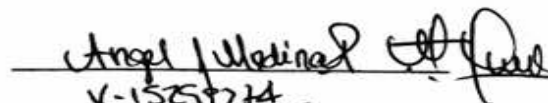


**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Medina Ángel portador de la cédula de identidad N° V-15.295.274, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Dávila Angélica, portador de la cédula de identidad N° V-22.519.750, y González José, portador de la cédula de identidad N° V-20.722.737, titulado **“PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA LA VIALIDAD DE AV. PASEO VALENCIA, TRAMO KAYSON - AV. SESQUICENTENARIO (L= 4 KM), MUNICIPIO VALENCIA EDO. CARABOBO”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, 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 9 día del mes de junio del año dos mil diecisiete (2017).


V-15295274
Ing. Medina Ángel
C.I.: V-15.299.274



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le damos gracias a Dios por habernos acompañado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le damos gracias a nuestros padres Ángel Davila, Yolgui Rodríguez, Félix González y Julia Hurtado por los valores que nos han inculcado, y por habernos dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de nuestra vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A nuestros hermanos por ser parte importante de nuestra vida y representar la unidad familiar. A Ángel José, Rossana, Julia, Susana y Félix Adolfo por llenar nuestras vidas de alegría cuando más lo necesitamos y a nuestro querido amigo Omar Osal por la ayuda brindada a lo largo del proyecto.

A la Universidad José Antonio Páez, casa de estudios que nos acogió durante toda la carrera Universitaria.

Al Ing. y profesor Ángel Medina que más que un tutor es un gran amigo, quien nos supo orientar en todo momento durante el periodo de realización de este proyecto, compartiéndonos sus conocimientos de manera desinteresada para seguir superando retos.

También queremos agradecer a la Ing. Alicia Pizzella quien nos guió en la metodología para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A TODOS ELLOS MUCHAS GRACIAS...

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo primeramente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos llegar hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional. Este trabajo va dedicado a todas esas personas que de alguna u otra manera estuvieron presentes en la realización del mismo.

A nuestros padres que gracias a su ayuda incondicional nos sirvieron de gran apoyo para poder llevar a cabo esta labor de convertirnos en los próximos profesionales de nuestro país.

A nuestros grandes amigos dentro y fuera de la universidad que nos alentaron y demostraron cariño e interés hacia nosotros. Les deseamos un éxito enorme a todos ellos que sabemos que lo tendrán.

Por último, dedicamos nuestra tesis a Venezuela y a todos los profesionales que este gran país tiene que día a día se esfuerzan para dejar el nombre de Venezuela en alto pese a las dificultades que estamos pasando. Gracias por ser nuestro hogar y hoy y siempre orgullosos de ser venezolanos.

Atentamente:

Angélica Dávila y José González

ÍNDICE

Contenido	Pág.
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Formulación del Problema	4
1.3 Objetivos de la Investigación	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Delimitación	5
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Bases Teóricas	8
2.2.1 Componentes del Sistema de Drenaje Pluvial.....	8
2.2.1.1 Pendiente longitudinal	9
2.2.1.2 Pendiente Transversal	10
2.2.1.3 Brocales – Cunetas	11
2.2.1.4 Sumideros	12
2.2.1.5 Boca de visita	13
2.2.1.6 Torrenteras	15
2.2.1.7 Colectores	166
2.2.1.7.1 Hidraulica de los colectores	16
2.2.1.7.1.1 Consideraciones acerca del tipo de flujo.....	16

2.2.1.7.2 Flujo con superficie libre y flujo a presión	16
2.2.1.7.3 Capacidad Hidráulica	17
2.2.2 Intensidad, Duración y Frecuencia de precipitación	17
2.2.3 Topografía	20
2.2.4 Estimación del Caudal	20
2.2.5 Relación topografía y estimación del caudal	21
2.2.5.1 Formación de las precipitaciones	26
2.2.6 Tipos de precipitaciones	26
2.2.6.1 Precipitaciones convectivas	26
2.2.6.2 Precipitaciones orográficas	27
2.2.6.3 Precipitaciones por convergencia.....	27
2.2.7 Medidas pluviométricas	28
2.2.8 Medidas características	28
2.2.9 Pendiente media de un cauce	28
2.2.10 Hidrograma	29
2.3 Definición de Términos Básicos	31
CAPÍTULO III	
MARCO METODOLÓGICO.....	35
3.1 Tipo de Investigación	35
3.2 Diseño de la Investigación	35
3.3 Nivel de la investigación	36
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	366
3.5 Fases Metodológicas	366
CAPÍTULO IV	
ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	38
4.1 Estudio Hidrológico de la zona que contribuirá al gasto de la vialidad	38

4.1.1 Análisis Hidrológico	38
4.1.2 Características de la vialidad	39
4.1.2.1 Coeficiente de escurritia	39
4.1.2.2 Cálculo del área y longitud de la vialidad	39
4.1.2.3 Vista satelital del terreno en estudio.....	40
4.1.2.4 Vista de la seccion transversal.....	41
4.1.2.5 Selección del periodo de retorno	41
4.1.2.6 Tiempo de concentración	43
4.1.2.6.1 Cálculo del sentido de flujo de agua	43
4.1.2.6.2 Dirección del sentido de drenaje	43
4.1.2.6.3 Representación gráfica de flujo del drenaje	44
4.2 Gasto de diseno de estructura de drenaje	47
4.3 Cálculo de la capacidad vial	48
4.3.1 Determinación del Brocal - Cuneta.....	50
4.3.2 Cálculo de sepración y sumideros de ventana	52
4.3.2.1 Dimensión de sumideros de ventana.....	54
4.3.3 Colocación de torrenteras	59
4.4 Cálculo de colectores	61
4.4.1 Colocación de bocas de visita	61
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
ANEXO I	66
ANEXO II	78
ANEXO III.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Pág.	
Tablas		
1	Tabla para la elaboración de curvas IDF	67
2	Valores de coeficiente de escorrentía	39
3	Área de la vialidad	40
4	Valores de período de retorno	42
5	Delimitación del perfil longitudinal por cambio de pendiente	43
6	Dirección del sentido de drenaje	44
7	Cálculo del tiempo de concentración de cada sentido	46
8	Valores de la cobertura superficial	47
9	Datos del caudal de diseño	68
10	Valores del coeficiente de Manning	49
11	Límites de inundación permisible en vías de zonas urbanas	69
12	Datos de la capacidad vial	70
13	Datos del caudal brocal - cuneta	71
14	Cálculo de la distancia entre sumidero 1	72
15	Cálculo de la distancia entre sumidero 2	73
16	Cálculo de la distancia entre sumidero 3	74
17	Cálculo de la distancia entre sumidero 4	75
18	Dimensiones de sumidero de ventanas	76
19	Especificaciones de las torrenteras	60
20	Cálculo de colectores	77
21	Datos tabulados según diámetro 25 cm	79
22	Datos tabulados según diámetro 30 cm	80
23	Datos tabulados según diámetro 38 cm	81
24	Datos tabulados según diámetro 46 cm	82
25	Datos tabulados según diámetro 53 cm	83
26	Datos tabulados según diámetro 61 cm	84
27	Datos tabulados según diámetro 69 cm	85

28	Datos tabulados según diámetro 76 cm	86
29	Datos tabulados según diámetro 84 cm	87
30	Boca de visita tipo INOS	62
31	Separación máxima entre bocas de visita	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido		Pág.
Figuras		
1	Pendiente Longitudinal	9
2	Pendiente Transversal de vía	10
3	Tipos de Cuneta	11
4	Ejemplo de Sumidero	12
5	Ubicación de sumideros	13
6	Tipos de sumidero	13
7	Ejemplo de Boca de visita	14
8	Esquema de una torrentera	15
9	Ejemplo de tiempo de concentración	19
10	Hidrograma	29
11	Curva de intensidad, duración y frecuencia (IDF)	38
12	Definición de eje de vía	40
13	Sección de vía I	41
14	Sección de vía II	41
15	Sentido de drenaje tramo 1,2 y 3	44
16	Sentido de drenaje tramo 3	45
17	Sentido de drenaje tramo 3 y 4	45
18	Sentido de drenaje tramo 4 y 5	46
19	Flujo en brocal- cuneta con $S_x = S_w$	50
20	Brocal- cuneta tipo A	50
21	Flujo en brocal-cuneta con $S_x \neq S_w$	51
22	Relación de flujo sobre ancho (w) a flujo total	52
23	Sumidero de ventana perfil	55
24	Sumidero de ventana planta	56
25	Colocación de sumidero y torrentera I	57
26	Colocación de sumidero y torrentera II	57
27	Colocación de sumidero y torrentera III	58
28	Colocación de sumidero y torrentera IV	58
29	Colocación de sumidero y torrentera V	59
30	Vista de planta detalle típico de torrentera	60

31	Corte B-B detalle típico de torrentera	60
32	Corte A-A detalle típico de torrentera	61
33	Boca de visita tipo INOS 3 Ia	63



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

Autor: Dávila Angélica
González José
Tutor: Ing. Medina Ángel
Fecha: Junio, 2017

RESUMEN

El constante crecimiento de la población conlleva al incremento y expansión de las herramientas necesarias para la misma, las cuales se ven afectados por los efectos de las aguas pluviales que pueden causar daños materiales y hasta pérdidas humanas en el peor de los casos si las crecidas en los cursos de agua no prevén en los diseños de los proyectos civiles. Por esta razón, la presente investigación tiene como objetivo proponer el diseño de un sistema de drenaje para la vialidad de la av. Paseo Valencia, tramo Kayson – Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia Edo. Carabobo, para evitar y minimizar cualquier problema a los usuarios y comunidades asentadas a lo largo de la vialidad, previniendo inconvenientes como: cierre de la vialidad por estancamiento del agua, mal flujo del tránsito, deterioro de la estructura por erosión causada por las aguas pluviales, entre otros. Se plantea 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: Drenaje, Vialidad, Aguas Pluviales. Hidrología.

INTRODUCCIÓN

Drenaje es la acción de avenar, es decir, dar salida al agua de los terrenos donde sea requerido encauzar las aguas de lluvia por medio de las estructuras e implementos adecuados.

En el caso de vialidades, esta necesidad es notable, ya que la gran mayoría están construidas a la intemperie, a merced de los fenómenos naturales, constituyendo el agua su principal enemigo. El agua produce daños a todos los elementos que constituyen el cuerpo de la carretera: a las laderas naturales, a los taludes de corte y relleno, las bases y sub-bases en las que se apoya el pavimento y, por último, al propio pavimento.

La protección que el drenaje vial brinda puede ser de dos tipos: por un lado, el drenaje debe asegurar las cuantiosas inversiones que representan las vías, impidiendo el deterioro que el agua produce en ellas, y evitar los daños que puedan causar en bienes aledaños a las mismas; por otro lado, debe asegurar el tránsito continuo, seguro, y confortable de los vehículos, de forma que el transporte de pasajeros y carga resulte eficiente y económico.

La hidráulica del drenaje vial es muy complicada o muy sencilla, según sea el punto de vista con que se enfoque. Es muy complicada, puesto que no se ha logrado solucionar analíticamente algunos problemas puntuales del cálculo de las alcantarillas, los disipadores de energía y otras estructuras. Pero, por otra parte, todos esos problemas han sido solucionados empíricamente, efectuando los estudios necesarios para generar los gráficos, nomogramas a nivel de laboratorio y/o campo, que permiten obtener resultados para el problema. Este manejo empírico del problema permite que, a veces, se enfrente el dimensionamiento hidráulico de las estructuras sin la adecuada preparación académica, haciéndose de manera no adecuada.

Tanto en vías urbanas como rurales, generalmente la teoría aplicable a este tema se encuentra diseminada en libros y publicaciones de hidráulica que abarcan temas más amplios.

Como es natural, la bibliografía existente está dirigida, principalmente, a los

ingenieros hidráulicos, pues es sobre estos especialistas que recae la responsabilidad del tema. Sin embargo, los ingenieros viales también deben manejar el problema del drenaje en el proceso del proyecto de las vías y, si bien es cierto que cuentan con el asesoramiento y colaboración del ingeniero hidráulico, deben tener conocimientos sólidos acerca del problema.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

El aumento de la población, el desarrollo de países, estados y ciudades en los últimos tiempos han traído como consecuencia la búsqueda de soluciones rápidas y eficaces que den solución a la alta demanda de servicios, tal es el caso de los servicios públicos los cuales afectan directamente la calidad de vida de las personas entre los que tienen especial importancia la recolección y distribución de las aguas pluviales, comúnmente conocido como drenaje urbano.

Hoy en día 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, cambiamos cauces de ríos, talas indiscriminadas, etc. Todos estos asentamientos han llegado a convertirse en una verdadera calamidad pública durante las estaciones de lluvia, afectando a las personas y sus bienes, así como también la propia infraestructura vial.

Las inundaciones urbanas, producto de precipitaciones, constituyen un fenómeno que merece respuestas rápidas y eficientes para la creación de sistemas de drenaje capaces de recolectar, encauzar y disponer adecuadamente los excesos de las aguas pluviales en las diversas localidades.

La ruta prevista está enmarcada dentro del Plan Maestro de la Ciudad Hugo Chávez, 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. El tramo a construir de la

Av. Paseo Valencia, servirá de enlace entre la Av. Alameda Central, que a su vez comunica con el Desarrollo Habitacional Kayson (en construcción), y la Av. Sesquicentenario. La cual necesitara su adecuado sistema de drenaje de aguas fluviales para evitar las incomodidades a la comunidad y asegurar su higiene.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo garantizar el correcto drenaje en la Av. Paseo Valencia, tramo Kayson- Av. Sesquicentenario?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Diseño del sistema de drenaje para la vialidad de Av. Paseo Valencia, tramo Kayson – Av. Sesquicentenario (L= 4 Km), municipio valencia Edo. Carabobo

1.3.2 Objetivos Específicos

Estudio hidrológico de la zona que contribuirá al gasto de la vialidad.

Obtener los gastos de diseño de las estructuras de drenaje.

Diseño de drenaje superficial de la vialidad.

Cálculo de colectores.

1.4 Justificación

El presente estudio se justifica debido a que se efectuará una propuesta de diseño que sea acorde a la magnitud del proyecto considerando que el efecto de un evento de posible anegación sea minimizado influyendo de manera positiva al libre tránsito y garantizando la integridad de las estructuras viales en la Av. Paseo Valencia, tramo Kayson – Av. Sesquicentenario, lo que se traduce en ahorro financiero.

Puede decirse que los beneficios que arrojaría el sistema de drenaje óptimo y funcional para la Av. Paseo Valencia, tramo Kayson – Av. Sesquicentenario serán de gran impacto para esta población, por cuanto se verán optimizados su estilo y calidad de vida, de manera que ante la presencia de ciclos lluviosos no estarán sometidos a las eventualidades relacionadas con el libre tránsito por ese sector, tanto para sus habitantes como para cualquier otra persona que transite por los sectores aledaños.

De igual manera, el presente estudio servirá de referencia a futuras investigaciones relacionadas con el área de ingeniería civil, enmarcadas en el comportamiento hidrológico de cualquier zona que se desee estudiar y permite su integración con el Plan Rector del Municipio de manera de lograr un proyecto integral que sea armonioso en todos los aspectos: técnicos, ambientales, sociales, económicos.

1.5 Delimitación

El anteproyecto de drenaje 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 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

2.1 Antecedentes

A continuación, se presentan algunos estudios previos que han servido de referencia a la presente investigación.

El estudio realizado por Simón Arocha (1982) titulado **“Drenajes Urbanos”**, explica que:

La determinación del gasto de diseño, para un sistema de recolección o drenaje de aguas de lluvias en zonas pobladas, atiende generalmente al método racional.

Soto, B. y Acosta M. (2011) en su trabajo especial de grado **“Estudio para el sistema de drenaje vial y urbano en Mene Grande sectores (Marías, Golfo, Florida) Municipio Baralt estado Zulia”**, realizado para la Universidad Rafael Urdaneta. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el estudio de la problemática que tiene lugar como consecuencia de las escorrentías superficiales producto de las precipitaciones en los sectores (Las marías, El golfo, La florida) del Municipio Baralt Estado Zulia debido a que Mene Grande posee un drenaje natural que en la actualidad es insuficiente, esto como consecuencia de la modificación del mismo, debido al crecimiento urbano de esta ciudad, aunado a la falta de planificación de un sistema de drenaje que se ha realizado sin tomar en cuenta las pendientes.

Es por ello que esta investigación propuso como solución a esta problemática mediante el diseño de sumideros y colectores de aguas de lluvia tanto viales como urbanos, siendo necesario para los fines de la presente investigación llevar a cabo cuatro objetivos específicos, con los cuales se dará solución a la problemática existente, la investigación realizada es de tipo descriptiva de campo basada en la información tomada de planos topográficos e hidrológicos, enfocada en la visualización de los puntos críticos del Municipio Baralt que se ven más afectadas al momento de las lluvias.

Esta investigación, apporto el diseño de un sistema de drenaje con el fin de radicar el problema existente del estancamiento del agua en una vialidad, además este trabajo de grado apporto el desarrollo de procedimientos, técnicas y herramientas para darle solución a la problemática existente a causa de las lluvias en las vías principales.

Del mismo modo, León, L. y Angulo R. (2006) en su trabajo de investigación denominado **“Evaluación del Drenaje Urbano de la Ciudad de Valera Estado Trujillo”** en la Universidad Rafael Urdaneta. El presente trabajo de investigación tuvo como propósito la evaluación de un sistema de drenaje, con el fin de diagnosticar los problemas existentes por causa de las lluvias ocurridas en la Ciudad de Valera Estado Trujillo, y así brindar las posibles soluciones. En tal sentido, debido al propósito principal, la investigación se considera un proyecto factible. Debido a esto se considera una investigación de campo, al mismo tiempo que descriptiva.

Para el desarrollo de esta evaluación se basó en el enfoque de las siguientes fases:

Fase I. Diagnosticar e Identificar las causas que originan los problemas en el Drenaje Urbano de la Ciudad.

Fase II. Determinar las curvas de Intensidad- Frecuencia-Duración para el análisis del Drenaje.

Fase III. Indicar las soluciones para solventar los problemas en el Drenaje Urbano de la Ciudad de Valera. Luego de terminar cada una de las Fases indicadas la solución para los problemas en el drenaje urbano de la ciudad de Valera es la de la construcción de nuevas obras de captación.

Este trabajo especial de grado aporta información sobre la composición y funcionamiento de un sistema de drenaje, la importancia del drenaje en las carreteras, diseño de un sistema de drenaje, diferentes obras de drenaje, tipos de canales, entre otras informaciones que son útiles para el desarrollo del presente trabajo especial de grado.

2.2 Bases Teóricas

Puede decirse que un sistema de drenaje es el conjunto de acciones materiales o no, que están destinadas a evitar en la medida posible, que el agua cause daños a las personas o a las propiedades en las ciudades, o que logren obstaculizar el normal desenvolvimiento de la vida urbana.

De tal manera, que la recolección de las aguas servidas en un sistema separado supone también la existencia de una red de alcantarillado para recolectar las aguas de lluvia y conducirla hasta los cauces de quebradas existentes en la zona, sin provocar daños a propiedades vecinas o de la zona.

Por ello, las viviendas y edificaciones del sector deben proyectar y construir sus instalaciones sanitarias de forma tal que permitan conducir sus aguas servidas a las tanquillas de empotramiento cloacal, y sus aguas de lluvias provenientes de techos y patios interiores para ser descargados libremente a las calles, donde serán recolectadas y dirigidas a su destino final.

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 1.)

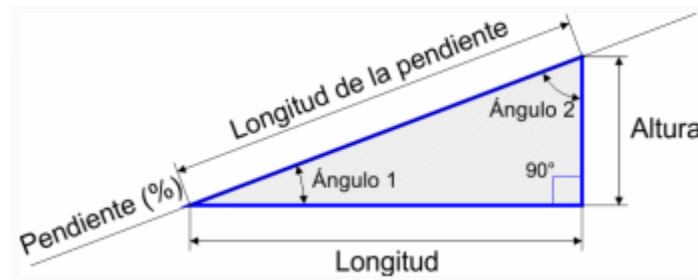


Figura 1. Pendiente longitudinal

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 2.).

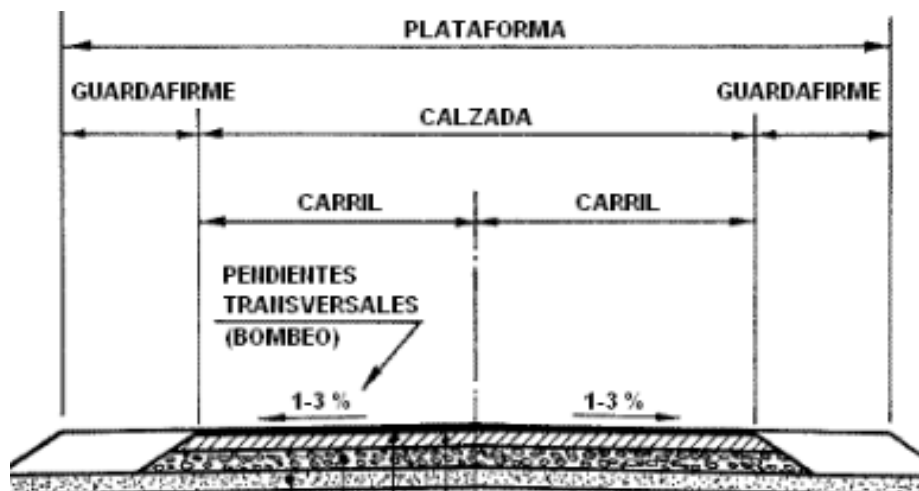


Figura 2. Pendiente transversal de vía.

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 3.)

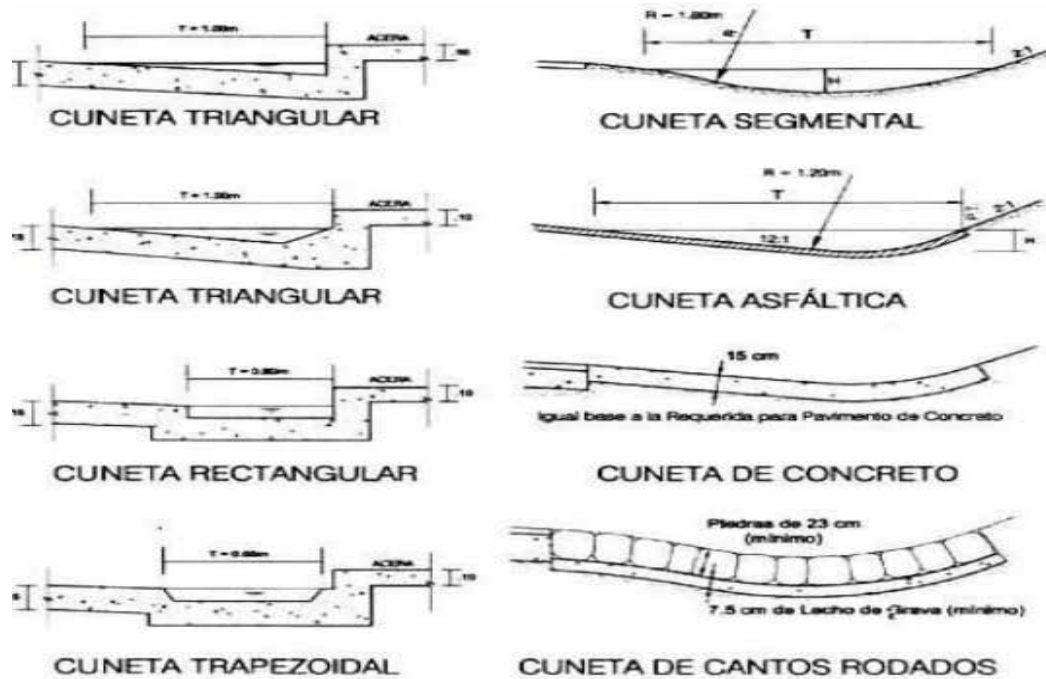


Figura 3. Tipos de cuneta

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 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 5, 6 y 7.)

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.

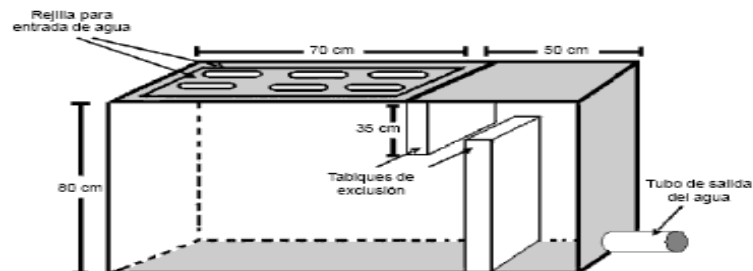


Figura 4. Ejemplo de sumidero
Fuente: <http://www.scielo.org.co>

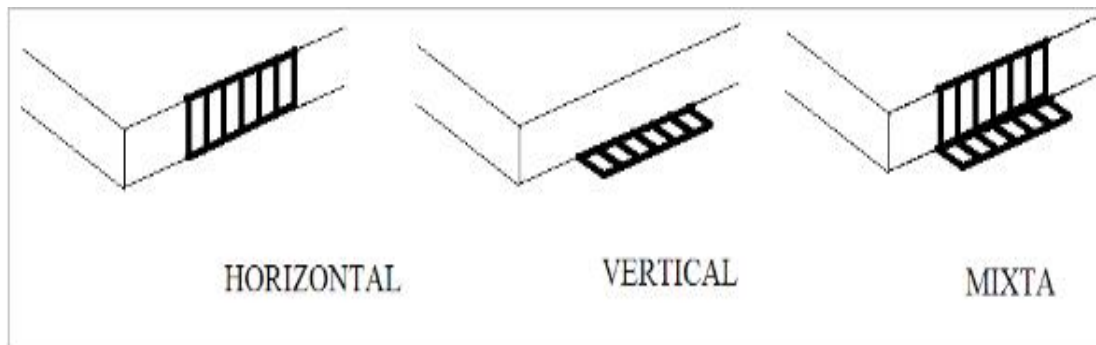


Figura 5. Ubicación de Sumideros
 Fuente: <https://doblevia.wordpress.com>

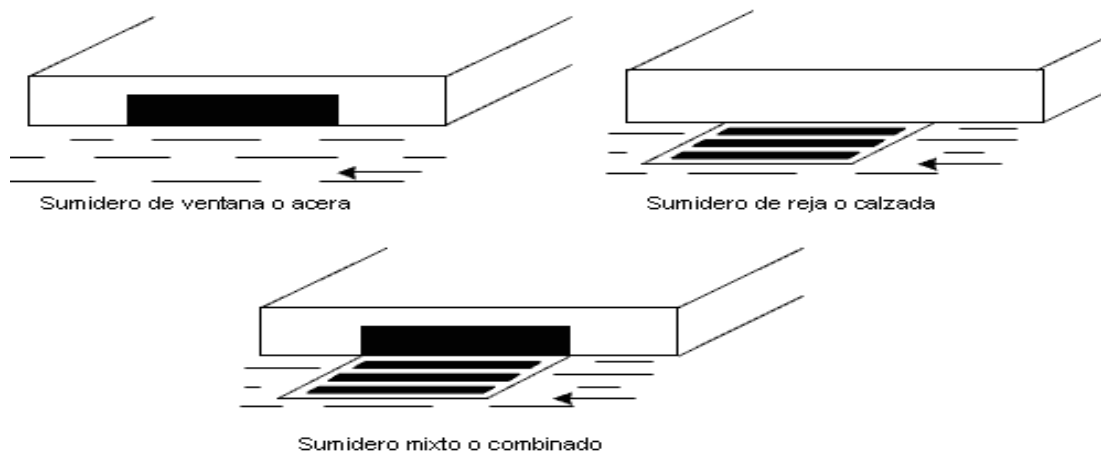


Figura 6. Tipos de Sumideros

Fuente: www.ingenierocivilinfo.com/2010/11/calculo-hidraulico-de-sumideros.html

2.2.1.5 Bocas de Visita

Una boca de visita, pozo de visita, pozo de registro o cámara de inspección, es un elemento de la infraestructura urbana 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 8.)

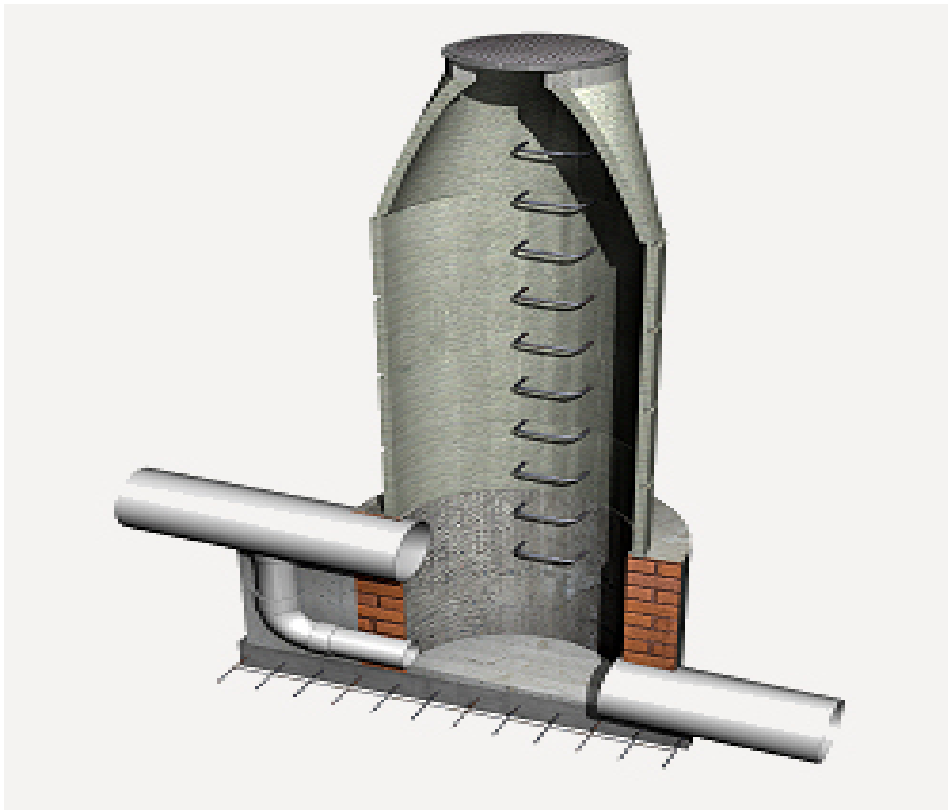


Figura 7. Ejemplo de boca de visita.

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

2.2.1.6 Torrenteras

Son canales trazados en laderas con el fondo escalonado. Las dimensiones de los escalones no tienen que 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 11.).

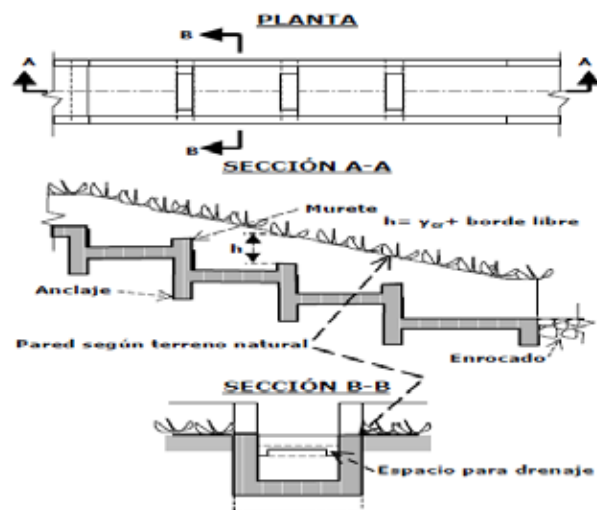


Figura 8. Esquema de una torrentera

Fuente: Libro drenaje vial para ingenieros viales por Manuel Bengaray

2.2.1.7 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.

2.2.1.7.1 Hidráulica de los colectores

2.2.1.7.1.1 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.

2.2.1.7.2 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.

2.2.1.7.3 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:

$$0,397. \quad . \quad / n \text{ (m/seg)}$$

$$0,312. \quad . \quad / n \text{ (m3/seg)}$$

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 11): 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 9. Ejemplo de Tiempo de concentración

Fuente:

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

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 = caudal en m^3/s .

C = coeficiente de escorrentía.

I = intensidad de lluvia mm/h .

A = área en ha.

Se abarcará la captación de las aguas pluviales por medio de cuatro tipos de estructuras diferentes, las cuales serán estudiadas dependiendo de las características de la problemática presentada, estas estructuras son las más comunes en el diseño de drenaje venezolano, tales como cunetas, sumideros, canales y alcantarillas de concreto. Los elementos antes mencionados, se utilizan para canalizar el drenaje superficial de las vías, o sea, aquellas estructuras cuya finalidad es la de captar y 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.

2.2.6.3 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

Por medio de las medidas 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 (m²).

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 13.)

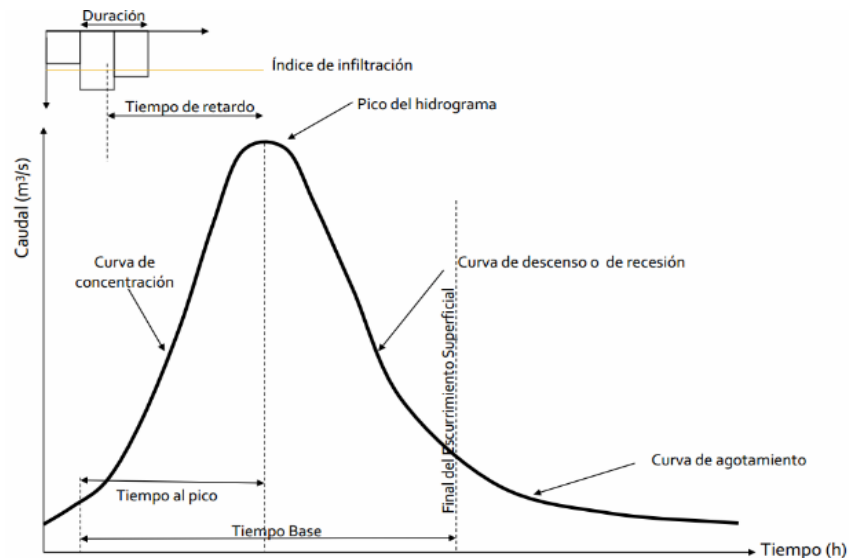


Figura 10. Hidrograma

Fuente: <http://geología.uson.mx/>

Aunque la forma de los hidrogramas producida por tormentas particulares varía 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 escurrimiento 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 escurrimiento directa.

TL: Tiempo de retardo.

Tiempo que transcurre entre el canchero del hidrograma de lluvia efectiva y el pico del hidrograma de escurrimiento directa.

Tr: Tiempo de recesión.

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

2.3 Definición de Términos Básicos

Alcantarilla: es el elemento que 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.

Área: espacio de tierra, medida encerrada dentro de una línea continua.

Áreas de aporte o 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.

Canal: son 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: es la capacidad que tiene cualquier estructura o vía de transportar un caudal de agua en función de la altura máxima de agua permitida, esta altura viene dada por norma, estos parámetros en conjunto con otros elementos determinan las dimensiones finales de las estructuras en estudio y su capacidad funcional.

Cauce: lecho de los ríos o arroyos. Conducto descubierto o acequia por donde corren las aguas para riego u otros usos.

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. Dicha cuenca está rodeada por una divisoria topográfica o superficial que determina los límites del área de aporte, el valor del caudal de diseño dependerá de las características físicas del terreno de la cuenca.

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: representación gráfica de la solución de un problema, de manera que directamente se pueden escribir instrucciones en el lenguaje de programación a utilizar.

Drenaje urbano: eliminación de exceso de agua que tiende a acumularse.

Duración de lluvia: es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, este final puede ser total o el momento hasta donde es apreciable la lluvia para efectos prácticos.

Escorrentía: parte de la precipitación que fluye por la superficie del terreno o por debajo de él.

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

Estancamiento: Excesos de agua acumulada.

Estructura de captación: son estructuras creadas para la recolección de aguas de lluvia que drenan a través de las calles.

Filtración: movimiento y paso de agua alrededor de estructuras.

Funcional: relativo a la función, cuya disposición busca la mayor eficacia en las funciones que le son propias y pospone o elimina lo ornamental.

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.

Gasto: gasto o caudal es el volumen de agua que pasa por una sección dada de un canal en un tiempo dado, esto indica que el gasto tiene dimensión de volumen sobre tiempo.

Gasto de diseño: generalmente es el evento o caudal máximo de escurrimiento que se ocurre en una zona en un período de retorno establecido, el cual corresponde a la cantidad de agua que debe ser desalojada. Esos caudales son evaluados por el período de retorno de la lluvia que las genera conjuntamente con la importancia de la zona.

Hidrología: es aquella 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.

Intensidad de lluvia: es el volumen de agua que precipita por unidad de tiempo y generalmente se expresa en unidades de mm/hora, mm/min, mm/seg, etc.

Pavimento: revestimiento del suelo con asfalto, concreto u otro material.

Pendiente: cuesta o declive de un terreno.

Precipitación: agregado de partículas acuosas, líquidas o sólidas, cristalizadas, que caen de una nube o grupo de nubes y alcanzan el suelo.

Sistema de drenaje vial: son medidas destinadas a evitar que las aguas dentro de una vía alcancen límites de inundación que causen trastornos al desenvolviendo 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 bajar las lluvias que ocurren sobre los taludes de la vía. Se diferencian de los canales rápidos en que el fondo de la torrentera es en escalera

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

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 av. Paseo Valencia, tramo Valencia, tramo Kayson – Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia Edo. Carabobo, 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 “Av. Paseo Valencia, tramo Kayson – Av. Sesquicentenario”. Para Fidiás 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

Para lograr el desarrollo de la investigación se plantea dividir la misma en cuatro fases metodológicas de acuerdo a los objetivos establecidos:

Fase I: Obtención de la Data Plani-Altimétrica. Esta fase se realizará con el fin de obtener información de detallada de la topografía del área de estudio, a fin de determinar con exactitud las características geométricas las cuencas que existen en el área de estudio.

Fase II: Realizar estudio hidrológico de las cuencas adyacentes a la vialidad. Con el fin de recopilar la información de hidrológica de la zona a través de las instituciones de medición públicas.

Fase III: Obtener gastos de las estructuras de drenaje. Con los datos obtenidos del estudio hidrológico se pueden calcular los posibles gastos que tendrán que soportar los drenajes para que funcionen de manera óptima.

Fase IV: Propuesta de Diseño. Ya teniendo los gastos que pueda tener el sistema de drenaje a lo largo de la vialidad se procederá al dimensionamiento de los drenajes.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo, se presenta el análisis de los resultados mediante el desarrollo de todos los procedimientos necesarios para el cumplimiento de los objetivos planteados, una vez aplicado los instrumentos de recolección de la información para el análisis y así mismo obteniendo optimas conclusiones a través de esta investigación. A continuación, en el mismo orden en el que se plantearon los objetivos específicos.

4.1 Estudio hidrológico de la zona que contribuirá al gasto de la vialidad

4.1.1 Análisis Hidrológico

Para el caso en estudio de la vialidad Av. Paseo Valencia, Tramo Kayson-Av. Sesquicentenario (L = 4 Km), Municipio Valencia Edo. Carabobo se consideraron las curvas IDF, en este sentido, se utilizó la tabla 1 para la Región Centro para elevaciones menores a 500 metros a través de la duración, frecuencia e intensidad que nos permitieron realizar el cálculo posterior de las curvas IDF. (Ver Anexos I, Tabla 1 y Figura 14.)

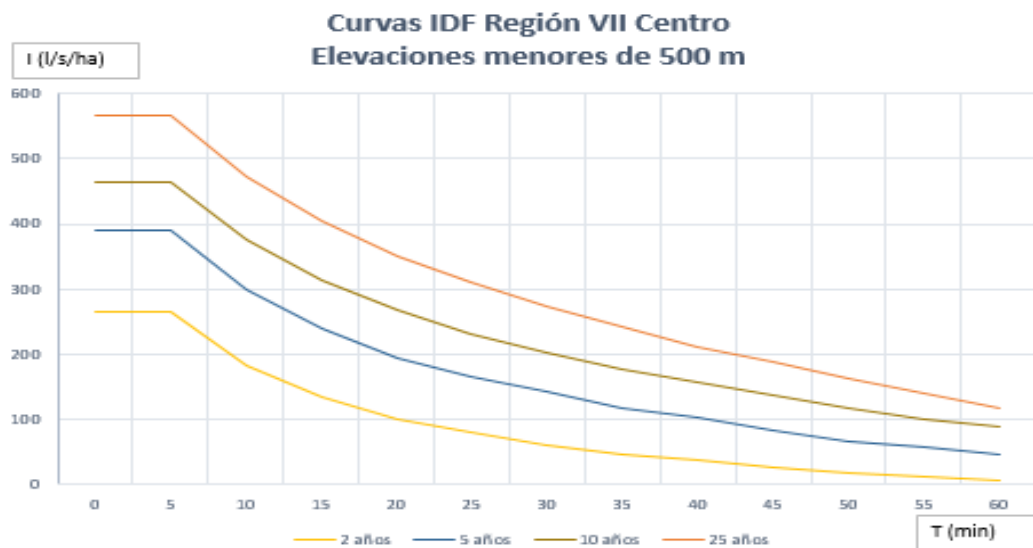


Figura 11. Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)

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

4.1.2 Características de la vialidad

4.1.2.1 Coeficiente de Escorrentía

Se establecieron los siguientes valores del coeficiente de escorrentía para la zona urbana en estudio para poder sacar el caudal de lluvia, el cual se tomó para asfalto 0,95, para concreto 0,90 y para zona verde 0,30. (Ver Tabla 2.).

Valores del Coeficiente de Escorrentía C para Zonas Urbanas

Tipo de Terreno	C	Tipo de Terreno	C
Tejados y Azoteas	0,85 a 0,90	Caminos de Grava	0,3
Patios	0,85	Jardines y Zonas Verdes	0,3
Pavimentos y Concretos	0,95	Darderas	0,2

Tabla 2. Valores del coeficiente de escorrentía.
Fuente: Libro Drenaje Vial para ingenieros viales por Manuel Bengaray.

4.1.2.2 Cálculo del Área y Longitud de la vialidad

Para calcular las áreas, se realizó mediante los planos suministrados por la Promotora Azimut 68, C.A, la cual fue medida por el software de Autocad para dicha operación en el cual se calculó el área total de la vialidad, el área de concreto, el área de asfalto y de las zonas verdes. La longitud del perfil longitudinal son 2140 m. (Ver tabla 3 y archivo de Autocad adjunto.).

**Cálculo del Área de la vialidad Av, Paseo Valencia Tramo Kayson – Av.
Sesquicentenario**

Área Total de la vialidad = 78704 m²		
Perímetro de la vialidad = 5250 m		
Longitud Total del plano longitudinal de la vía = 2140 km		
Área Verde	Área Concreto	Área Asfalto
17745,8845 m ²	21603,1052 m ²	39355,0103 m ²
1,7746 Ha	2,1603 Ha	3,9355 Ha

Tabla 3.
vialidad
Valencia

Área de la
Av. Paseo
Tramo

Kayson - Av. Sesquicentenario
Fuente: Angélica Dávila y José González.

4.1.2.3 Vista satelital del terreno en estudio (Ver Figura 15.).



Figura 12. Definición del eje de vía

Fuente: Google Maps

4.1.2.4 Vista de la sección transversal (Ver Figuras 16 y 17.).

Sección transversal Isla 4,00 m y Acera con área verde.

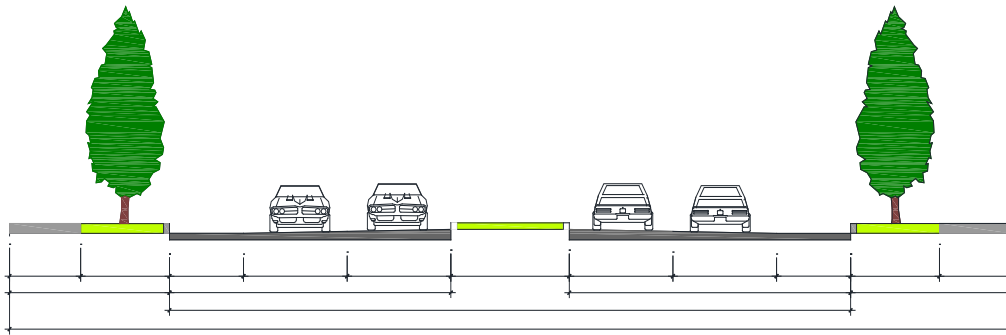


Figura 13. Sección de eje de vía I

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

Sección transversal Isla Central de 0,45 m y Acera Simple.

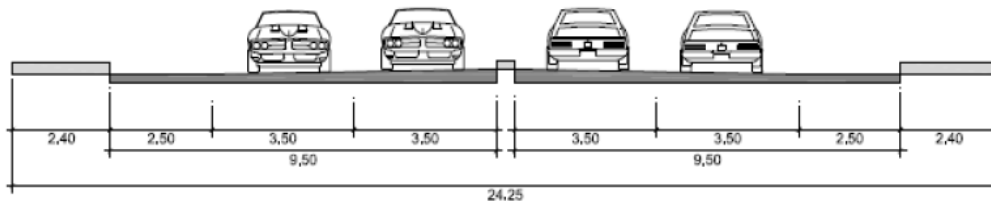


Figura 14. Sección de eje de vía II

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

4.1.2.5 Selección del período de retorno

Para el análisis del período 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. (Ver tabla 4.)

Período de Retorno del Gasto de Proyecto (años) del drenaje longitudinal

Obras de drenaje longitudinal	Vías Férreas	Vías Férreas	Carretera 4 Canales	Carretera 2 Canales	Caminos
Canales revestidos adyacentes a la vía	25	10	10	5	5
Canales revestidos paralelos a la vía	10	10	10	5	2
Canales revestidos de grama o similares	-	10	-	-	-
Zanjas no revestidas	-	-	-	-	5
Sumideros en la isla central	-	25	-	-	-
Drenajes de puntos bajos	25	25	25	10	10
Drenajes pasos inferiores de distribuidores	-	25	25	-	-

Tabla 4. Valores del Periodo de Retorno (años)

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

4.1.2.6 Tiempo de Concentración

Se realizó el cálculo del tiempo de concentración, cuyo resultado está tabulado en la tabla 7 y el procedimiento para su cálculo es el siguiente:

4.1.2.6.1 Cálculo del sentido del flujo de agua

Se procedió a delimitar el perfil longitudinal en cada cambio de pendiente existente (Ver tabla 5.).

Tramos	Progresivas	Pendientes
1	0+000,00 a 0 + 062,429	0,002
2	0+062,429 a 0 + 149,024	0,016
3	0+149,024 a 0 + 209,024	0
4	0+209,024 a 0+375,674	-0,02
5	0+375,674 a 1+541,353	-0,0055
6	1+541,353 a 1+963,44	0,002
7	1+963,44 a 2+138,078	-0,006

Tabla 5. Delimitación del perfil longitudinal por cambio de pendiente

Fuente: Dávila Angélica y José González

4.1.2.6.2 Dirección del sentido de drenaje

Una vez delimitado el perfil longitudinal en los diferentes cambios de pendientes se procedió a englobar estos 7 tramos en 5 tramos que indican la dirección

Dirección de Drenaje	Tramos	longitud total cada tramo		Pendiente Media		
1	1	211,453	25	0,0071	295,8040451	2501,95
	2					
2	3	60	0	0	N.A	N.A
3	4	1332,329	25	0,0073	292,3289898	15579,14
	5					
4	6	422,087	25	0,002	559,0169944	9438,15
5	7	174,638	25	0,006	322,7486122	2254,57

del sentido de drenaje a donde escurrirá el flujo de agua. (Ver Tabla 6 y figuras 18, 19, 20, 21.)

Donde:

L = recorrido superficial del agua (m), no es mayor de 90m ni menor de 25m (referencia: Libro Diseño de Obras de drenaje Volumen I por Ing. Francisco Camacho).

Pendiente Media (S%) = _____

L = longitud total de cada tramo (m).

4.1.2.6.3 Representación gráfica del sentido de flujo del drenaje

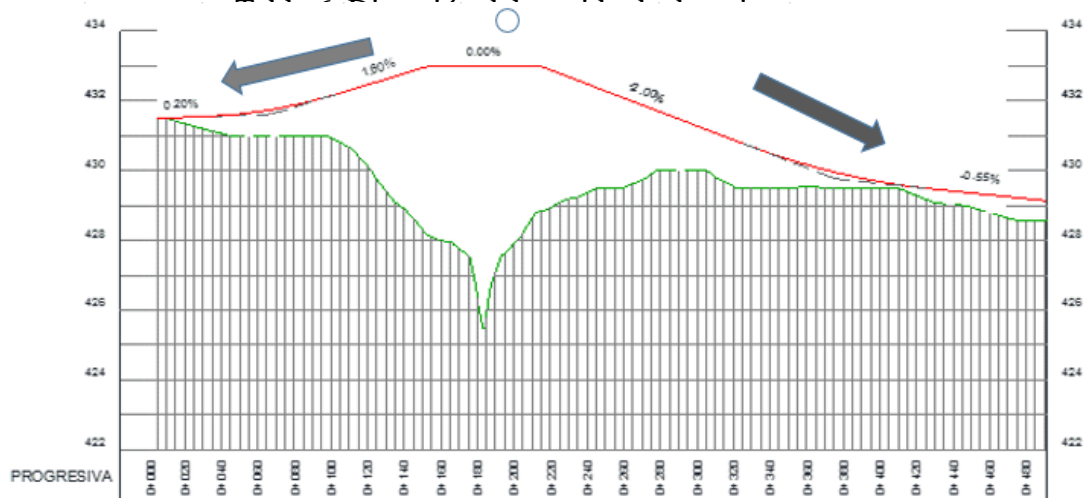


Figura 15. Sentido de drenaje tramos 1,2, 3
Fuente: Dávila Angélica y José González

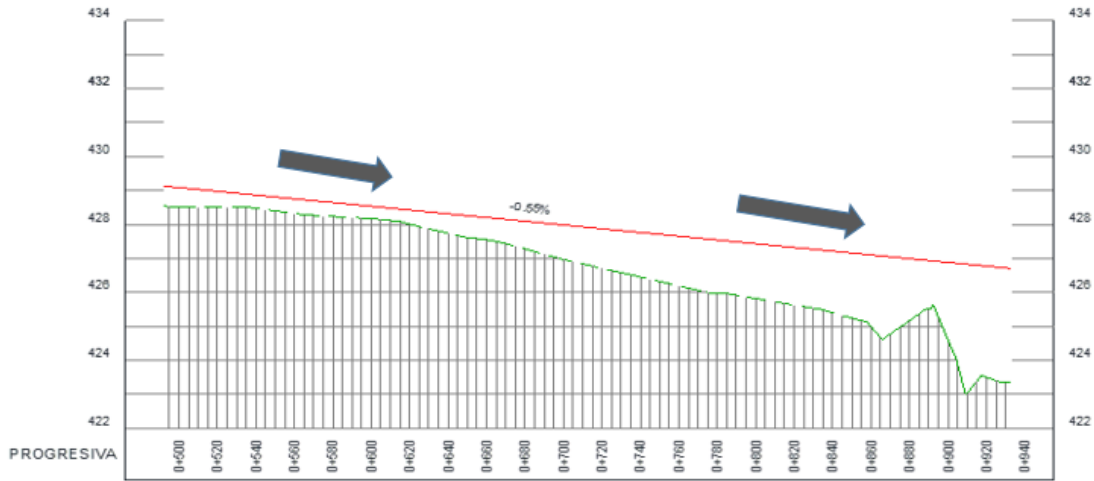


Figura 16. Sentido de drenaje continuación del tramo 3
Fuente: Dávila Angélica y José González

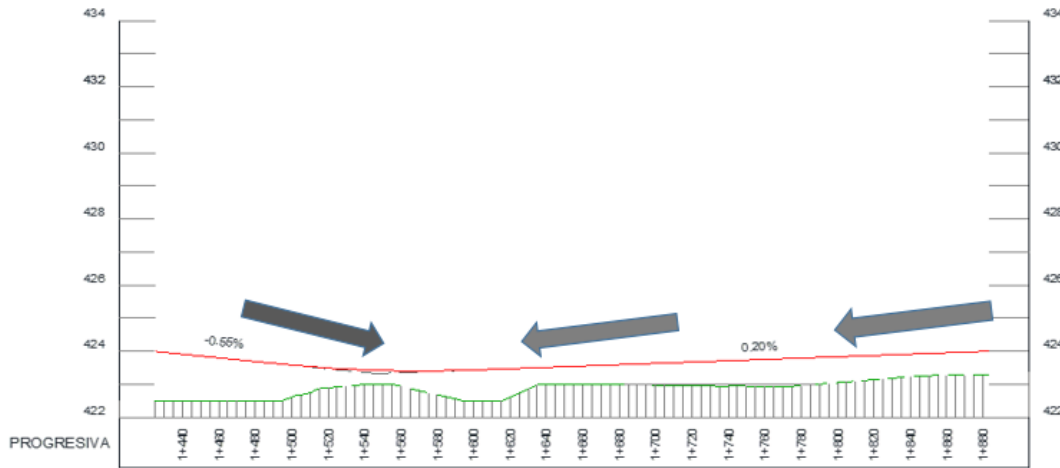


Figura 17. Sentido de drenaje terminación del tramo 3, continuación del tramo 4
Fuente: Dávila Angélica y José González

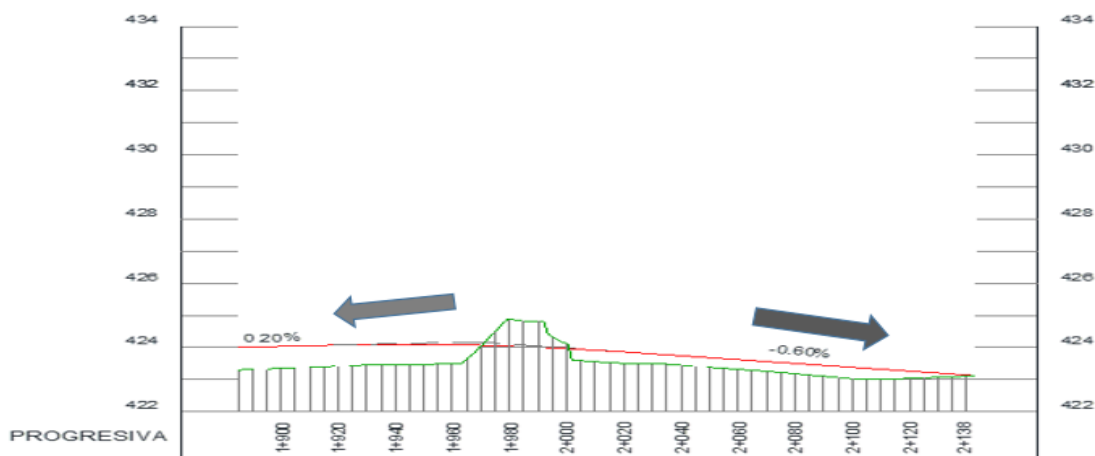


Figura 18. Sentido de drenaje continuación del tramo 4 y último tramo 5

Fuente: Dávila Angélica y José González

Finalmente calculamos el tiempo de concentración a lo largo de los diferentes segmentos del flujo de agua, en general se pueden considerar dos componentes básicos, el tiempo de concentración superficial (T_{cs}) y el tiempo de viaje (T_v), siendo el primero aquel que tarda una gota de lluvia desde que cae al suelo hasta que se concentra en pequeños canalículos y el segundo una vez que el agua se concentra en canalículos empieza su viaje a través de ellos, en general se puede calcular o aproximar la velocidad a lo largo de los diferentes segmentos.

Tramos	T_{cs}	T_v	T_c
1	0,740	8,067	8,806
2	0	0	0,000
3	0,731	32,983	33,714
4	1,398	22,423	23,821
5	0,807	7,445	8,252

Tabla 7. Cálculo del tiempo de concentración de cada sentido de drenaje

Fuente: Dávila Angélica y José González

Donde:

$$T_c = T_{cs} + T_v \text{ (min)}$$

T_{cs} — tiempo de concentración superficial (min).

L = recorrido superficial del agua (m).
pendiente media.

M = cobertura superficial, en el caso en estudio se tomó un valor de 400 (Ver Tabla 8.).

$$T_v = 0,0195(L/) \text{ tiempo de viaje (min).}$$

L = recorrido encausado (m).

No.	Cobertura Superficial	M
1	Bosque Húmedo Tropical	50
2	Cultivos Terraceados, Pastos Altos, Barbecho	100
3	Potrero, Pastizales Cortos	140
4	Cultivos en Hilera	150
5	Ninguna Vegetación	200
6	Pavimentos o Cárcavas Incipientes	400

Tabla 8. Valores de la Cobertura Superficial

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

4.2 Gastos de Diseño de la estructura de drenaje

El método empleado en el cálculo del gasto de diseño es realizado a través del método racional., expresado como:

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

Donde:

$$Q = \text{caudal (—)}$$

C = coeficiente de escorrentía.

I = intensidad de lluvia ()

A = área (ha)

Para realizar un cálculo más exacto de la estimación del caudal se dividió la vialidad en tramos que presentaran áreas homogéneas por metro lineal tanto de pendiente, ancho de vía, áreas verdes y áreas de concreto, dejando como resultado los datos en la siguiente tabla. (Ver Anexo I, Tabla 9.).

4.3 Cálculo de la Capacidad Vial

Se tabulo el resultado de la capacidad vial a través de la realización de los siguientes cálculos: (Ver Anexo I, Tabla 12.).

$$0,00175 - . . .$$

Donde:

$$Z = 1/ Sx$$

Sx = pendiente transversal = 0,02

n = número de Manning = 0,016 (Ver tabla 10.).

S = pendiente

y = T. Sx (cm)

T = 1,5m + 0,6m = ancho de inundación permisible (m) (Ver Anexo I, Tabla 11.).

Valores del Coeficiente de Manning recomendados para flujo en Brocales – Cuneas o Pavimentos

Pavimento en Brocal o Vía	n
Pavimento de Asfalto	
Textura Lisa	0,013
Textura Rugosa	0,016
Brocal y Pavimento de Asfalto	
Textura Lisa	0,013
Textura Rugosa	0,015

Pavimento de Concreto	
Textura Lisa	0,014
Textura Rugosa	0,016
Brocales con poca pendiente, donde pueda acumularse sedimentos	0,02

Tabla 10. Valores del Coeficiente de Manning

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

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 terreno que constituyen los taludes.

Asegurar un buen delineamiento de los pavimentos.

Ordenar el desarrollo de los terrenos adyacentes a la vía.

El ancho del conjunto brocal-cuneta está comprendido entre 0,3 y 1,00 m, la pendiente transversal de los brocales-cunetas, puede ser la misma que la del pavimento, algunas veces puede incrementarse en 80 mm por metro con respecto al hombrillo. En el caso de estudio se asumió un ancho de 0,6 m para el cálculo del ancho de inundación permisible y 1,5 m que representa el límite de la zona inundable. (Ver Figura 22.)

Este procedimiento se realizó para el caso de brocales – cunetas con pendientes transversales iguales (S_x) de pavimentos lo cual arrojó que las cunetas contendrían caudales muy pequeños para este tipo de proyecto y requeriría sumideros a muy poca distancia. (Ver Figura 22.).

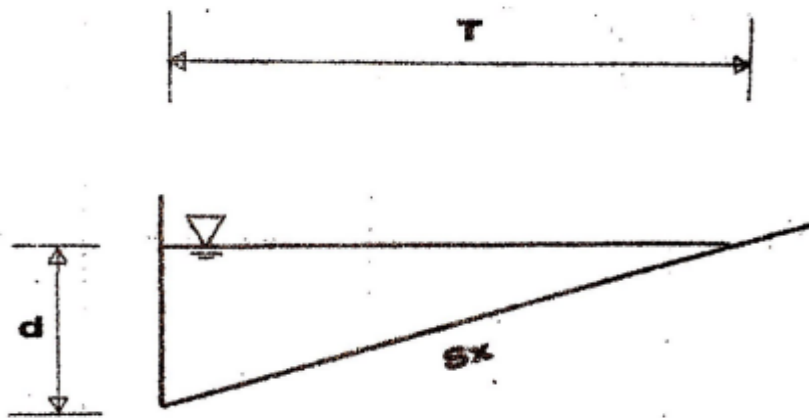


Figura 19. Flujo en brocal – cuneta ($S_x = S_w$)

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

4.3.1 Determinación del Brocal - Cuneta

Continuando con el objetivo para el caso en estudio se realizó el diseño de brocales – cunetas con pendiente transversal (S_w) diferente a la pendiente transversal del pavimento (S_x). (Ver Tabla 13.).

Requiriendo el cálculo del flujo, se dispone de las siguientes expresiones: (Ver Figura 23 y 24.).

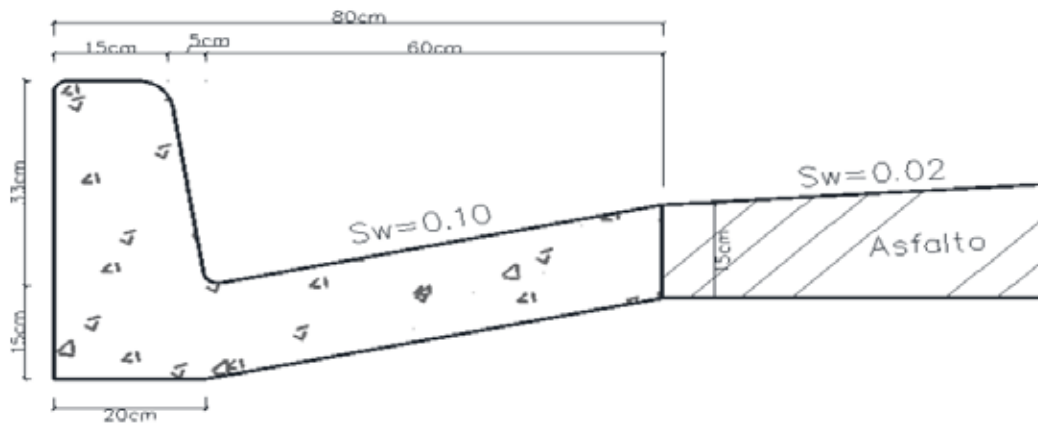


Figura 20. Brocal – Cuneta Tipo A

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

Donde:

W = ancho del brocal (m)

Sx = pendiente transversal del pavimento = 0,02

Sw = pendiente transversal = 0,10

T = 1,5m + 0,6m = ancho de inundación permisible (m) (Ver Anexo I, Tabla 11.).

Qs = flujo en sección de ancho Ts (m³/s)

$$0,0377. \quad . \quad . \quad /n$$

Qw = flujo en sección de ancho W (m³/s)

Eo = Qw / Q (Ver Figura del ábaco 21.).

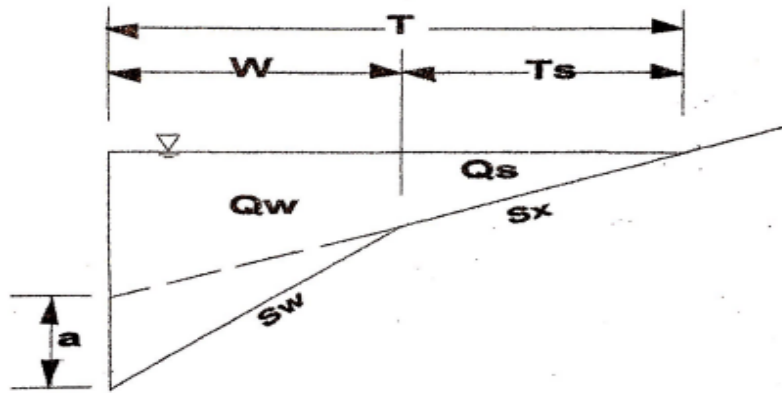


Figura 21. Flujo en brocal –

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

Para la utilización de este ábaco se procede a entrar con el valor de W/T, intersectamos con la curva que representa la división de las pendientes para nuestro

caso en estudio tenemos un valor de S_w/S_x de 5, esta sería nuestra curva a intersectar y dando un valor aproximado obtuvimos un valor de E_o de 0,780.

Posterior a esto se procedió al cálculo del gasto en los brocales – cunetas como se muestra en la tabla 13 el cual resulta de multiplicar Q_s por E_o .

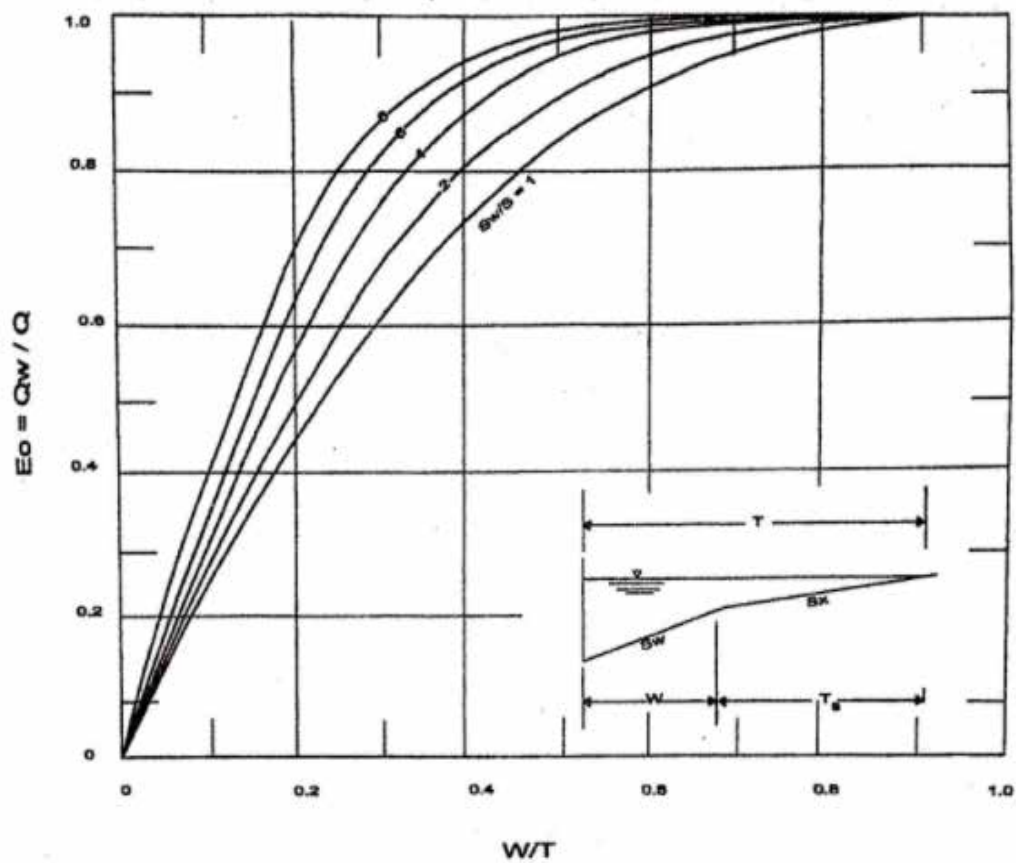


Figura 22. Relación de flujo sobre ancho (w) a flujo total

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

4.3.2 Cálculo de Separación y Ubicación de Sumideros de Ventana

Se realizó el cálculo y ubicación de los sumideros mediante el análisis expresado en las siguientes tablas, siendo estas separadas respecto a su dirección de flujo de caudal, es decir, en el sentido en que fluye el agua, tomando como punto inicial de las tablas la cota más elevada de cada segmento (Ver Figura 26, Figura 27 y Anexo I, Tablas 14, 15, 16 y 17.).

Una vez obtenido el caudal de lluvia en litro por segundo por metro de cada tramo mostrado en la Tabla 12 y obtenido también el caudal de brocal – cuneta con diferentes pendientes en la Tabla 13 se procedió a calcular la ubicación de los sumideros explicando lo siguientes factores:

- a. Se delimito la longitud entre los puntos, desde el punto más alto de ese segmento de pendiente.
- b. Se obtuvo el caudal de lluvia referenciado en la Tabla 12.
- c. Se obtuvo la capacidad vial referenciado en la Tabla 13.
- d. Se calculo el caudal acumulado mediante la siguiente formula:

$$Qa = L \times Qu$$

Donde:

Qa = caudal acumulado (lps)

L = longitud (m)

Qu = caudal lluvia (lps/m)

Nota: si este caudal acumulado no supera la capacidad vial no es necesario la colocación de sumideros en ese tramo, por lo cual se sumará este resultado al cálculo del caudal acumulado del siguiente tramo hasta alcanzar la capacidad vial.

Para el cálculo de la distancia entre sumideros entre tramos uniformes se aplicó la siguiente formula:

$$Ds = Qm / Qu$$

Donde:

Ds = distancia entre sumideros (m)

Q_m = caudal de capacidad vial (lps)

Q_u = caudal lluvia (lps/m)

Nota: Esta fórmula solamente es aplicada para tramos con pendientes y secciones iguales.

4.3.2.1 Dimensión de Sumideros de Ventana

En total se colocarán 12 sumideros a cada lado a lo largo de la vialidad, de los cuales dependiendo de la pendiente, sección transversal y capacidad vial se procederá al cálculo de las dimensiones de estos sumideros aplicando las siguientes formulas: (Ver Anexo I, Tabla 18.).

$$L_t = 0,817 \cdot \frac{Q}{S \cdot E}$$

Donde:

L_t = longitud de la ventana para una eficiencia de 100 %.

Q = caudal de capacidad vial (lps).

S = pendiente longitudinal.

n = número de Manning = 0,016 (Ver tabla 10.).

$S_e = S_x + S_w$. E_o

S_x = pendiente transversal del pavimento = 0,02

S_w = pendiente transversal = 0,10

$E_o = Q_w / Q$ (explicado anteriormente, Ver Figura del ábaco 21.).

$$E = 1 - (1 - E_o)^n$$

Donde:

E = eficiencia del sumidero.

Si E es igual al 100% el sumidero tendrá la capacidad de interceptar todo el caudal de la capacidad vial sin que exista caudal remanente.

L = longitud de diseño elegida del sumidero.

$$Q_i = Q_a \times E$$

Donde:

Q_a = caudal acumulado (lps)

E = eficiencia

Vista Transversal de Sumidero de Ventana

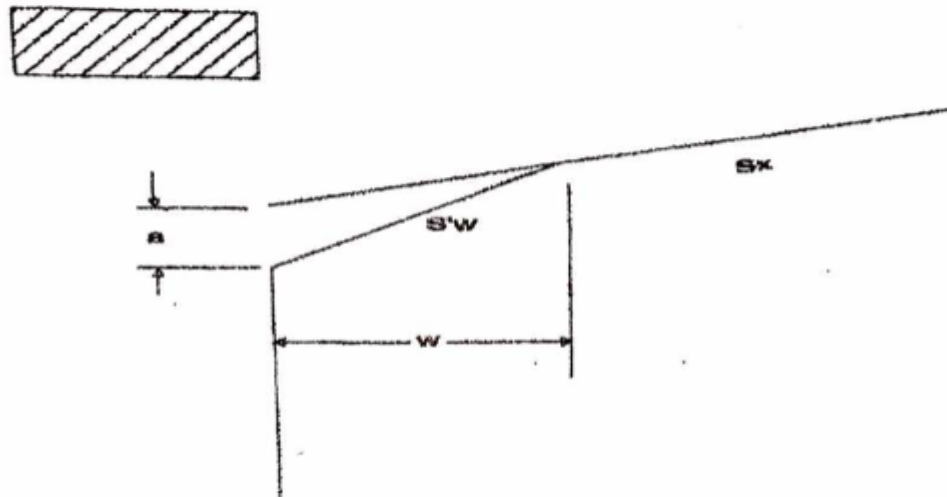


Figura 23. Sumidero de Ventana

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

Vista de Planta de Sumidero de Ventana

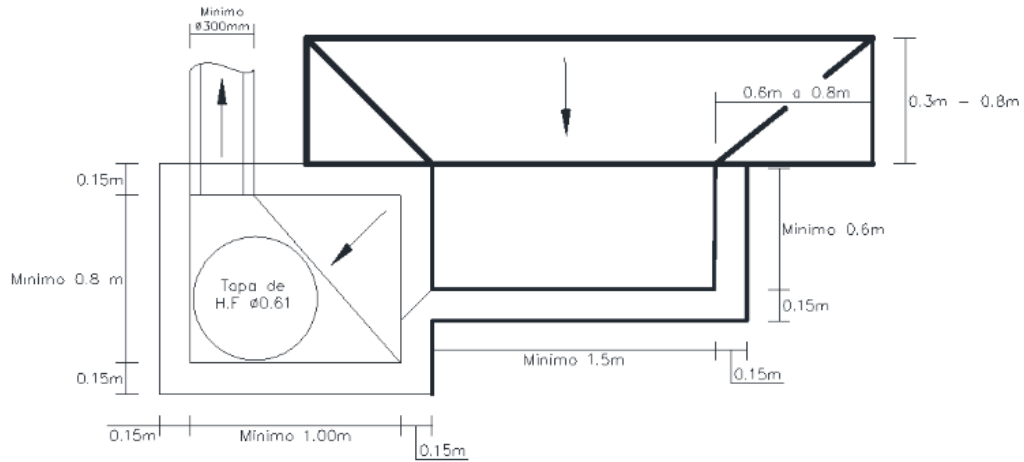


Figura 24. Sumidero de Ventana

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

Donde:

Q_u = Caudal de lluvia (lps/m) = esto es igual al gasto en cada dirección con respecto a la capacidad vial.

Q_m = Capacidad vial del Brocal – Cuneta (lps)

Q_a = Caudal acumulado (lps) = Longitud * Q_u

N° = Numero del sumidero en el proyecto

$$S_e = S_x + S_w * E_o$$

$$L_t = 0,817 \cdot \frac{Q_a}{Q_m} = \text{longitud de la ventana para captación (m)}$$

L = longitud real del sumidero de ventana

E = eficiencia $E = 1 -$

Q_i = Caudal interceptado (lps)

Q_r = caudal remanente (lps)

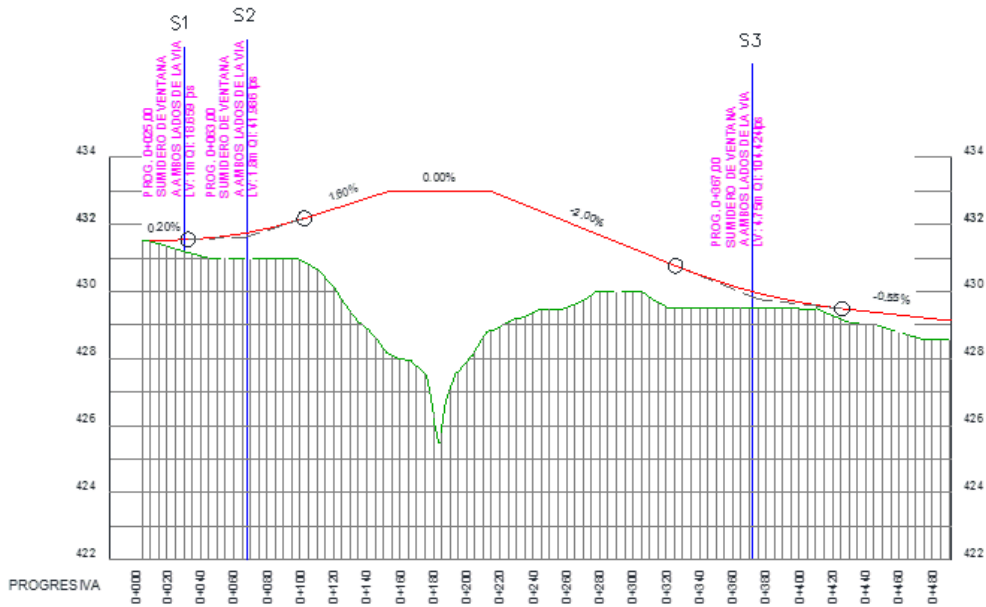


Figura 25. Colocación de Sumideros y Torrenteras

Fuente: Dávila Angélica y José González

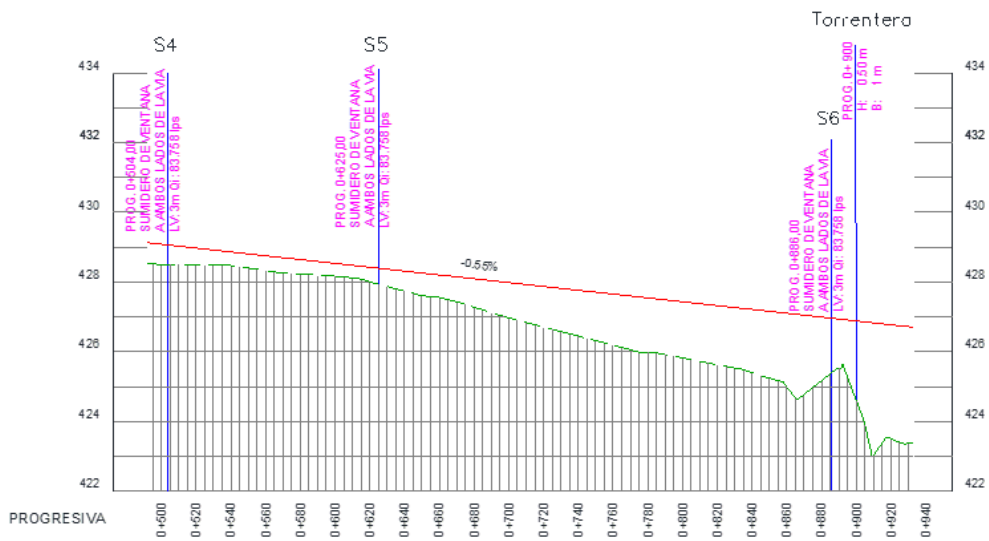


Figura 26. Colocación de Sumideros y Torrenteras

Fuente: Dávila Angélica y José González

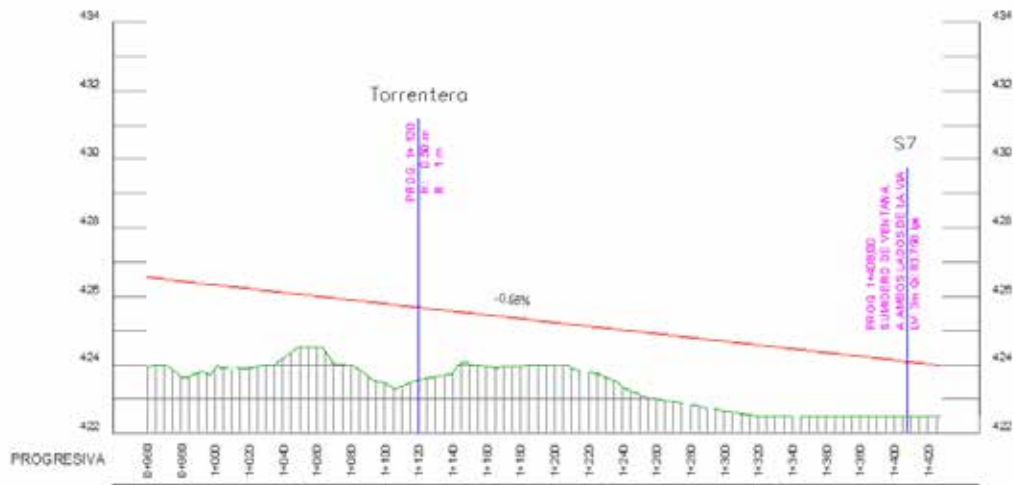


Figura 27. Colocación de Sumideros y Torrenteras
Fuente: Dávila Angélica y José González

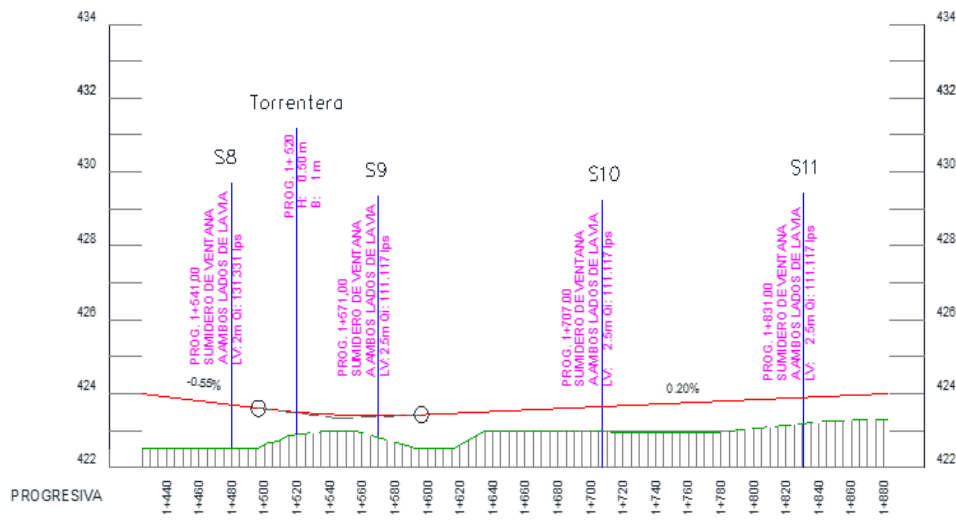


Figura 28. Colocación de Sumideros y Torrenteras
Fuente: Dávila Angélica y José González

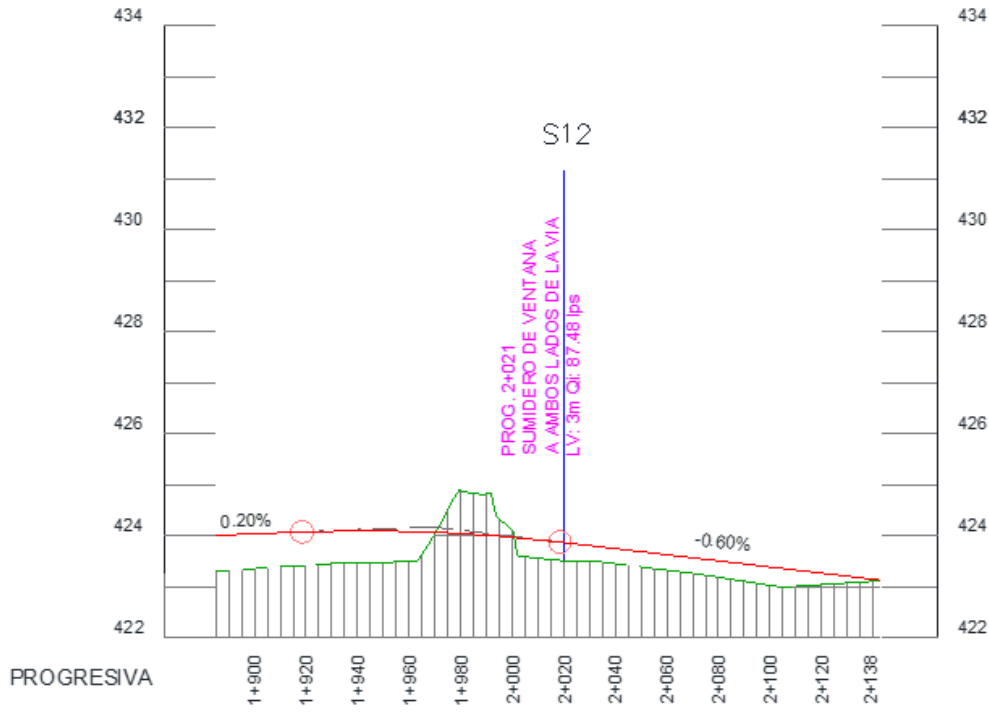


Figura 29. Colocación de Sumideros y Torrenteras

Fuente: Dávila Angélica y José González

4.3.3 Colocación de Torrenteras

Se colocaron torrenteras a lo largo de la vialidad siguiendo el Plan Rector de Drenajes Viales para la disposición de las aguas pluviales al Rio Cabriales, colocando 5 torrenteras como se especifican en los planos de Autocad y el respectivo detallado de las mismas. (Ver plano de Autocad, Tabla 19 y Figuras 33, 34 y 35.).

Características de las Torrenteras de la Av. Paseo Valencia tramo Kayson – Av. Sesquicentenario

TORRENTERAS						
Progresiva	Ubicación	B (m)	h (m)	# Escalones	Le (m)	Observaciones
0+900	Este y Oeste	1,00	0,50	3	1,50	Descarga en cajón de ingreso

1+120	Este y Oeste	1,00	0,50	3	1,50	Descarga en cajón de ingreso
1+520	Oeste	1,00	0,50	3	1,50	Descarga en cajón de ingreso

Tabla 19. Especificaciones de las torrenteras
Fuente: Dávila Angélica y José González.

Detalle de Torrentera

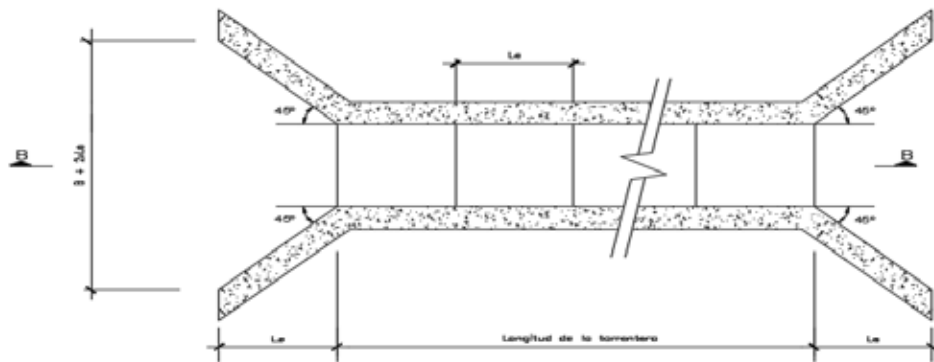


Figura 30. Vista de planta, detalle Típico de Torrentera
Fuente: Libro de Detalles Típicos de Obras Civiles por Harry Osers

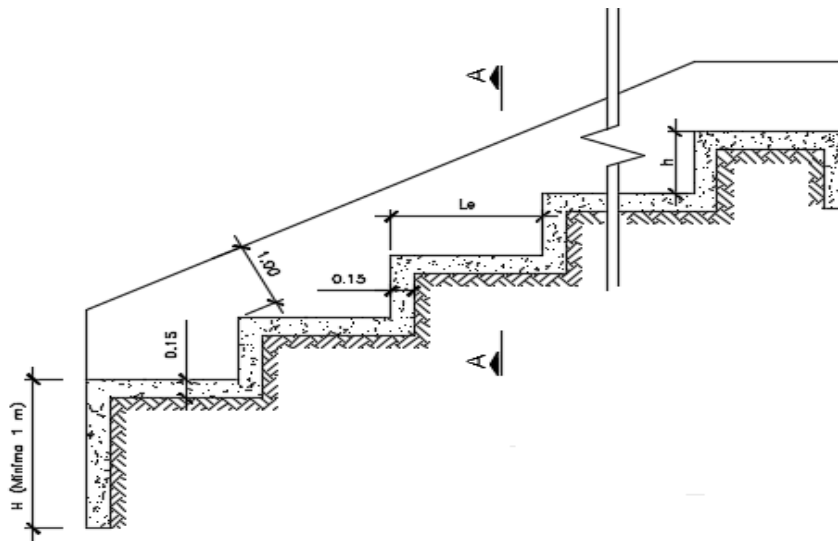


Figura 31. Corte B-B, detalle Típico de Torrentera
Fuente: Libro de Detalles Típicos de Obras Civiles por Harry Osers

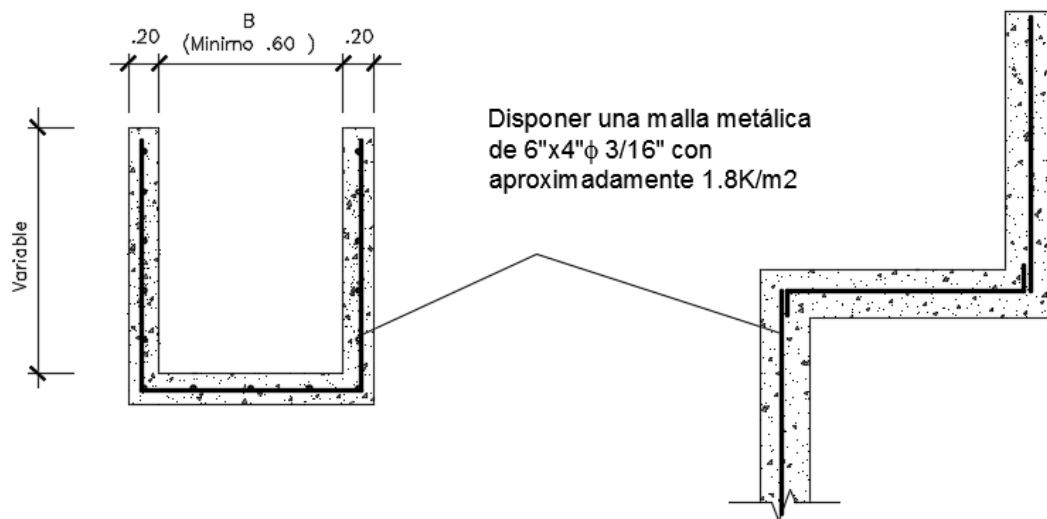


Figura 32. Corte A-A, detalle Típico de Torrentera

Fuente: Libro de Detalles Típicos de Obras Civiles por Harry Osers

4.4 Cálculo de Colectores

Luego de obtener los caudales interceptados por los sumideros se realizó la selección de los diámetros de estos colectores que dirigirá el agua hasta un punto de descarga planificado en el Plan Rector de Drenajes en la ciudad de Valencia Edo. Carabobo. Dichos diámetros se encuentran tabulados en el Anexo II.

Los factores para la selección del diámetro del colector dependen de la pendiente en la que se colocó el colector y el caudal que estos dirigen (Ver Anexo I, Tabla 20, Anexos II Tablas 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29).

4.4.1 Colocación de Bocas de Visita

Las bocas de visita permiten la inspección y facilitan la limpieza. Basándonos en las Normas INOS de 1975 existen siete tipos de bocas de visita de acuerdo a las profundidades y diámetros que concurran en ellas (Ver Tabla 30.).

Bocas de visita Tipo INOS

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	5,00		1,22	
4	Ib	5,00			1,52	
3b		1,15	5,00	1,22		Base ensanchada
4b		5,00		1,22		Base ensanchada
3c	Ic	1,15	5,00			Con caída
4c	Id	5,00				Con caída

Tabla 30. Bocas de visita tipo INOS

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

En nuestro estudio se ubicaron bocas de visitas en las intersecciones existentes entre el colector principal y la descarga de los sumideros y en donde consideramos necesario la colocación a lo largo de la vialidad del colector de acuerdo a la siguiente tabla estipulada en la norma (Ver plano de Autocad y Tabla 31.).

Separación máxima entre bocas de visita en función del diámetro del colector

mm	Pulgadas	Separación máx (m)
300 - 600	12'' - 24''	100
700 - 900	27'' - 36''	125
1000 - 1400	42'' - 54''	150
1500 - mayor	60'' - mayor	300

Tabla 31. Separación máxima entre bocas de visita en función del diámetro del colector
Fuente: Libro de Diseño de Obras de Drenaje Volumen I por Ing. Francisco Camacho.

Para nuestro estudio utilizamos una boca de visita Tipo INOS 3 Ia ya que al calcular los colectores ninguna excede el 1 m de altura ni los diámetros de los colectores no exceden los 1,22 m de diámetro (Ver Anexo I, Tabla 20 y Figura 33.).

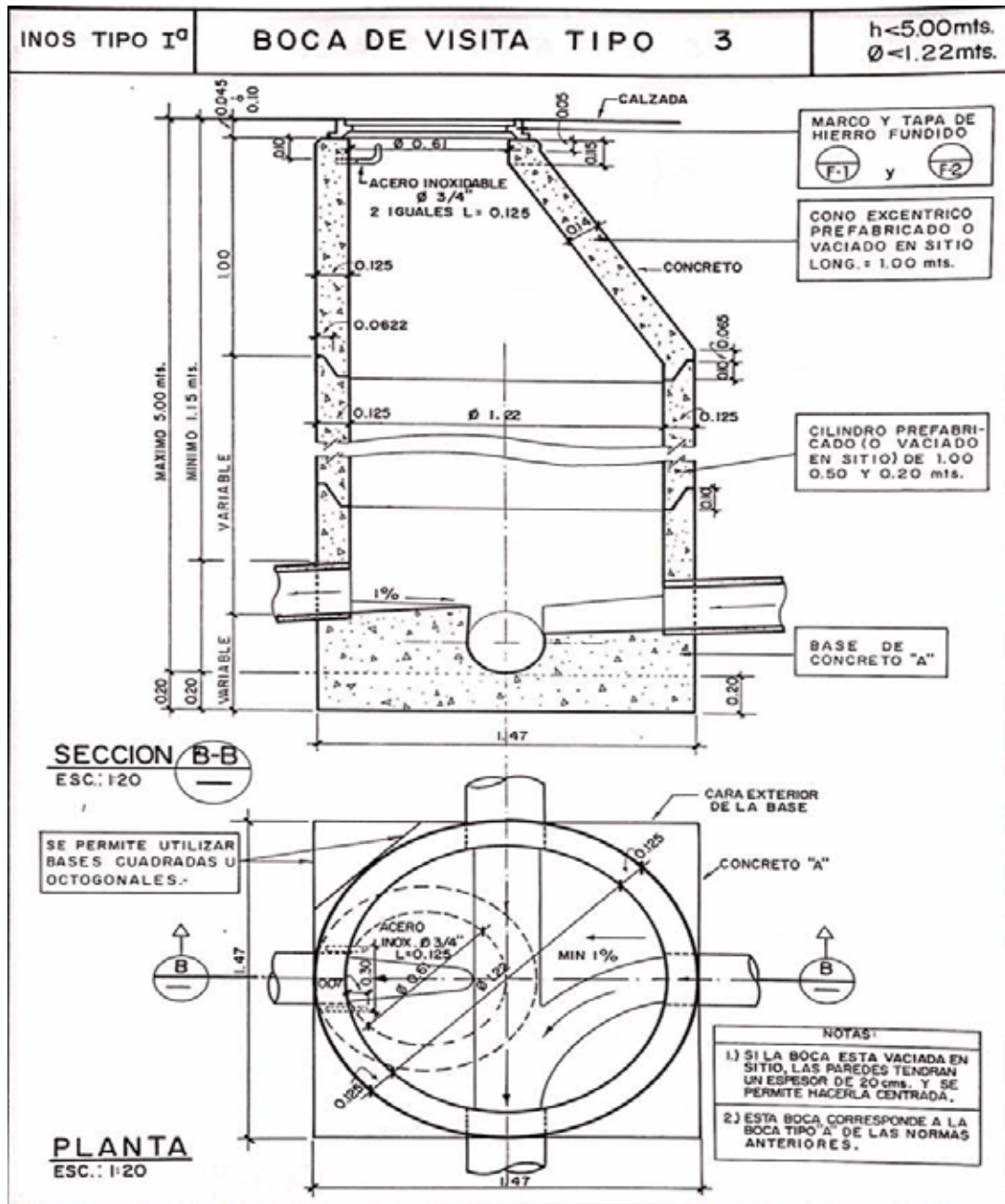


Figura 33. Boca de Visita Tipo INOS 3 Ia

Fuente: Libro de Detalles Típicos de Obras Civiles por Harry Osers

CONCLUSIONES

Al momento de diseñar una vía de comunicación, se debe diseñar también el drenaje para la misma, ya que al no hacerlo ocasionaremos problemas en la misma para ello se realizó el estudio hidrológico de la vialidad Av. Paseo Valencia tramo Kayson – Av. Sesquicentenario.

El sistema de drenaje fue diseñado calculando el período de retorno para realizar las curvas IDF, con estas se pudo obtener la intensidad de lluvia para posterior a esto calcular el caudal con el cual se diseñarán los diámetros de las tuberías.

También se puede señalar que para realizar el diseño se calculó la capacidad vial, sin embargo, el mismo fue calculado al momento de tener pendientes transversales de pavimentos iguales por lo que las cunetas tendrían muy poca capacidad de caudal colocando sumideros a muy poca distancia. Es por ello que se procedió a realizar el cálculo del caudal para brocales – cunetas de diferentes pendientes transversales el cual nos arrojó como resultado una capacidad mayor.

Como resultado de los cálculos concluimos lo siguiente colocar 24 sumideros de ventanas, 12 sumideros en cada vía, implementando 5 torrenteras a lo largo de la vialidad para la disposición más efectiva de las aguas pluviales, para evitar que el remanente de la capacidad vial no colapse al sumidero principal en el punto más bajo de la vialidad.

De acuerdo al caudal proveniente de los sumideros y en la pendiente donde estos estuvieran colocados se procedió a la colocación de los colectores 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.

RECOMENDACIONES

Se recomienda proponer el canal de descarga de los colectores al cuerpo de agua o cual sea el destino final de las aguas pluviales recolectadas y dirigidas hasta el punto bajo de la vialidad donde estas convergen.

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.

Realizar mantenimiento y limpieza periódicos para evitar la obstrucción de los sumideros por el arrastre de desechos sólidos que puedan llegar de alguna forma a la vialidad ya sea por la contaminación humana, la vegetación en exceso o cualquier componente que pueda llegar a la vialidad.

Realizar mantenimiento limpieza y mantenimiento de los colectores periódicamente para eliminar la posible sedimentación que pueda disminuir la eficiencia de las tuberías en momento de alta precipitación.

Tomar en cuenta el gasto conducido por los colectores al siguiente tramo de la av. Paseo Valencia.

Anexos I

Tablas de Resultados

Tabla para la elaboración de Curvas IDF

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 1. Datos tabulados de Duración e Intensidad

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

Cálculo del Caudal de Diseño

Tramo	Longitud	Área Asfalto	Áreas Verdes	Áreas Concreto	Área Total	Área Total	C Promedio	Pendiente	Tcs	Tv	Tc	Intensidad	Caudal	Caudal
	m	m ²	m ²	m ²	m ²	ha		S	min	min	min	l/s/ha	l/s	m ³ /s
1	62,4	975,2	43,66	382,24	1401,1	0,14011	0,916	0,002	1,40	5,15	6,54	526,13	67,53	0,0675
2	55,61	500,6	38,9	347,68	887,18	0,08872	0,902	0,016	0,49	2,11	2,61	567	45,37	0,0454
3	30,57	519,96	0	207,63	727,59	0,072759	0,936	0,016	0,49	1,33	1,83	567	38,60	0,0386
4	60	1145,28	0	61,2	1206,48	0,120648	0,947	0	N/A	N/A	N/A	567	64,81	0,0648
5	53,7	772,19	0	144,41	916,6046	0,09166046	0,942	0,02	0,44	1,89	2,33	567	48,96	0,0490
6	22,15	503,97	0	119,62	623,59	0,062359	0,940	0,02	0,44	0,96	1,40	567	33,25	0,0333
7	47,54	934,83	158,32	278,4	1371,55	0,137155	0,865	0,02	0,44	1,72	2,16	567	67,25	0,0673
8	33,27	619,56	83,21	446,17	1148,94	0,114894	0,884	0,02	0,44	1,31	1,75	567	57,56	0,0576
9	108,92	1853	471,35	889,06	3213,41	0,321341	0,841	0,0055	0,84	5,35	6,20	534,66	144,46	0,1445
10	40,36	1121,85	109,58	184,33	1415,76	0,141576	0,893	0,0055	0,84	2,49	3,33	567	71,70	0,0717
11	39,41	907,26	218,71	436,16	1562,13	0,156213	0,845	0,0055	0,84	2,45	3,29	567	74,85	0,0748
12	1001,8	23108,58	5888	11172,36	40168,94	4,016894	0,841	0,0055	0,84	29,55	30,40	190	641,72	0,6417
13	36,2	932,41	90,56	464,13	1487,1	0,14871	0,895	0,002	1,40	3,38	4,78	567	75,45	0,0754
14	56,11	1999,04	240,75	761,37	3001,16	0,300116	0,885	0,002	1,40	4,74	6,14	535,2	142,18	0,1422
15	38,08	985,56	109,08	461,3	1555,94	0,155594	0,890	0,002	1,40	3,52	4,92	567	78,48	0,0785
16	94,56	2172,82	530,63	1410,39	4113,84	0,411384	0,849	0,002	1,40	7,09	8,48	507,46	177,24	0,1772
17	40,12	970	131,98	336,17	1438,15	0,143815	0,879	0,002	1,40	3,66	5,06	567	71,65	0,0716
18	166,96	3851,06	1111,81	2890,59	7853,46	0,785346	0,840	0,002	1,40	10,98	12,38	426,51	281,22	0,2812
19	34,76	799,16	262,05	381,46	1442,67	0,144267	0,819	0,006	0,81	2,15	2,96	567	66,97	0,0670
20	21,8	453,87	60,89	205,31	720,07	0,072007	0,881	0,006	0,81	1,50	2,31	567	35,96	0,0360
21	36,84	964,4	371,48	209,4	1545,28	0,154528	0,787	0,006	0,81	2,25	3,05	567	68,95	0,0690
22	34,14	1477,23	363,54	364,05	2204,82	0,220482	0,835	0,006	0,81	2,12	2,93	567	104,33	0,1043
23	40,38	690,45	353,75	240,93	1285,13	0,128513	0,762	0,006	0,81	2,41	3,22	567	55,50	0,0555

Tabla 9. Datos del Caudal de Diseño

Fuente: Dávila Angélica y José González

Límite de Inundación permisible en vías de zona urbana

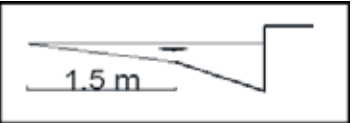
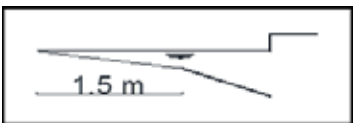
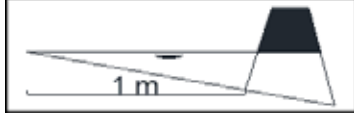
		Un metro y medio del ancho de la calzada	15	10	10
		Un metro y medio del ancho de la calzada	50	25	15
		Un metro del ancho de la calzada	15	10	—
: El drenaje superficial de las vías en zonas urbanas debe ser coordinado con las autoridades competentes de la localidad					

Tabla 11. Límites de inundación permisible en vías de zonas urbanas

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

Cálculo de la Capacidad de Gasto Vial (Qm)

Tramo	Longitud	Área Total	C Promedio	Caudal	Caudal en c/dirección	Pendiente	Z	Sx	T	Y	n	Qm
									m	cm		
1	62,4	0,14011	0,916	67,53	0,5411	0,002	50	0,02	2,1	4,2	0,016	11,2306
2	55,61	0,08872	0,902	45,37	0,4079	0,016	50	0,02	2,1	4,2	0,016	31,7648
3	30,57	0,072759	0,936	38,60	0,6314	0,016	50	0,02	2,1	4,2	0,016	31,7648
4	60	0,120648	0,947	64,81	0,5401	0	50	0,02	2,1	4,2	0,016	0,0000
5	53,7	0,09166046	0,942	48,96	0,4559	0,02	50	0,02	2,1	4,2	0,016	35,5141
6	22,15	0,062359	0,940	33,25	0,7506	0,02	50	0,02	2,1	4,2	0,016	35,5141
7	47,54	0,137155	0,865	67,25	0,7073	0,02	50	0,02	2,1	4,2	0,016	35,5141
8	33,27	0,114894	0,884	57,56	0,8650	0,02	50	0,02	2,1	4,2	0,016	35,5141
9	108,92	0,321341	0,841	144,46	0,6631	0,0055	50	0,02	2,1	4,2	0,016	18,6238
10	40,36	0,141576	0,893	71,70	0,8882	0,0055	50	0,02	2,1	4,2	0,016	18,6238
11	39,41	0,156213	0,845	74,85	0,9496	0,0055	50	0,02	2,1	4,2	0,016	18,6238
12	1001,8	4,016894	0,841	641,72	0,3203	0,0055	50	0,02	2,1	4,2	0,016	18,6238
13	36,2	0,14871	0,895	75,45	1,0421	0,002	50	0,02	2,1	4,2	0,016	11,2306
14	56,11	0,300116	0,885	142,18	1,2670	0,002	50	0,02	2,1	4,2	0,016	11,2306
15	38,08	0,155594	0,890	78,48	1,0305	0,002	50	0,02	2,1	4,2	0,016	11,2306
16	94,56	0,411384	0,849	177,24	0,9372	0,002	50	0,02	2,1	4,2	0,016	11,2306
17	40,12	0,143815	0,879	71,65	0,8929	0,002	50	0,02	2,1	4,2	0,016	11,2306
18	166,96	0,785346	0,840	281,22	0,8422	0,002	50	0,02	2,1	4,2	0,016	11,2306
19	34,76	0,144267	0,819	66,97	0,9633	0,006	50	0,02	2,1	4,2	0,016	19,4519
20	21,8	0,072007	0,881	35,96	0,8248	0,006	50	0,02	2,1	4,2	0,016	19,4519
21	36,84	0,154528	0,787	68,95	0,9358	0,006	50	0,02	2,1	4,2	0,016	19,4519
22	34,14	0,220482	0,835	104,33	1,5280	0,006	50	0,02	2,1	4,2	0,016	19,4519
23	40,38	0,128513	0,762	55,50	0,6873	0,006	50	0,02	2,1	4,2	0,016	19,4519

Tabla 12. Datos de la Capacidad de Gasto Vial

Fuente: Dávila Angélica y José González

Valores para la obtención del Caudal Brocal –

Tramo	Longitud	Pendiente	Sx	Sw	Sw/Sx	W	Ts	T	W/T	n	Qs	Eo	Caudal Brocal - Cuneta
						m	m	m			m3/s		lps
1	62,4	0,002	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,005	0,780	20,568
2	55,61	0,016	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,031	0,780	142,858
3	30,57	0,016	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,031	0,780	142,858
4	60	0	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,000	0,780	0,000
5	53,7	0,02	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,035	0,780	159,720
6	22,15	0,02	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,035	0,780	159,720
7	47,54	0,02	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,035	0,780	159,720
8	33,27	0,02	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,035	0,780	159,720
9	108,92	0,0055	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,018	0,780	83,758
10	40,36	0,0055	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,018	0,780	83,758
11	39,41	0,0055	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,018	0,780	83,758
12	1001,8	0,0055	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,018	0,780	83,758
13	36,2	0,002	0,02	0,10	5,00	0,8	1,5	2,3	0,348	0,016	0,011	0,875	111,117
14	56,11	0,002	0,02	0,10	5,00	0,8	1,5	2,3	0,348	0,016	0,011	0,875	111,117
15	38,08	0,002	0,02	0,10	5,00	0,8	1,5	2,3	0,348	0,016	0,011	0,875	111,117
16	94,56	0,002	0,02	0,10	5,00	0,8	1,5	2,3	0,348	0,016	0,011	0,875	111,117
17	40,12	0,002	0,02	0,10	5,00	0,8	1,5	2,3	0,348	0,016	0,011	0,875	111,117
18	166,96	0,002	0,02	0,10	5,00	0,8	1,5	2,3	0,348	0,016	0,011	0,875	111,117
19	34,76	0,006	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,019	0,780	87,482
20	21,8	0,006	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,019	0,780	87,482
21	36,84	0,006	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,019	0,780	87,482
22	34,14	0,006	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,019	0,780	87,482
23	40,38	0,006	0,02	0,10	5,00	0,6	1,5	2,1	0,286	0,016	0,019	0,780	87,482

Tabla 13. Datos del Caudal Brocal - Cuneta

Fuente: Dávila Angélica y José González

Distancia entre Sumideros

Distancia entre sumideros tramo entre progresivas 0+000,00 a 0+149,024							
Puntos	Progresivas	Longitud	Caudal Lluvia	Capacidad Vial	Caudal Acumulado	Condición de tramo	N°
No	m	m	Qu lps/m	Qm lps	Qa lps		
4	149,024		0,631	142,858	19,302	No Necesita Sumidero	
		30,57					
3	118,01		0,408	142,858	41,986	No Necesita Sumidero	
		55,61					
2	62,42		0,541	20,568	33,766	Necesita Sumidero	
		62,4					
1	0						1 - 2

Tabla 14. Cálculo de la distancia entre sumideros

Fuente: Dávila Angélica y José González

Distancia entre sumideros tramo entre progresivas 0+209,024 a 1+541,353							
Puntos	Progresivas	Longitud	Caudal Lluvia	Capacidad Vial	Caudal Acumulado	Condición de tramo	N°
No	m	m	Qu lps/m	Qm lps	Qa lps		
5	209,024	55,7	0,456	159,720	25,394	No Necesita Sumidero	
6	264,724		0,751	159,720	42,019	No Necesita Sumidero	
7	286,874	22,15	0,707	159,720	75,646	No Necesita Sumidero	
		47,54					
8	334,414	33,27	0,865	159,720	104,424	No Necesita Sumidero	
		108,92					
9	367,684	40,36	0,663	83,758	72,230	Necesita Sumidero	3
10	476,604		0,888	83,758	24,322	Necesita Sumidero	4
11	516,964	39,41	0,950	83,758	61,745	No Necesita Sumidero	
		1001,8					
12	556,374		0,320	83,758	131,331	Necesita sumideros	5 - 6
							Torrenteras

13	1541,353						7 - 8
							Torrentera

Distancia entre Sumideros

Tabla 15. Cálculo de la distancia entre sumideros

Fuente: Dávila Angélica y José González

Distancia entre Sumideros

Distancia entre sumideros tramo entre progresivas 1+541,353 a 1+963,44							
	Progresivas	Longitud	Caudal Lluvia	Capacidad Vial	Caudal Acumulado	Condición de tramo	N°
	m	m	Qu lps/m	Qm lps	Qa lps		
18	1963,44	166,96	0,842	111,117	29,494	Necesita Sumidero	11
17	1796,48		0,893	111,117	65,318	No Necesita Sumidero	
16	1756,36	94,56	0,937	111,117	42,822	Necesita Sumidero	10
15	1661,8		1,030	111,117	82,063	No Necesita Sumidero	
14	1623,72	56,11	1,267	111,117	42,035	Necesita Sumidero	9
13	1541,353		1,042	111,117	79,760	No Necesita Sumidero	
		36,2					Torrentera

Tabla 16. Cálculo de la distancia entre sumideros

Fuente: Dávila Angélica y José González

Distancia entre Sumideros

Distancia entre sumideros tramo entre progresivas 1+963,44 a 2+138,078								
Puntos	Progresivas	Longitud	Caudal Lluvia	Capacidad Vial	Caudal Acumulado	Condición de tramo	N°	
No	m	m	Qu lps/m	Qm lps	Qa lps			
18	1963,44	34,76	0,963	87,482	33,485	No Necesita Sumidero		
19	1998,2		0,825	87,482	51,465	No Necesita Sumidero		
20	2020	21,8	0,936	87,482	85,941	No Necesita Sumidero	12	
21	2056,84	36,84	1,528	87,482	50,627	Necesita Sumidero		
22	2090,98	34,14	0,687	87,482	78,379	No Necesita Sumidero		
23	2138,078	40,38	Prolongación de la vialidad					

Tabla 17. Cálculo de la distancia entre sumideros

Fuente: Dávila Angélica y José González

Dimensión de Sumideros de Ventana

25	1	0,079	1,178	1	0,849	0,967	18,659
63	2	0,079	1,589	1,8	1,132	1,003	41,986
367	3	0,079	4,650	4,75	1,022	1,001	104,424
504	4	0,079	2,878	3	1,043	1,003	83,758
625	5	0,079	2,878	3	1,043	1,003	83,758
886	6	0,079	2,878	3	1,043	1,003	83,758
900	Torreteras						
1120	Torreteras						
1408	7	0,079	2,878	3	1,043	1,003	83,758
1480	8	0,079	2,566	2	0,779	1,057	131,331
1520	Torretera						
1571	9	0,079	2,392	2,5	1,045	1,003	111,117
1707	10	0,079	2,392	2,5	1,045	1,003	111,117
1831	11	0,079	2,392	2,5	1,045	1,003	111,117
2021	12	0,079	3,008	3	0,997	1,000	87,480

Tabla 18. Dimensión de Sumideros de Ventana

Fuente: Dávila Angélica y José González

Cálculo de Colectores

Tramo Nº	Longitud m	Q-real m3/s	Ø cm	Ø plg	S o/oo	Q-lleno m3/s	V-lleno m/s
Tramo A							
CA2 - C.avenida	43	121,28	53	21"	2	174,3	0,78
S1A - CA2	-	18,66	30	12"	2	43,8	0,6
S1B - CA2	-	18,66	30	12"	2	43,8	0,6
CA1 - CA2	40	83,96	30	12"	16	110,9	1,52
S2A - CA1	-	41,98	30	12"	16	110,9	1,52
S2B - CA1	-	41,98	30	12"	16	110,9	1,52
Tramo 1							
S3A - C1	-	104,53	38	15"	5,5	117,5	1,03
S3B - C1	-	104,53	38	15"	5,5	117,5	1,03
C1 - C2	137	209,06	53	21"	5,5	288,3	1,29
S4A - C2	-	83,76	38	15"	5,5	117,5	1,03
S4B - C2	-	83,76	38	15"	5,5	117,5	1,03
C2 - C3	121	376,58	61	24"	5,5	475,7	1,63
S5A - C3	-	83,76	38	15"	5,5	117,5	1,03
S5B - C3	-	83,76	38	15"	5,5	117,5	1,03
C3 - C4	230	544,10	69	27"	5,5	650,1	1,76
S6A - C4	-	83,76	38	15"	5,5	117,5	1,03
S6B - C4	-	83,76	38	15"	5,5	117,5	1,03
C4 - PD1	15	711,62	76	30"	5,5	861,8	1,89
Tramo 2							
S7A - C5	-	84,01	38	15"	5,5	117,5	1,03
S7B - C5	-	84,01	38	15"	5,5	117,5	1,03
C5 - C6	58	168,02	46	18"	5,5	190,4	1,16
S8A - C6	-	84,01	38	15"	5,5	117,5	1,03
S8B - C6	-	84,01	38	15"	5,5	117,5	1,03
C6 - PD2	38	336,04	61	24"	5,5	475,7	1,63
Tramo 3							
C7 - PD3	20	666,70	84	33"	2	667,7	1,21
S9A - C7	-	111,12	61	24"	2	286,0	0,98
S9B - C7	-	111,12	61	24"	2	286,0	0,98
C7 - C8	152	444,47	76	30"	2	519,8	1,14
S10A - C8	-	111,12	61	24"	2	286,0	0,98
S10B - C8	-	111,12	61	24"	2	286,0	0,98
C8 - C9	115	222,23	76	27"	2	519,8	1,14
S11A - C9	-	111,12	61	24"	2	286,0	0,98
S11B - C9	-	111,12	61	24"	2	286,0	0,98
Tramo B							
S12A - CB1	-	87,48	38	15"	6	123,2	1,08
S12B - CB1	-	87,48	38	15"	6	123,2	1,08
CB1 - C.Avenida	Indefinido	174,96	46	18"	6	198,6	1,21

Tabla 20. Cálculo de Colectores

Fuente: Dávila Angélica y José González

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 21. 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 22. 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	11,8	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 23. 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: 46 cm (18")				
Sección Llena			D = 5 cm	
Pendiente (S)	Gasto (Q)	Velocidad	Gasto (Q)	Velocidad
0 - 00	l/s	m /s	l/s	m/s
1,5	100,1	0,61	2,5	0,26
2	114,9	0,7	2,9	0,3
2,5	128	0,78	3,2	0,33
3	141,2	0,86	3,6	0,37
3,5	152,7	0,93	3,9	0,4
4	162,5	0,99	4,1	0,42
4,5	172,4	1,05	4,4	0,45
5	182,1	1,11	4,6	0,47
5,5	190,4	1,16	4,9	0,5
6	198,6	1,21	5,1	0,52
6,5	206,8	1,26	5,3	0,54
7	215	1,31	5,5	0,56
7,5	223,2	1,36	5,6	0,58
8	229,8	1,4	5,8	0,6
8,5	236,4	1,44	6	0,62
9	244,6	1,49	6,1	0,63
9,5	251,1	1,53	6,3	0,65
10	257,7	1,57	6,5	0,67
11	269,2	1,64	6,8	0,7
12	282,3	1,72	7,1	0,73
13	293,8	1,79	7,4	0,76
14	303,7	1,85	7,7	0,79
15	315,2	1,92	8	0,82
16	325	1,98	8,3	0,85

Tabla 24. 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: 53 cm (21")				
Sección Llena			D = 5 cm	
Pendiente (S)	Gasto (Q)	Velocidad	Gasto (Q)	Velocidad
0 - 00	l/s	m /s	l/s	m/s
1	122,9	0,55	2,2	0,21
1,5	149,7	0,67	2,8	0,26
2	174,3	0,78	3,2	0,3
2,5	194,4	0,87	3,6	0,34
3	212,3	0,95	3,9	0,37
3,5	230,2	1,03	4,2	0,4
4	245,8	1,1	4,4	0,42
4,5	259,2	1,16	4,8	0,45
5	274,8	1,23	5	0,47
5,5	288,3	1,29	5,3	0,5
6	301,7	1,35	5,5	0,52
6,5	312,8	1,4	5,7	0,54
7	324	1,45	5,9	0,56
7,5	335,2	1,5	6,1	0,58
8	346,3	1,55	6,3	0,6
8,5	357,5	1,6	6,6	0,62
9	368,7	1,65	6,8	0,64
9,5	377,6	1,69	6,9	0,65
10	388,8	1,74	7,1	0,67
11	406,7	1,82	7,4	0,7
12	424,6	1,9	7,7	0,73
13	442,4	1,98	8	0,76
14	458,1	2,05	8,4	0,79
15	475,9	2,13	8,7	0,82
16	491,6	2,2	9	0,85

Tabla 25. 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: 61 cm (24")				
Sección Llena			D = 5 cm	
Pendiente (S)	Gasto (Q)	Velocidad	Gasto (Q)	Velocidad
0 - 00	l/s	m/s	l/s	m/s
0,5	143	0,49	1,9	0,17
1	201,4	0,69	2,8	0,25
1,5	248,1	0,85	3,4	0,3
2	286	0,98	4	0,35
2,5	321	1,1	4,4	0,39
3	350,2	1,2	4,9	0,43
3,5	379,4	1,3	5,2	0,46
4	405,7	1,39	5,6	0,49
4,5	429	1,47	5,9	0,52
5	452,4	1,55	6,2	0,55
5,5	475,7	1,63	6,6	0,58
6	496,1	1,7	6,8	0,6
6,5	516,6	1,77	7,1	0,63
7	537	1,84	7,4	0,65
7,5	554,5	1,9	7,6	0,67
8	572	1,96	7,8	0,69
8,5	589,5	2,02	8,2	0,72
9	607	2,08	8,4	0,74
9,5	624,6	2,14	8,6	0,76
10	639,2	2,19	8,8	0,78
10,5	656,7	2,25	9,1	0,8
11	671,3	2,3	9,2	0,81
11,5	685,8	2,35	9,4	0,83
12	700,4	2,4	9,6	0,85
12,5	715	2,45	9,9	0,87
13	729,6	2,5	10,1	0,89
13,5	744,2	2,55	10,2	0,9
14	755,9	2,59	10,4	0,92
14,5	770,5	2,64	10,7	0,94
15	785,1	2,69	10,8	0,95
15,5	796,8	2,73	11	0,97
16	808,4	2,77	11,1	0,98

Tabla 26. 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: 69 cm (27")				
Sección Llena			D = 5 cm	
Pendiente (S)	Gasto (Q)	Velocidad	Gasto (Q)	Velocidad
0 - 00	l/s	m /s	l/s	m/s
1,5	339,8	0,92	3,6	0,3
2	391,5	1,06	4,2	0,35
2,5	439,6	1,19	4,7	0,39
3	480,2	1,3	5,2	0,43
3,5	520,8	1,41	5,6	0,46
4	554,1	1,5	5,9	0,49
4,5	587,3	1,59	6,3	0,52
5	620,5	1,68	6,6	0,55
5,5	650,1	1,76	7	0,58
6	679,6	1,84	7,3	0,61
6,5	705,5	1,91	7,6	0,63
7	735	1,99	7,9	0,65
7,5	760,1	2,06	8,2	0,68
8	783,1	2,12	8,5	0,7
8,5	808,9	2,19	8,7	0,72
9	831,1	2,25	8,9	0,74
9,5	856,9	2,32	9,2	0,76
10	879,1	2,38	9,4	0,78
10,5	897,6	2,43	9,7	0,8
11	919,7	2,49	9,9	0,82
11,5	941,1	2,55	10,1	0,84
12	960,4	2,6	10,3	0,85
12,5	982,5	2,66	10,5	0,87
13	1001	2,71	10,8	0,89
13,5	1019,5	2,76	11	0,91
14	1037,9	2,81	11,1	0,92
14,5	1056,4	2,86	11,4	0,94
15	1074,9	2,91	11,6	0,96
15,5	1093,3	2,96	11,7	0,97
16	1108,1	3	12	0,99

Tabla 27. 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: 76 cm (30")				
Sección Llena			D = 5 cm	
Pendiente (S)	Gasto (Q)	Velocidad	Gasto (Q)	Velocidad
0 - 00	l/s	m /s	l/s	m/s
1,5	451,4	0,99	3,8	0,3
2	519,8	1,14	4,5	0,35
2,5	583,7	1,28	5	0,39
3	638,4	1,4	5,5	0,43
3,5	688,6	1,51	5,9	0,46
4	734,2	1,61	6,3	0,49
4,5	779,8	1,71	6,6	0,52
5	820,8	1,8	7	0,55
5,5	861,8	1,89	7,4	0,58
6	902,9	1,98	7,8	0,61
6,5	939,4	2,06	8	0,63
7	971,3	2,13	8,3	0,65
7,5	1007,8	2,21	8,7	0,68
8	1039,7	2,28	8,9	0,7
8,5	1071,6	2,35	9,2	0,72
9	1103,5	2,42	9,4	0,74
9,5	1135,4	2,49	9,7	0,76
10	1162,8	2,55	10	0,78
10,5	1190,2	2,61	10,2	0,8
11	1222,1	2,68	10,5	0,82
11,5	1244,9	2,73	10,7	0,84
12	1272,2	2,79	11	0,85
12,5	1299,6	2,85	11,1	0,87
13	1327	2,91	11,4	0,89
13,5	1349,8	2,96	11,6	0,91
14	1377,1	3,02	11,7	0,92
14,5	1399,9	3,07	12	0,94
15	1422,7	3,12	12,3	0,96
15,5	1450,1	3,18	12,4	0,97
16	1472,9	3,23	12,6	0,99

Tabla 28. 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: 84 cm (33")				
Sección Llena			D = 5 cm	
Pendiente (S)	Gasto (Q)	Velocidad	Gasto (Q)	Velocidad
0 - 00	l/s	m /s	l/s	m/s
1,5	579,4	1,05	4	0,3
1,6	596	1,08	4,2	0,31
1,8	634,4	1,15	4,4	0,33
2	667,7	1,21	4,7	0,35
2,2	700,8	1,27	5	0,37
2,4	733,9	1,33	5,1	0,38
2,5	750,5	1,36	5,2	0,39
2,6	761,5	1,38	5,4	0,4
2,8	789,1	1,43	5,5	0,41
3	822,2	1,49	5,8	0,43
3,5	888,4	1,61	6,2	0,46
4	949,1	1,72	6,7	0,5
4,5	1004,1	1,82	7,1	0,53
5	1059,5	1,92	7,4	0,55
5,5	1109,2	2,01	7,8	0,58
6	1158,8	2,1	8,2	0,61
6,5	1208,5	2,19	8,5	0,63
7	1252,6	2,27	8,9	0,66
7,5	1296,8	2,35	9,1	0,68
8	1335,4	2,42	9,4	0,7
8,5	1379,6	2,5	9,7	0,72
9	1418,2	2,57	9,9	0,74
9,5	1456,8	2,64	10,2	0,76
10	1495,4	2,71	10,5	0,78
10,5	1534,1	2,78	10,7	0,8
11	1567,2	2,84	11	0,82
11,5	1605,8	2,91	11,3	0,84
12	1638,9	2,97	11,5	0,86
12,5	1672	3,03	11,8	0,88
13	1705,1	3,09	11,9	0,89
13,5	1738,2	3,15	12,2	0,91
14	1771,3	3,21	12,5	0,93
14,5	1804,5	3,27	12,6	0,94
15	1832	3,32	12,9	0,96
15,5	1865,2	3,38	13	0,97
16	1892,7	3,43	13,3	0,99

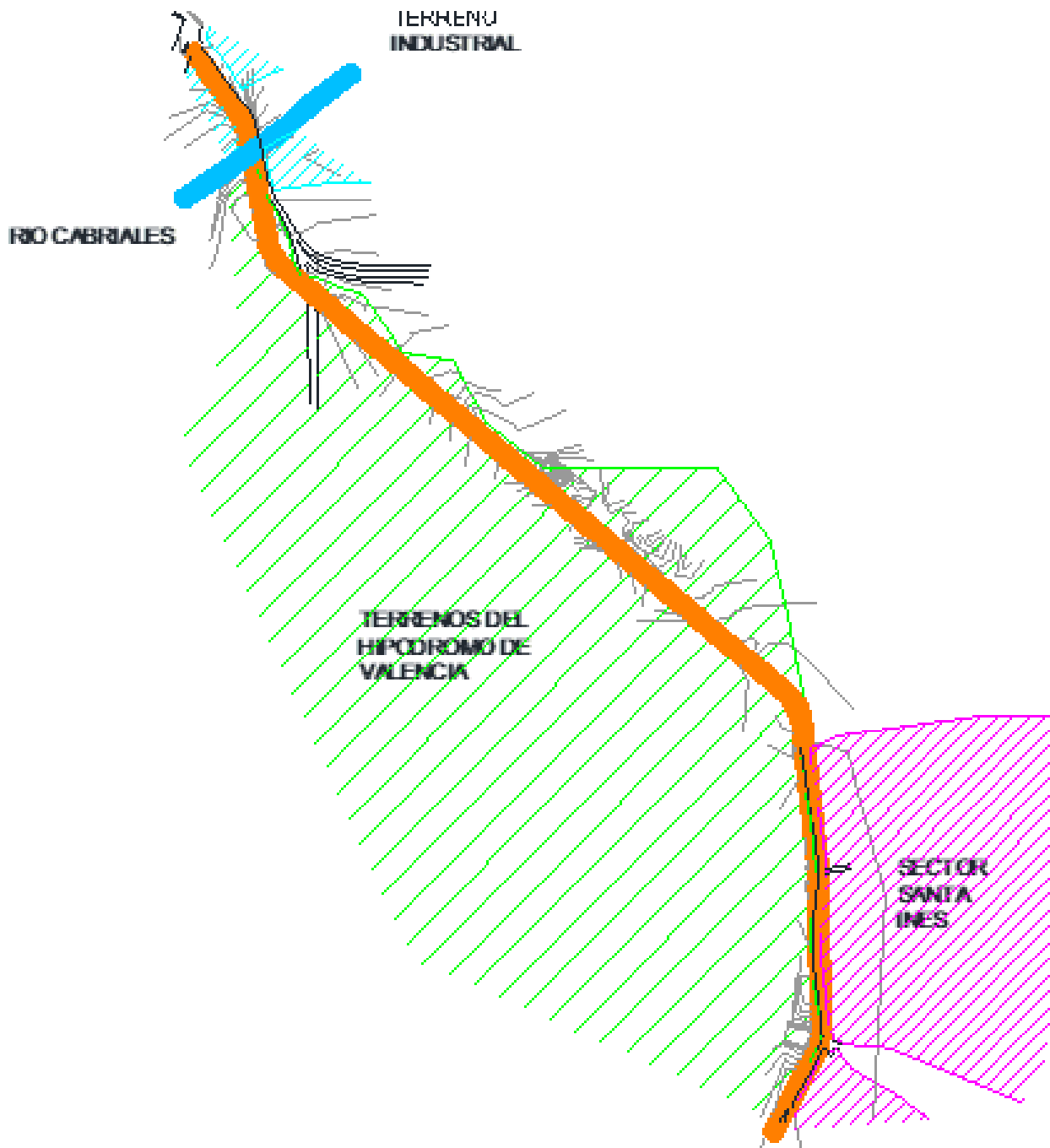
Tabla 29. Datos Tabulados según el diámetro

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

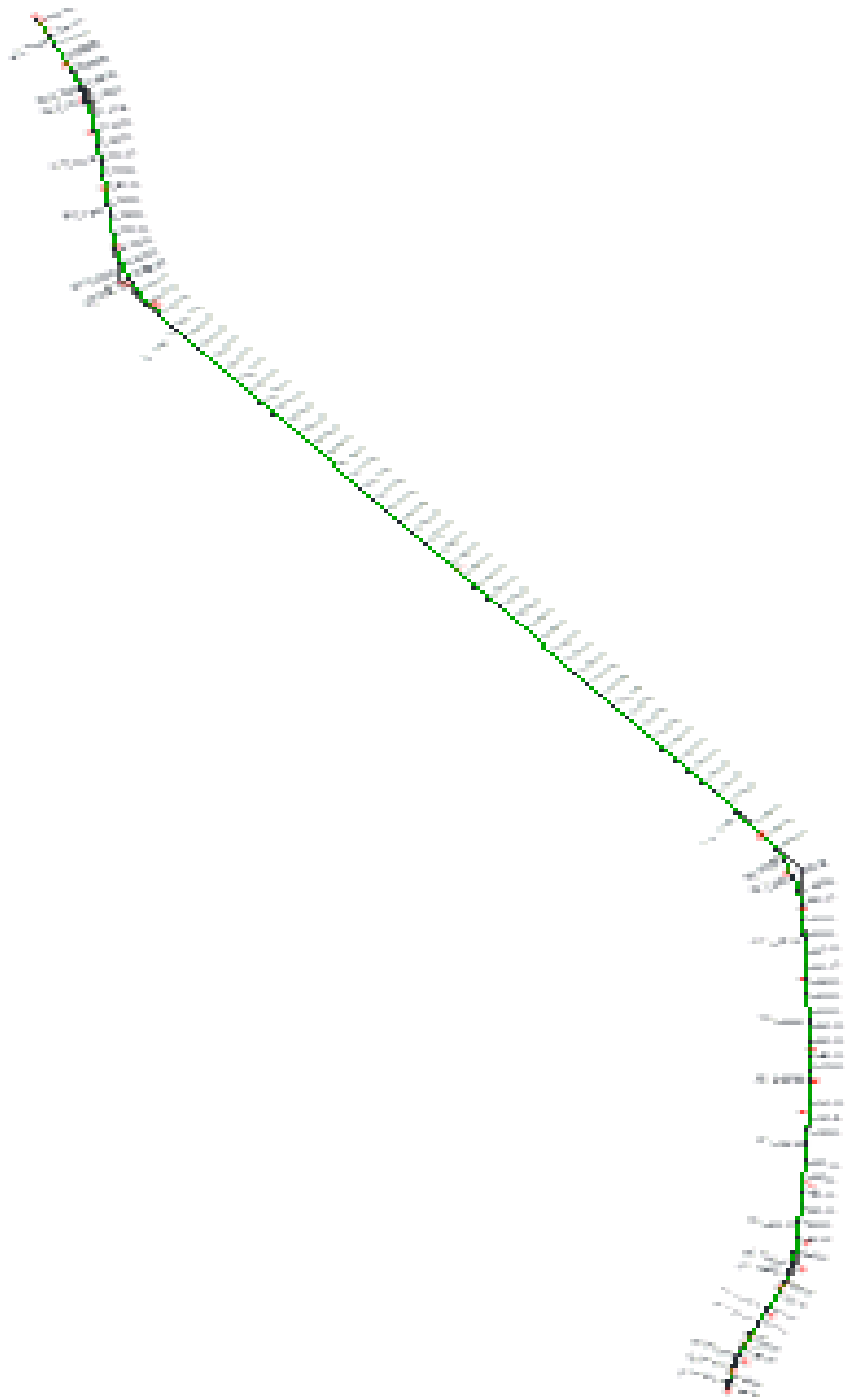
Anexos II

Planos

Áreas adyacentes a la vialidad



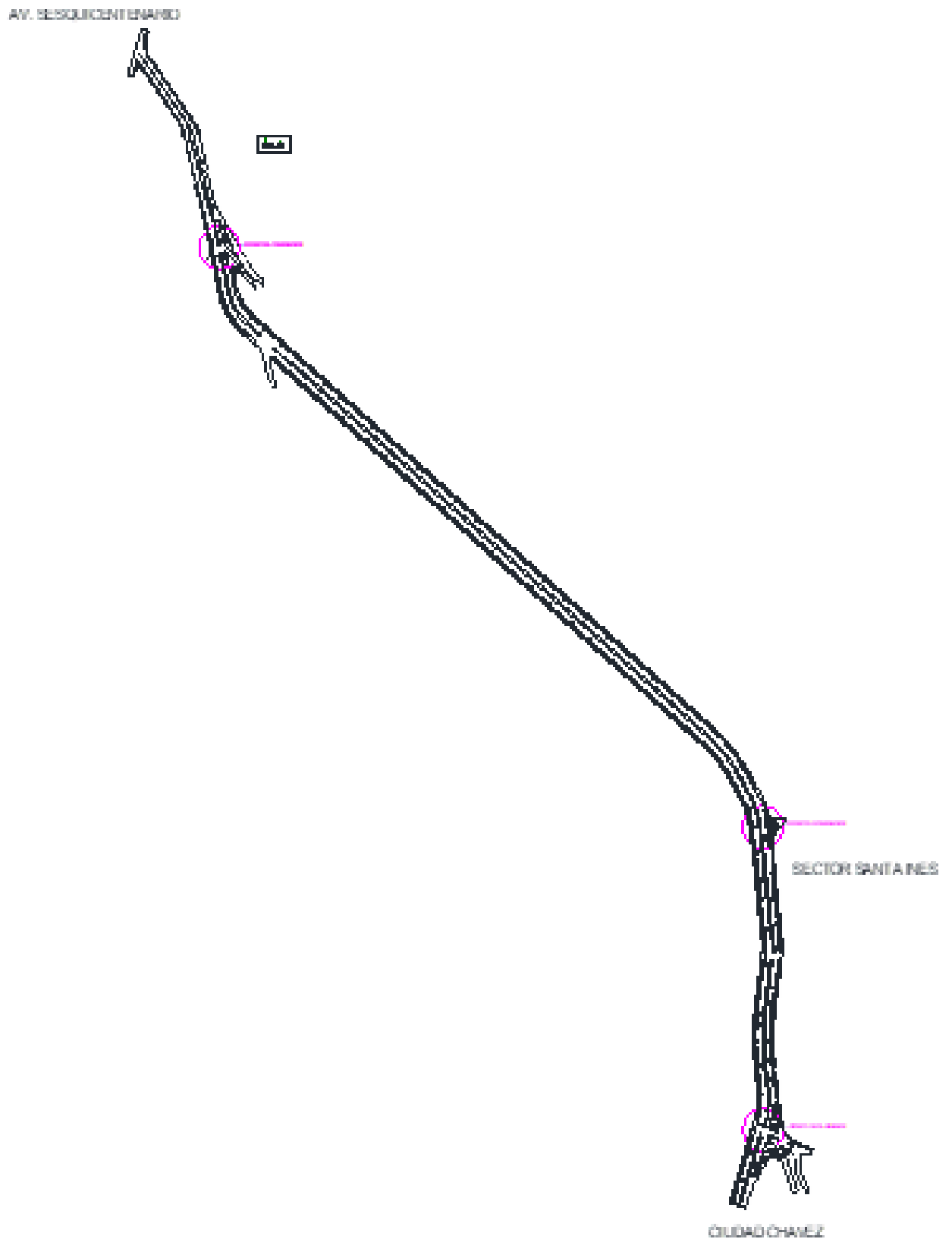
Progresivas



Curvas de nivel

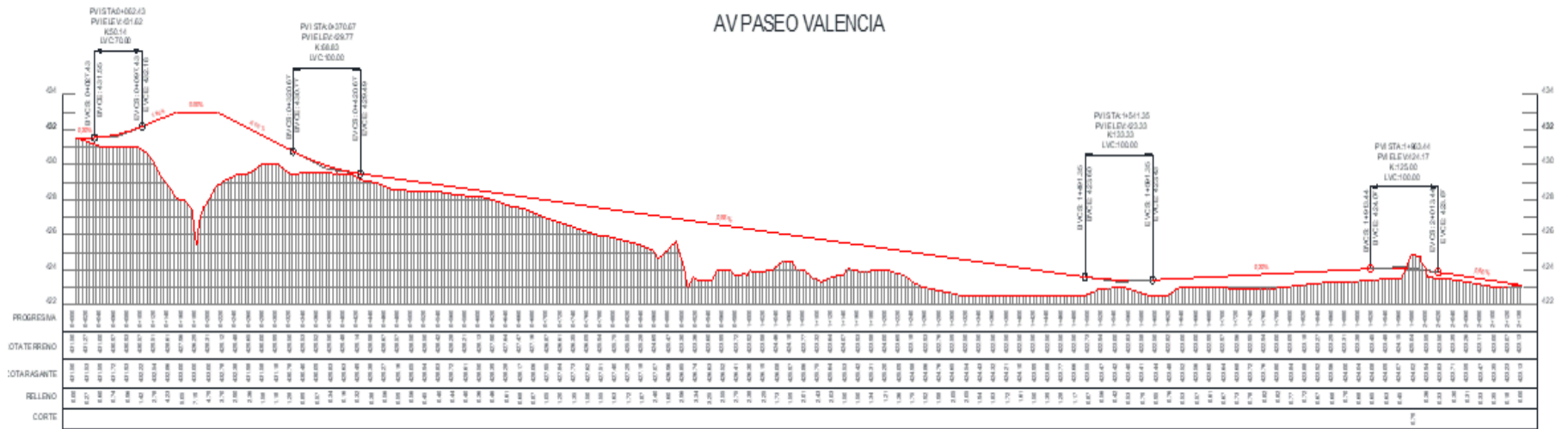


Vista de planta de la vialidad

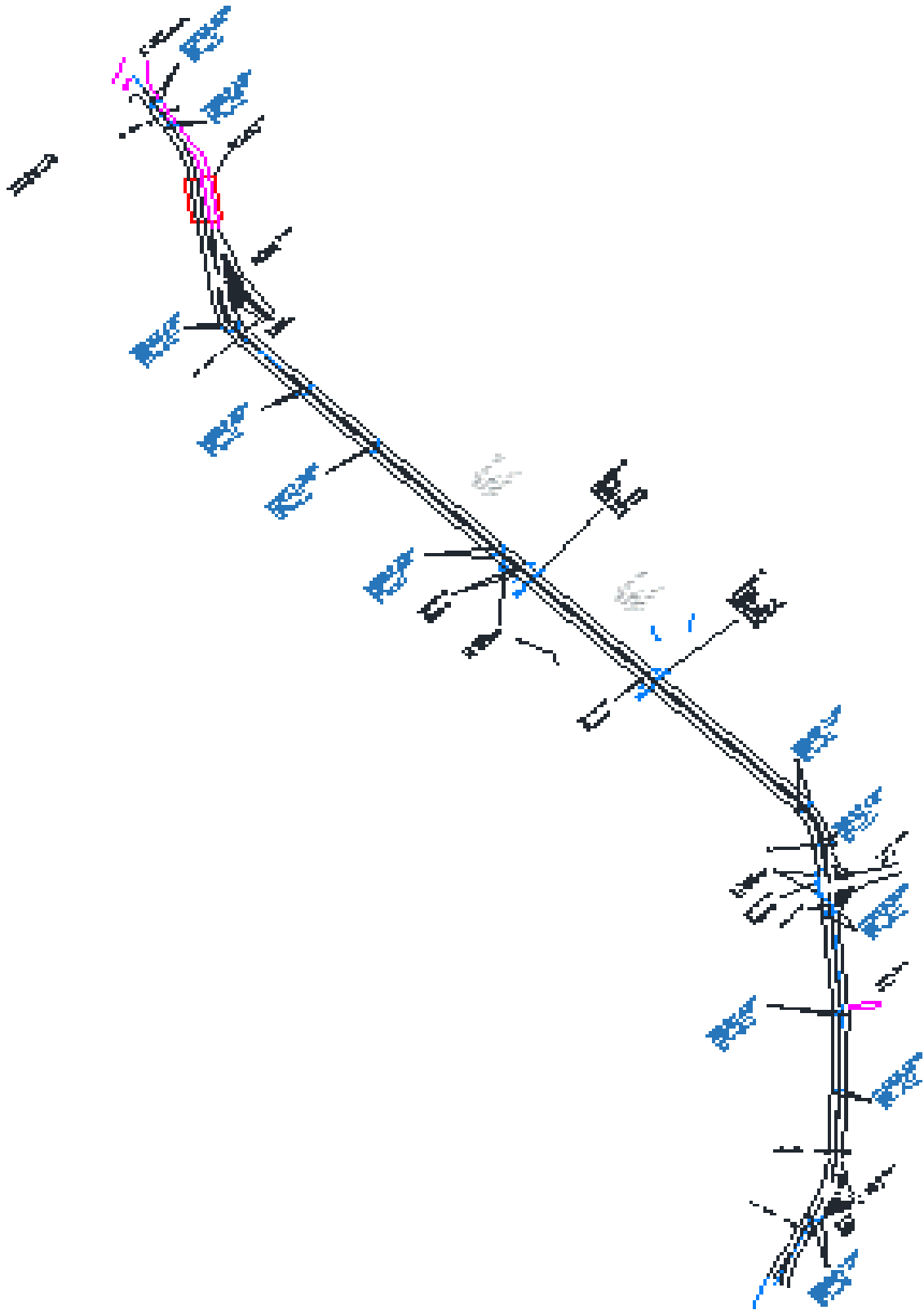


Perfil Longitudinal

AV PASEO VALENCIA



Ubicación de Sumideros



Ubicación de Colectores

