

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN CANTAURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA VIAL Y DE  
DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIAS ENTRE LA AVENIDA  
LOS PILONES Y CALLE VIENTO FRESCO EN LA  
CIUDAD ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI**

Realizado por:

**Martínez T., Esther M.**

**Rodríguez R., Sergio J.**

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como  
requisito para optar al título de:

**INGENIERO CIVIL**

Cantaura, julio 2022

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN CANTAURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA VIAL Y DE  
DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIAS ENTRE LA AVENIDA  
LOS PILONES Y CALLE VIENTO FRESCO EN LA  
CIUDAD ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI**

---

**Tutor**

**Prof. Cabrera V., Daniel J.**

Cantaura, julio 2022

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN CANTAURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA VIAL Y DE  
DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIAS ENTRE LA AVENIDA  
LOS PILONES Y CALLE VIENTO FRESCO EN LA  
CIUDAD ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI**

JURADO CALIFICADOR

El jurado hace constar que asigno a esta tesis la calificación de:

**APROBADO**

---

**Prof. Cabrera V., Daniel J.**  
Tutor Académico

---

**Prof. Elys Rondón**  
Jurado Principal

---

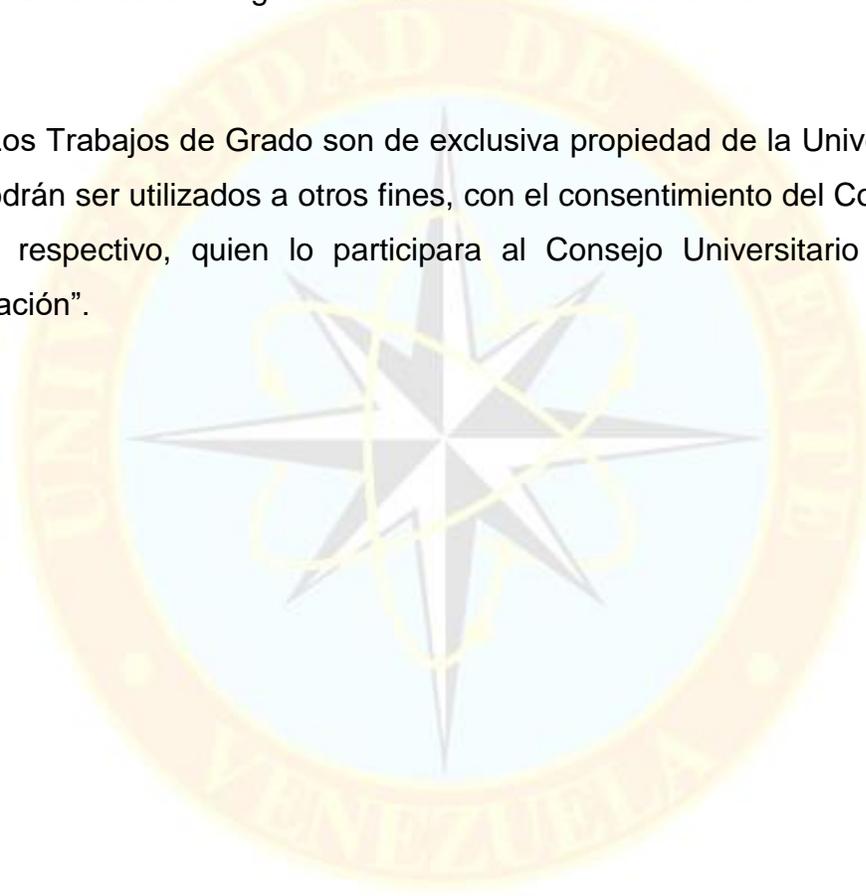
**Prof. Anabel González**  
Jurado Principal

Cantaura, julio 2022

## RESOLUCIÓN

De acuerdo a lo establecido en el artículo 47 del Reglamento de Trabajo de Grado de Pregrado de la Universidad de Oriente.

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario para su autorización”.



## **DEDICATORIA**

A mí Dios, porque sin Él, sin su amor infinito y gracia no hubiese podido alcanzar este logro.

También va dedicado a mis padres Arturo y Ana por haberme impulsado y multitud siempre a perseguir y a luchar por mis sueños y no dejarme decaer a pesar de las adversidades y los obstáculos que se presentaron en el camino ellos siempre estuvieron allí fueron mi fuerza y mi soporte en todo momento

A todos mil gracias.

***Martínez, Esther***

## **DEDICATORIA**

A mi DIOS por ser mi guía y ayuda en todo momento, por darme el valor para avanzar y no desmayar en medio de las dificultades, enseñándome a encarar cualquier situación sin perder nunca el amor y la esperanza por alcanzar el objetivo, siempre con la mirada en el blanco.

A mis Padres Javier y Mitzaida que a pesar de los desalientos que pude tener, y las muchas veces que quise dejarlo todo en el terreno, su amor incondicional me llenaba de paz y valor para seguir y alcanzar la meta.

A todos los que con amor no dejaron de creer en mí, y en verme realizado y con ésta meta cumplida.

***Rodríguez, Sergio***

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente le doy gracias a Dios todo poderoso por permitirme concluir ésta etapa muy importante de mi vida, igualmente le agradezco a mis padres (Arturo y Ana) por guiarme siempre a mis hermanas (Brenda y María) a mi hermano (Luis) por creer en mí, acompañarme y brindarme todo su apoyo para lograr esta meta

También quiere extender mi agradecimiento a mi compañero de vida (Mario) por toda la ayuda que me brindo por no haberme dejado sola y motivarme a seguir adelante y no rendirme nunca gracias por toda su comprensión, cariño y solidaridad.

A mis compañeros de estudios (Sergio y Anlesbit) que a lo largo de éste camino recorrido se convirtieron en más que compañero en parte de mi familia infinitamente agradecida con todos ustedes por haber sido parte de éste bonito sueño que hoy en día se ha convertido en una hermosa realidad.

***Martínez, Esther***

## **AGRADECIMIENTO**

### **A mi ETERNO Padre**

Por darme la oportunidad de estudiar y formarme como profesional, por colocar personas en mí camino que hicieron este trayecto más fácil, gracias mí DIOS por darme fuerza espiritual y mental cuando más lo necesite.

### **A mis Padres**

Agradezco el apoyo moral y económico, el darme siempre el impulso a continuar, a mis hermanas por seguir apostando a mi cuando la mayoría deo de hacerlo, a mis abuelos por sus buenos consejos, y a mis tíos Ysabel y Diego por mantener la fe y esperanza en mí de alcanzar la meta.

### **A mis profesores**

Daniel Cabrera por enseñarme a mantener una actitud resiliente ante cualquier circunstancia. Profesores Elys Rondón y Anabel González por sembrar en mí el carácter que debe tener un ingeniero al momento de ejercer la profesión. Despertar nuestros sentidos y hacernos ver de lo que somos capaces, a través de sus conocimientos.

### **A mis amigos**

Hugo Marcano y Mariana Polanco, por brindarme no solo sus conocimientos sino ser el apoyo necesario para seguir adelante y no abandonar la carrera. Agradezco a mi compañera de tesis Esther Martínez por estar a mi lado desde el día 1 en que inició esta carrera, me siento agradecido con el cielo y la vida de haber transitado ésta etapa de mi vida junto a ella.

***Rodríguez, Sergio***

**Universidad de Oriente  
Núcleo Anzoátegui  
Extensión Cantaura  
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas  
Departamento de Ingeniería civil**



**Autores: Martínez Esther  
Rodríguez Sergio  
Tutor Académico: Cabrera, Daniel  
Año: 2021**

**PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA VIAL Y DE  
DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIAS ENTRE LA AVENIDA LOS PILONES  
Y CALLE VIENTO FRESCO EN LA CIUDAD ANACO, ESTADO  
ANZOÁTEGUI**

**RESUMEN**

En el presente ejemplar, se detalla las formas y maneras de llevar a adelante la evaluación de un sistema vial y de drenaje de una población, en esta oportunidad se genera una propuesta para la vialidad y su drenaje pluvial ubicado entre la avenida Los Pilonos y calle Viento Fresco de la ciudad Anaco, estado Anzoátegui, que a través de la investigación de campo se realizaron estudios en la zona para conocer la extensión del terreno que influye en el cálculo hidráulico que incluyó el análisis de sus cuencas, las nuevas áreas de afluentes y sus tiempos de recorrido en los tramos de vías, las condiciones de los elementos de canalización existentes de las aguas pluviales, observado entre diversos aspectos de la topografía modificada del terreno tal como sus áreas tributarias, cotas y pendientes de las calles y drenajes. Así como también los diferentes volúmenes de tránsito para el aforo vehicular, condiciones del sistema de drenaje existente y señalizaciones y funcionamiento del momento de la vialidad en estudio; determinando mejoras congruentes según datos recolectados en sitio mediante la aplicación de aforos vehiculares antes mencionados, que

posteriormente se analizaron mediante el uso de los programas comerciales Swercad y Civil 3D, para el sistema de drenaje y sistema vial respectivamente, donde se determinó que los sumideros existentes no cumplían con la nueva demanda actual, por lo que la propuesta dada fue adaptada al espacio físico, para mantener la armonía del sistema de alcantarillado. Para todo lo anterior expuesto se consideró los criterios de las normas NORVIAL 1985 y MTC 1997, MOP, Gacetas Oficiales 4044 y 5318 y la INOS 1975.

**Palabras claves:** tramo, pluviales, normas, sistemas, propuesta, ventajas, datos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESOLUCIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN .....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	xi
ÍNDICE DE TABLA.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xviii
CAPITULO I .....	20
EL PROBLEMA.....	20
1.1. Planteamiento del Problema.....	20
1.2. Objetivos.....	23
1.2.1. Objetivo general.....	23
1.2.2. Objetivos Específicos .....	23
1.3. Generalidades.....	24
1.3.1. Ubicación geográfica .....	24
1.3.2. Clima .....	25
1.3.3. Hidrografía.....	26
1.3.4. Población.....	26
1.3.5. Economía.....	26

CAPITULO II.....	28
MARCO TEÓRICO.....	28
2.1. Antecedentes.....	28
2.2. Bases Teóricas.....	30
2.3 Vehículo de diseño de la vía.....	34
2.3.4 Drenaje.....	57
CAPITULO III.....	82
MARCO METODOLÓGICO.....	82
3.1. Tipo de investigación.....	82
3.2. Nivel de investigación.....	83
3.4. Instrumentos.....	84
3.5. Análisis de datos.....	84
CAPITULO IV.....	86
ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS.....	86
4.1 Levantamiento del sistema vial y de drenajes existente entre la avenida Los Pilonos y calle Viento Fresco en la ciudad Anaco.....	86
4.1.3. Topografía y características físicas.....	87
4.1.4. Aforo vehicular para verificar diseño geométrico de la vía según NORVIAL 1985 y MTC 1997.....	89
4.2. Diseño geométrico.....	100
4.3. Diseño hidráulico.....	101
4.3.1. Estructuras de captación.....	101
4.4 Preparación de propuesta para el sistema de drenajes de aguas de lluvias.....	108

4.5. Inversión total del proyecto .....	111
CAPITULO V .....	112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	112
2.1. Conclusiones .....	112
2.2. Recomendaciones .....	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	115
HOJAS DE METADATOS .....	117

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Parámetros climáticos promedio de Municipio Anaco, según mediciones de sensores remotos (2000–2011) .....	25
Tabla 2. Datos demográficos.....	26
Tabla 3. Clasificación de las vías según su función. ....	33
Tabla 4. Designaciones varias de las vías. ....	34
Tabla 5. Radios de giro (m). ....	35
Tabla 6. Velocidad de proyecto en función del tipo de vía. ....	37
Tabla 7. Factores ideales para una capacidad máxima. ....	39
Tabla 8. Capacidad bajo condiciones ideales. ....	39
Tabla 9. Factores que alteran la capacidad de una vía. ....	40
Tabla 10. Nivel de servicio en Carreteras.....	41
Tabla 11 Derecho de vía. ....	42
Tabla 12. Ancho de calzada. ....	43
Tabla 13. Pendientes máximas transversales. ....	45
Tabla 14. Radios de giro (Anchos más convenientes). ....	57
Tabla 15. Valores de “n” según Lopez.....	75
Tabla 16. Valores de “n” según Chow. ....	76
Tabla 17. Información hallada de características físicas de la zona.....	87
Tabla 18. Resultados de Levantamiento de puntos con el GPS .....	88
Tabla 19. Promedio general de Vehículos de paso .....	91
Tabla 20. Aforo realizado en el primer punto de medición .....	- 92 -
Tabla 21. Promedio de los vehículos/hora registrados en el primer punto de medición.....	- 92 -
Tabla 22. Aforo realizado en el segundo punto de medición.....	- 93 -
Tabla 23. Promedio de los vehículos/hora registrados en el segundo punto de medición.....	- 94 -
Tabla 24. Velocidades promedio en ambos sentidos .....	95

Tabla 25. Selección del factor de ajuste por efecto de ancho de canal y distancia a obstáculos laterales. ....	98
Tabla 26. Resultados de Inventario Vial .....	101
Tabla 27. Coeficiente de escorrentía y área de cada subcuenca (norte) .....	104
Tabla 28. Coeficiente de escorrentía y área de cada sub-cuenca (sur) .....	105
Tabla 29. Tiempos de concentración de cada cuenca (norte). ....	106
Tabla 30. Tiempos de concentración de cada cuenca (sur). ....	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la ciudad de Anaco .....	24
Figura 2 Ubicación de la zona en estudio.....	25
Figura 3 Sección transversal de un bombeo típico en vía. ....	44
Figura 4. Sección típica de cuneta con capacidad baja.....	45
Figura 5. Sección típica de cuneta para capacidades mayores. ....	46
Figura 6. Brocal de barrera con 20 cm de altura en la cabeza. ....	47
Figura 7. Brocal de barrera con 15 cm de altura en la cabeza. ....	48
Figura 8. Brocal de barrera con 10 cm de altura en la cabeza. ....	48
Figura 9. Brocal montable sin cabeza. ....	48
Figura 10. Intersección a nivel simple. ....	53
Figura 11. Intersecciones a nivel canalizadas. ....	54
Figura 12. Intersección completa de dos canales por sentido, con separadores físico, con convergencia de vías arterial y colectora controladas por semáforos. ....	55
Figura 13. Curvas de pavimento en función del drenaje. ....	61
Figura 14. Capacidad hidráulica de la carretera. ....	68
Figura 15. Sumidero de Rejas. ....	70
Figura 16. Sumidero de Ventana. ....	71
Figura 17. Pendiente del colector. ....	73
Figura 18. Ubicación relativa de los colectores de agua de lluvia. ....	74
Figura 19. Ubicación relativa de los colectores de agua de lluvia. ....	74
Figura 20. Cuneta tipo "A". ....	78
Figura 21. Cuneta tipo "B". ....	79
Figura 22. Cuneta tipo "D" ....	79
Figura 23. Cuneta tipo "C". ....	80
Figura 24. Canal rectangular. ....	80
Figura 25. Canal trapezoidal. ....	81

Figura 26. Vista satelital del segundo punto de medición.....	86
Figura 27. Vista satelital del primer punto de medición. ....	90
Figura 28. Vista satelital del segundo punto de medición.....	91
Figura 29. Tabla de factor de ajustes. ....	97
Figura 30. Tabla de equivalencia de camiones y autobuses. ....	99
Figura 31. Brocal Cuneta a utilizar. ....	102
Figura 32. Brocal Cuneta a utilizar. ....	103
Figura 33. Área distributiva Norte. ....	104
Figura 34. Área distributiva Sur. ....	105
Figura 35. Ubicación de nuevos sumideros.....	109

## **INTRODUCCIÓN**

A continuación, se muestra la importancia de haber llevado a cabo desde un punto de vista técnico, el desarrollo de un proyecto factible con un tipo de investigación de campo y descriptivo, donde se ubicó la información de mediante visitas al sitio de estudio, recolectando datos sobre topografía modificada, inventario vial, aforos vehiculares, capacidad actual de la vía junto con el apoyo documental y la revisión de normas tales como: Normas de Proyecto de Carretera (NORVIAL 1985), Ministerio de Obras Públicas (MOP 1965), MTC 1997.

Se estudió las áreas tributarias mediante el método racional para obtener los aportes del área en cuestión, evaluando el comportamiento actual y futuro de los componentes de drenajes de lluvia existentes, generando así, una propuesta que garantice el funcionamiento vial e hidráulico. Se mostró el uso de los programas comerciales Swercad, Civil 3D y Maprex.

En mismo orden de ideas, el proyecto de investigación se constituyó por cinco capítulos, conteniendo información sobre el paso a paso del desarrollo del mismo, detallándose a continuación:

Capítulo I: Se esclareció de manera práctica la formulación del problema que muestra el sector en estudio conjuntamente de la zona donde se encuentra, así como también, el paso a paso del desarrollo de la investigación a través del objetivo general y específicos, garantizando de algún modo el orden de las acciones y el cumplimiento de las mismas. Además, quedaron por sentadas las condiciones de los sistemas de captación de las aguas servidas en dicho tramo en estudio.

Capítulo II: Se exhibe el marco teórico, el cual se realizó con anticipación al desarrollo del tema a través de una investigación bibliográfica detallada, donde se plasman los antecedentes de la investigación enlazados con el tema específico del presente proyecto y se optaron los términos, criterios técnicos y bases teóricas a implementar en capítulo IV.

Capítulo III: Se explica el marco metodológico, donde se muestra el tipo y diseño de la investigación implementado, también se establece en este capítulo los niveles de la investigación, la profundidad con que se estudió el tema en cuestión y la manera en cómo se dan respuesta a las interrogantes formuladas. Por último, quedaron expuestas las técnicas de recolección de datos empleadas a lo largo de la inspección. Los resultados mostrados servirán de base para la estructuración de las acciones a tomar según sea el caso.

Capítulo IV: Ésta etapa contemplo el análisis de datos y resultados obtenidos con la aplicación de diferentes técnicas de recolección de datos y cálculo para la selección de una propuesta idónea. Realizando la interpretación correspondiente, dejando por sentado los resultados de la investigación.

Capítulo V: Por último, quedaron reflejadas las conclusiones y recomendaciones determinadas a partir de los anteriores capítulos. Donde se precisa el cumplimiento del orden específico de los objetivos planteados, para obtener la propuesta de mejora. Además, se reflejan las recomendaciones que se consideran pertinentes, resultantes de las investigaciones, con base a las conclusiones del estudio..

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

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

En estos tiempos modernos, las infraestructuras viales, deben cumplir con elementos que satisfagan las exigencias de los ciudadanos, prestándole diferentes usos y funciones en su desplazamiento dentro de una ciudad; los servicios básicos como la serviciabilidad, la confiabilidad, la calidad de la señalización, la eficacia de los drenajes, entre otros; los sistemas de drenaje y el diseño geométrico de la vía deben estar relacionados de manera sistémica con el entorno inmediato, la proyección de sus distintos diseños debe tener una estrecha relación con el usuario, respondiendo a sus necesidades específicas y de las actividades de desarrollo para la zona.

En este sentido, el tramo vial entre la avenida Los Pilonos y calle Viento Fresco en la ciudad Anaco, estado Anzoátegui, presento ciertas fallas como son los desbordamientos en los sistemas de drenajes en temporada de lluvias, generando inconvenientes a usuarios de dicha vía y a los habitantes residenciados a lo largo de la misma, que entre otros aspectos, posee una alta demanda vehicular por ser un punto muy concurrido en la zona industrial de este municipio, representando una gran importancia en el desarrollo económico, esto según información suministrada por el departamento de desarrollos urbano de la ciudad.

Por lo antes mencionado ,el propósito de dicha investigación fue el de analizar el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial en dicho trayecto, el cual presento un área aproximada de 40 ha, más los aportes de los nuevos

sectores que se deban incorporar, como también la revisión del diseño geométrico del tramo mencionado con una distancia de 4 km aproximadamente (sin incluir las vías secundarias que están influyendo en el problema), se verificó que los elementos existentes que conforman los sistema estén dentro de lo establecido en las normas y cumplan con la demanda requerida hasta el tiempo de vida estipulado, una vez realizado el estudio se procederá a elaborar una propuesta tanto para el sistema vial y como el de recolección de aguas pluviales.

Para llevar a cabo este proyecto, desde el punto de vista técnico, se ubicó la información de campo mediante la recolección de datos (topografía modificada, inventario vial), aforos vehiculares hecho en el sitio para verificar la capacidad actual de la vía junto con el apoyo documental, se estudiaron las áreas tributarias mediante el método racional para obtener los aportes, con el objeto de evaluar el comportamiento actual y futuro de los componentes de drenajes de lluvia existentes, generando así, datos aptos a la propuesta para mejorar el funcionamiento vial e hidráulico, es por eso que, se deberá contar con las diferentes normativas y procedimientos de las Normas de Proyecto de Carretera (NORVIAL 1985), Ministerio de Obras Públicas (MOP 1965), MTC 1997, para luego presentar los detalles del proyecto en el programa comercial Civil 3D con sus respectivos costos mediante el programa Maprex.

Ante la situación planteada anteriormente, dicha propuesta obtuvo el alcance de analizar el funcionamiento del tramo entre la avenida Los Pilonos y calle Viento Fresco en la ciudad Anaco, del municipio Anaco; ya que se realizaron estudios en la zona para conocer la extensión del terreno que influye en el cálculo hidráulico, la superficie del área de la vía en estudio, las condiciones de los elementos de canalización existentes de las aguas, que

serán verificados a partir de los criterios establecidos en las normas NORVIAL 1985, MTC 1997 y del manual de drenaje MOP 1987 principalmente, generando una propuesta que garantice la serviciabilidad y confiabilidad del tramo en estudio.

Se puede señalar, que en la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, existen diversos proyectos relacionados con vialidad e hidráulica, tal como lo es la tesis de grado de Velásquez y Gómez (2016), en donde se realizó el diseño de una vía operacional desde el puente sobre Río Claro, hasta la U.B.C.P JB-21, entre las progresivas 1+460 a 3+225, y consecutivamente, a otras U.B.C.P con el fin de garantizar el flujo de vehículos, maquinarias y equipos entre las macollas del Distrito Junín Sur. Este trabajo de grado sirvió de referencia en la obtención de los lineamientos generales para la realización de ésta investigación en cuanto al cálculo del sistema vial y la red de drenaje. Cabe destacar que en dicho trabajo de grado se verifico la capacidad actual y futura de la red de alcantarillado pluvial y la geometría de una vialidad de relativa importancia dentro una ciudad como Anaco.

De igual manera, el presente trabajo de grado servirá como referencia y base de consulta, tanto a profesionales de la ingeniería como estudiantes de la Universidad De Oriente, Extensión Cantaura, para la realización de futuros diseños similares en el área de vialidad y sanitarias, ofreciendo criterios seleccionados como guía para el uso de los métodos de diseño geométrico e hidráulico que serán aplicados para elaborar esta propuesta. Sin dejar de un lado la mejoría de la calidad de vida de los habitantes del área en cuestión.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Elaborar propuesta para mejoras en el sistema vial y de drenajes de aguas de lluvias entre la avenida Los Pilonos y calle Viento Fresco en la ciudad Anaco, estado Anzoátegui.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Levantamiento planialtimétrico del sistema vial y de drenajes existente entre la avenida Los Pilonos y calle Viento Fresco en la ciudad Anaco.
- Realizar aforo vehicular para verificar diseño geométrico de la vía según NORVIAL 1985 y MTC 1997.
- Analizar el sistema de drenaje existente, mediante la utilización del programa comercial SewerCAD Connect EditionUpdate 1 (10.01.01.04), bajo los criterios del manual de drenaje MOP 1967 y los lineamientos establecidos en las normas del INOS 1975.
- Preparar propuesta para mejorar en el sistema vial y de drenajes de aguas de lluvias entre la avenida Los Pilonos y calle Viento Fresco en la ciudad Anaco mediante el uso de Civil 3D 2016.
- Presentar planos de ingeniería sobre las mejoras o modificaciones en el sistema vial y de drenaje mediante el uso del software Civil 3D 2016.
- Obtener los análisis de precio unitario (A.P.U.) y presupuesto del proyecto mediante el uso de programa comercial Maprex.

### 1.3. Generalidades

#### 1.3.1. Ubicación geográfica

La ciudad de Anaco es la capital del municipio Anaco y está ubicada en la región de los llanos orientales parte céntrica del estado Anzoátegui (ver figura #1 y #2), su ubicación es excelente, ya que se encuentra enclavada en la vía de acceso entre la región nororiental y las demás regiones del país. Esta ubicación geográfica le permite tener una gran accesibilidad hacia los puertos de guanta y puerto la cruz, así como hacia Guayana y las regiones del centro del país.



Figura 1 Ubicación de la ciudad de Anaco

**Fuente:**[https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio\\_Anaco](https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio_Anaco) (2022)

En el caso de la zona en estudio, se encuentra al este de la ciudad, en el área industrial y comercial.



Figura 2 Ubicación de la zona en estudio

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio\\_Anaco](https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio_Anaco) (2022)

### 1.3.2. Clima

La zona de Anaco y sus alrededores presenta un clima tropical semi-árido e isotermo de sabana, tal como se puede visualizar en la tabla #1.

Tabla 1 Parámetros climáticos promedio de Municipio Anaco, según mediciones de sensores remotos (2000–2011)

Parámetros climáticos promedio de Municipio Anaco													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anua l
Temp. máx. abs. (°C)	40.7	42.4	45.9	45.2	45.1	38.7	36.6	34.7	38.7	38.7	36.7	35.7	45.9
Temp. máx. media (°C)	31.6	35.2	37.8	38.1	34.7	27.9	26.9	27.4	28.5	28.2	28.0	28.7	31.1
Temp. media (°C)	24.2	24.3	24.5	24.5	24.3	23.8	24.0	25.2	24.6	24.0	24.2	23.7	24.3
Temp. mín. media (°C)	21.9	22.6	23.3	23.9	23.5	22.0	21.6	22.1	22.2	22.4	22.1	21.7	22.4
Temp. mín. abs. (°C)	17.3	19.0	18.3	19.6	17.6	16.9	15.4	16.0	17.1	18.3	16.9	17.4	15.4

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio\\_Anaco](https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio_Anaco) (2022).

### 1.3.3. Hidrografía

Los ríos y quebradas que surten los alrededores de la ciudad, vierten sus aguas en la cuenca hidrográfica del Caribe; son el Güario, situado al sur y el Anaco situado al norte; sus caudales son de escasa importancia y de carácter intermitente. La dirección de drenaje es de este a oeste y las aguas desembocan en el río Aragua tributario del Güere por cuyo cause caen el Unare, el cual finalmente desemboca en el mar Caribe.

### 1.3.4. Población

La ciudad de Anaco cuenta con una superficie total de 727,65km<sup>2</sup>, de los cuales 3.977,18hab pertenecen al área urbana y 68.807,82 pertenecen al área rural, a continuación se muestra la tabla #2 con las cantidades de habitante para el año 2010.

Tabla 2. Datos demográficos

Parroquia	Superficie	Población	Densidad
Anaco	km <sup>2</sup>	149,380 hab.	hab./km <sup>2</sup>
San Joaquín	km <sup>2</sup>	hab.	hab./km <sup>2</sup>
Buena Vista	km <sup>2</sup>	6000 hab.	hab./km <sup>2</sup>

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio\\_Anaco](https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio_Anaco)(2022).

### 1.3.5. Economía

La principal industria de Anaco es la explotación del gas y por consiguiente es la ciudad más productora de este hidrocarburo a nivel

nacional, conocida como el corazón gasífero de Venezuela y uno de los más importantes del hemisferio. La principal empresa que explota dicho hidrocarburo es Petróleos de Venezuela.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

En la revisión de trabajos que sirven como referencias y antecedentes a la presente investigación, se tiene que García (2015), realizó un trabajo especial de grado cuyo objetivo principal de la investigación fue generar el diseño geométrico de la calle 88, del Municipio Maracaibo, donde utilizó como técnicas de recolección de datos, la observación directa de los hechos en sitio, revisión de fuentes de información primarias, en el desarrollo del mismo, uso como guía de diseño geométrico de la vía en cuestión los criterios establecidos en el NORVIAL, AASHTO y Ordenanzas de Planificación Urbana del Municipio Maracaibo. En otro orden de idea, para lograr una mejor expresión de los resultados del estudio, utilizó la ayuda de herramientas como AutoCAD, Excel y Word, para dar solución al problema planteado.

Dentro del diseño de la calle 88 por García (2015), se tomaron en cuenta los elementos geométricos de la sección de la calle como: calzada, aceras y curvas, así como también se realizó la altimetría del recorrido perteneciente a la calle 88. La investigación antes mencionada, se tomó en consideración por su afinidad con el presente proyecto, ya que se relaciona en cuanto a los criterios a utilizar para la recolección de datos (observación directa y revisión documental), así como también con los diferentes procedimientos e instrucciones dictaminados en las guías referentes al diseño de una carretera, como en este caso el NORVIAL, así como los software a utilizar para la presentación de los resultados.

En el mismo orden de idea, Harumi (2014), exhibió una investigación que consistió en el diseño del pavimento en la carretera Panamericana Norte, en el tramo de Huacho a Pativilca en Perú, tomando en cuenta variables como características del tramo, estimación de las solicitudes de tránsito y estudios pluviométricos. Este antecedente de estudio, es tomado en cuenta para el presente proyecto de investigación, debido a las consideraciones y cálculo en la disciplina de vialidad y drenajes, puntos importantes en el estudio del tramo entre la avenida Los Pilonos y calle Viento Fresco en la ciudad de Anaco.

A continuación, Camposano y García (2012), en su trabajo pretenden saber las condiciones actuales de la estructura y la superficie de rodadura de un pavimento flexible, con un trabajo de campo, en el cual se realiza el recorrido de la vía anotando las fallas localizadas y determinando la severidad de las mismas, haciendo uso de instrumentos de medición y el catálogo de fallas para pavimentos asfálticos.

Esta exploración contiene gran similitud con el diagnóstico que se va a ejecutar en este proyecto, donde se hace una evaluación para apuntar las condiciones y fallas que se localizan en el tramo en estudio, se usarán instrumentos de medición como: cinta métrica, odómetro, entre otros., y se compararán resultados de la vía existente con uno diseñado bajo normas, para determinar el mejor tratamiento y mejorar la calidad y tiempo de vida útil del mismo.

Por otro lado, Fung y Zaccaria (2011), realizaron un estudio que tuvo como objetivo diseñar un sistema de drenaje vial para el sector Monte Bello, del municipio Maracaibo, cumpliendo con las siguientes fases: delimitar el área geográfica, calcular el caudal de agua de lluvia en base a las curvas de intensidad, duración y frecuencia, correspondientes al municipio Maracaibo,

e identificar las especificaciones técnicas y cantidades de elementos estructurales, apropiados para la vialidad basados en el uso de las normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), y el Manual de Drenajes del MOP.

El trabajo realizado por Fung y Zaccaria, mediante el uso del Manual de Drenajes del MOP, guarda relación con esta investigación. Debido a que es diseñado específicamente para una vialidad con elementos estructurales apropiados, el cual, sirve de guía como metodología a utilizar para elaborar la propuesta del diseño hidráulico.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1 Tipos de vías**

NORVIAL (1985), explica que existen varios tipos de vías que pueden encontrarse en zonas urbanas o rurales, cumpliendo una función importante para el desarrollo socio-económico de la ciudad, una vía está destinada al tránsito vehicular o peatonal, las cuales pueden ser carreteras termino aplicado a la condición rural, calles o caminos a la condición urbana.

El Consejo Nacional de Vialidad (CONAVIAL) en Venezuela, elaboró una clasificación de acuerdo a las características Socio-Económicas descritas a continuación, de los viajes que se efectúan o han de efectuarse en el tramo. Información extraída de las Normas para el proyecto de Carreteras MTC (1997) y NORVIAL (1985):

### **2.2.2 Según su magnitud**

#### **a) Vías principales o arterias viales**

Son vías de gran importancia y están diseñadas para conectar pueblos, ya que sirven para grandes volúmenes de tránsito de paso, es decir, son una ruta continua y de larga extensión.

#### **b) Vías secundarias**

Estas vías por lo general están diseñadas a una longitud corta, y sirven a volúmenes reducidos de tránsito lo que las hace una vía de poca importancia.

### **2.2.3 Según división de las corrientes de tránsito**

#### **a) Carreteras divididas**

Estas vías son conocidas por poseer divisorias o islas centrales que cumplen como función, el separar las vías para el tránsito en ambos sentidos.

#### **b) Carreteras no divididas**

Estas son muy notables por tener solo un rayado central, es decir, sin separadores para las corrientes de tránsito de sentidos opuestos.

### **2.2.4 Según su clasificación administrativa**

Según el MTC (1997), "La Clasificación administrativa está contenida en la "Nomenclatura y Características Físicas de la Red de Carreteras de Venezuela" (MTC 1979). Allí se establece lo siguiente" (p. 02).

**a) Troncales**

Son vías que contribuyen a la integración nacional, suministrando la conexión interregional y la comunicación internacional. Su simbología y señalización tienen rango nacional.

**b) Locales**

Son vías de interés regional, que permiten la comunicación entre centros poblados. Deben poder orientar el tránsito proveniente de ramales y sub-ramales hacia las Vías Troncales. Su simbología y señalización tienen rango estatal.

**c) Ramales**

Son vías de interés local, que conectan diversos centros generadores de tránsito, orientando el mismo hacia la red Local o Troncal. Su simbología y señalización tienen rango estatal.

**d) Sub-ramales**

Son vías de interés local, que conectan caseríos o centros generadores de tránsito específicos, orientando el mismo hacia redes viales de mayor jerarquía. Generalmente no tienen continuidad. Su simbología y señalización tienen rango estatal y es semejante a los Ramales.

**2.2.5 Según su función**

Según el Manual de vialidad Urbano (1981), un sistema vial tiene como función dar calidad de servicio y seguridad, tanto a los volúmenes de tránsito que pasan por ella, como a las zonas adyacentes, sujeto a la eficiencia y características que tenga cada carretera en particular, los sistemas pueden agruparse de la siguiente manera.(ver tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de las vías según su función.

<b>Sistema</b>	<b>Función</b>	<b>Velocidad de proyecto</b>	<b>Distancia entre vías</b>	<b>Vías conectadas</b>	<b>Volumen</b>
<b>Expreso</b>	Acomodar a altos volúmenes, se diseña para altas velocidades	Horas pico 60km/h, hora normal de 80 km/h	Entre ellas no menor a 2 km en ciudad, y de 5 km en periferia	Vías arteriales y vías importantes	1500 veh por canal por hora
<b>Arterial</b>	Alimenta al sistema carretero	Hora pico 40km/h, hora normal de 60 km/h	Entre ellas no debe ser mayor a 2 km.	Se entrelaza con la arterial, y colectoras	400 veh por hora y por canal
<b>Colector</b>	Coordina y complementa los sistemas por encima y debajo de él.	Hora pico 25km/h, hora normales de 40 km/h	Su distancia no será mayor a 800 metros	Sistema arterial, con el sistema local	300 veh por hora y por canal
<b>Local</b>	Suministra y recibe el transporte externo.	Velocidad de operación entre 15 y 35 km/h	Zonas residenciales no exceder de 400 metros	Sistema local, con zonas residenciales	Tomar demanda a la cual le dará servicio

Fuente: Manual de Vialidad Urbana (1981), editada por los autores (2021).

También se puede encontrar información relacionada con la clasificación de las vías según su tipo, ver tabla #4.

Tabla 4. Designaciones varias de las vías.

Tipo de Vía	Descripción
Autopista	Una autopista es una arteria de tránsito siempre dividida con control total de acceso y cuyas intersecciones son siempre diseñadas a desnivel.
Vía expresa	Al igual que la autopista es una arteria de tránsito que siempre está dividida, control total o parcial de acceso.
Avenida	Vía urbana con gran volumen de tránsito que, a la vez que cumple funciones recolectora, permite acceso a las propiedades colindantes mediante las provisiones adecuadas.
Vía perimetral	Vía principal que sirve a una corriente de tránsito marginal en un área urbana o en una parte de dicha área.
Vía radial	Vía principal para entrada y salida de un centro urbano.
Vía de servicio	Vía auxiliar, calle local o carretera ubicada contigua a una vía principal cuya finalidad es servir a las propiedades adyacentes y a las áreas vecinas que permite realizar el control de acceso.

Fuente: Manual de Vialidad Urbana (1981). Editada por los autores (2021).

### 2.3 Vehículo de diseño de la vía

Al hablar de vehículos de diseño se hace referencia al tipo de vehículo en base al cual será diseñada la vía, a continuación se describe el ejemplar:

El MTC (1997), indica que:

“A los fines del diseño, se han agrupado los vehículos con características de maniobra semejantes, adoptándose para cada grupo las dimensiones y radios de giro correspondientes a las envolventes. De esta manera, habrá algunos a los cuales los parámetros adoptados les resulten holgados y excepcionalmente algunos los sobrepasarán.” (p. 25).

Para la escogencia del tipo de vehículo, se debe analizar y tomar en cuenta la estructura del tránsito y la cantidad de vehículos que giran. No es recomendable diseñar con radios de giro mayores, para un porcentaje mínimo de vehículos pesados, ya que esto produce un alto costo no

justificado y un tránsito desordenado por parte de los vehículos de menor dimensión, por estas razones es factible diseñar con un radio de giro menor, ya que autos de mayor dimensión pueden dar su giro con poca de dificultad.

Cabe resaltar que El MTC, también explica que, “en todo caso, la escogencia del vehículo de diseño depende de las condiciones particulares de cada intersección y del criterio y experiencia del responsable del proyecto” (*Ob. Cit.* 1997, p. 26). A continuación se muestra la tabla #5 con información sobre los radios de giro.

Tabla 5. Radios de giro (m).

<b>Símbolo</b>	<b>P</b>	<b>SU</b>	<b>WB-12</b>	<b>WB-15</b>	<b>WB-18</b>	<b>BUS</b>
Radio mínimo Interno	4,2	8,7	5,7	5,8	6,8	7,4
Radio mínimo externo	7,3	12,8	12,2	13,7	13,7	12,8
Radio máximo externo	7,8	13,4	12,6	14,1	13,9	14,1

Fuente: Normas para el proyecto de carreteras (1997), editada por los Autores (2021). Nota: estos radios de giro corresponden a velocidades no mayores de 15 kph.

### **2.3.1 Velocidades de una vía**

“La velocidad que puede alcanzarse en una carretera, haciendo abstracción de las habilidades individuales de los conductores o de las características de sus vehículos” (MTC 1997, p. 34). La velocidad se puede definir como el movimiento rectilíneo que puede lograr un vehículo en una determinada distancia por unidad de tiempo, es decir, la velocidad se expresaría en km/h.

Las características físicas de la vía y sus instalaciones laterales, el clima, la presencia de otros vehículos y las limitaciones legales a la velocidad, son las características que afectan la velocidad. El MTC considera

dos tipos de velocidades para fines de diseños de carreteras, descritas a continuación.

### **2.3.1.1 Velocidad de Operación**

La velocidad de operación, “se define como la velocidad predominante que pueden alcanzar los conductores en un tramo uniforme de vía, en condiciones climáticas favorables y según las condiciones prevalecientes del tránsito y estado del pavimento” (MTC 1997, p. 36).

De acuerdo a lo antes descrito, se puede decir que la velocidad de operación es la relación entre la longitud por unidad de tiempo, y va expresado en kph, esta se puede calcular con la siguiente ecuación.

$$V = \frac{L}{t} \text{ (Ec. 2.1)}$$

Dónde:

L = Longitud del tramo en estudio.

t = Tiempo que demora en recorrer un vehículo la distancia del tramo en estudio.

### **2.3.2 Velocidad de Proyecto**

“La velocidad de proyecto es la velocidad escogida para proyectar y relacionar los elementos geométricos de una vía. Representa la máxima que podría alcanzar el conductor en condiciones óptimas de circulación” (NORVIAL 1985, p. 26).

De acuerdo a la norma en Venezuela las velocidades de proyecto varían entre 50 km/h y 120km/h, dependiendo del tipo de vía y las condiciones topográficas de estas, como lo indica la siguiente tabla.

Tabla 6. Velocidad de proyecto en función del tipo de vía.

<b>Tipo de vía</b>	<b>Velocidad en Km/h</b>
Autopistas en llano	90 – 120
Autopistas en montaña	80 – 110
Carreteras en llano	90 – 120
Carreteras en terrenos ondulados	80 – 100
Carreteras en terrenos montañosos	50 - 80

Fuente: NORVIAL (1985). Editado por los autores (2021).

Es importante resaltar que, “en tales casos, es aceptable utilizar una velocidad de diseño menor, acorde con los requerimientos del caso, haciendo la justificación correspondiente, y previendo la señalización adecuada” (*Ob. Cit.* 1985, p. 29).

Según el MTC (1997), existen unos criterios básicos que se deben tomar en consideración para la escogencia de una velocidad de proyecto para el diseño vial, las cuales pueden ser:

La velocidad de diseño debe ser elegida de acuerdo al entorno físico de la vía.

En un proyecto de cierta longitud, la velocidad puede cambiar, tomando en consideración que no debe variar en tramos menores a 5 km, los cambios de velocidad no debe exceder de 20 km/hora y debe haber señalizaciones visibles de la transición de velocidad.

- Se debe elegir suponiendo condiciones climáticas favorables.
- Debe corresponder al tipo de vía que se diseña

- El ancho de los canales, los obstáculos laterales no afectan directamente la velocidad de diseño.
- La velocidad debe corresponder con las limitaciones legales que puedan existir en algunas zonas.

### **2.3.3 Capacidad de una vía**

El MTC (1997), define la capacidad como el máximo número de vehículos que pueden transitar en un periodo de tiempo y en una sección de la vía determinada, expresada en flujo de vehículos livianos por hora. Para estudiar la capacidad de la carretera se deben tomar en cuenta las condiciones existentes de esta, como pueden ser, de tipo físico como el diseño y el estado del pavimento, la pendiente, entre otras, las condiciones climáticas y las condiciones del tránsito. Cuando los factores prevalecientes son ideales, se puede deducir que habrá una capacidad máxima ideal, como se puede observar en la tabla 7.

Las condiciones expuestas en la tabla anterior sólo afectan la capacidad y no los factores de seguridad que deben plasmarse en el diseño de la carretera en estudio. Cuando dichas condiciones cumplan, el MTC estableció valores experimentales para capacidades ideales según el tipo de vía, ver tabla 8.

Tabla 7. Factores ideales para una capacidad máxima.

En relación a la vía	En relación al tránsito
Velocidad de diseño alrededor de 95 kph.	Capacidad de maniobra irrestricta.
Canales de circulación iguales o mayores a 3,60 m c/u.	Ausencia de camiones o buses. Solamente vehículos.
No más de 3 canales de circulación por sentido.	Ausencia de señalización limitadora de maniobra.
Hombrillos laterales iguales o mayores a 1,80 m.	Distribución direccional 50/50 (Solo en carreteras con un canal por sentido).
Visibilidad irrestricta. Luz diurna y tiempo despejado.	
Terreno llano, pendientes no mayores al 2%.	
Pavimento seco y en buen estado.	

Fuente: normas para el proyecto de carreteras MTC (1997), editada por los autores (2021).

Tabla 8. Capacidad bajo condiciones ideales.

Tipo de vía	Capacidad en VPH
Carreteras de 2 canales	3200 vph total en ambos sentidos
Autopistas de 4 o 6 canales	2000 vph por canal

Fuente: Normas para el proyecto de carreteras MTC (1997), editada por los autores (2021).

### 2.3.3.1 Factores que afectan la capacidad de una vía

El MTC (1997), explica que tomando en cuenta que las condiciones prevalecientes de una carretera casi nunca son ideales, al momento de calcular la capacidad, es necesario introducir factores de ajustes, ya que estas condiciones tienden a reducir la capacidad, se debe analizar detalladamente las condiciones reales de la vía que se estudia, la siguiente tabla agrupa los factores en relación a la vía y el tránsito.

Tabla 9. Factores que alteran la capacidad de una vía.

En relación a la vía	En relación al tránsito
Ancho de canales.	Composición del tránsito (Presencia de vehículos pesados).
Ancho de los hombrillos y obstáculos laterales.	Distribución direccional en carreteras de 1 canal por sentido.
Restricciones en visibilidad de paso.	Factor hora-pico.
Condiciones del pavimento.	Fricción interna y externa.
Geometría del alineamiento horizontal.	
Pendientes y su longitud.	

Fuente: normas para el proyecto de carreteras MTC (1997), editado por los autores (2021).

### 2.3.3.2 Nivel de Servicio de una vía

Según el MTC (1997), lo describe como una medida cualitativa, que representa las condiciones de operación del flujo vehicular y la percepción de los conductores. Estas condiciones se describen en términos de factores de calidad tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, facilidad de maniobra, seguridad vial, conveniencia, comodidad vehicular, e interrupciones del tránsito.

Existen 6 niveles de servicio, o también llamados volúmenes de servicios, cada uno tiene unos parámetros de flujo ideal, y están adaptados según las condiciones existentes de la vía y del tránsito, estas características se pueden observar a continuación.

Tabla 10. Nivel de servicio en Carreteras.

Nivel de servicio	Tipo de flujo	Velocidad de Operación	Volumen de Servicio	Maniobras
A	Libre	≥ 95 kph	500 vph	Libertad para adelantar 75%
B	Estable	≥ 85kph	850 vph	Alguna restricción para adelantar
C	Estable	≥ 80 kph	1500 vph	Restricción para adelantar
D	Próximo a Inestable	≥ 80 kph	2400 vph	
E	Inestable	< 80 kph	3200 vph	
F	Forzado	< 50 kph	± 2000 vph	

Fuente: elaborado por autores (2021), basado en información de la norma para el proyecto de carreteras MTC (1997).

### 2.3.3.3 Cálculo de la capacidad

Según el NORVIAL (1985), el método para el análisis operacional de una carretera en estudio, dependerá del tipo de terreno, la pendiente y su longitud. Esta norma explica diferentes fórmulas para el análisis de operación, como pueden ser:

- Para analizar la operación del tránsito en tramos generales es:

$$VSi = 2.800 \times (v/c)_i \times fd \times fw \times fvp \quad (\text{Ec. 2.1})$$

- Para analizar la operación del tránsito en tramos de pendiente y longitud específicas:

$$VSi = 2.800 \times (v/c)_i \times fd \times fw \times fvp \times fL \quad (\text{Ec. 2.2})$$

- Para analizar la operación de Autopistas, vías expresas y carreteras de canales múltiples

$$VSi = 2000 \times N \times W \times Ti \times Bi \quad (\text{Ec. 2.4})$$

A fines de este trabajo de grado, el análisis operacional de la vía en estudio, se estudiará mediante el cálculo con la ecuación 2.3, las características de carreteras de canales múltiples, por ende dicha ecuación será la descrita a continuación.

Dónde:

$VS_i$  = Volumen de servicio total por sentido en veh/h.

N = Número de canales por sentido.

V/C = Relación volumen – capacidad.

W = Factor de ajuste por ancho de calzada y obstáculos laterales

$T_i$  = Factor de ajuste para camiones en pendiente

$B_i$  = Factor de ajuste para autobuses en pendiente

#### 2.3.3.4 Derecho de la vía

El MTC (1997) también explica que “se llama "Derecho de Vía" a la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, seguridad, servicios auxiliares y ensanches de una vía” (p 147). El rango del derecho de vía dependerá de la importancia de la carretera, las condiciones del terreno, usos adyacentes, servicios existentes, y afectación ambiental (ver tabla #11).

Tabla 11 Derecho de vía.

<b>Tipo de vía</b>	<b>Rango de Ancho (m)</b>
Vías Locales y Ramales	20 a 30
Carreteras Troncales	30 a 40
Autopistas y vías Expresas	60 a 100

Fuente: normas para el proyecto de carreteras MTC (1997).

Las dimensiones de anchos establecidas por dicha norma, observadas en la tabla 11, deben permanecer sin ningún tipo de árbol, carteles o vallas publicitarias que puedan ser tomados como obstáculos, ya que estas pueden

perturbar la visibilidad de los conductores entorpeciendo la fluidez del tránsito y generando problemas a la hora del diseño y construcción de futuras vialidad.

### 2.3.3.5 Calzada

Pérez (2016), destaca que la calzada es la parte de una vialidad por donde transitan los vehículos; éstas pueden poseer varios carriles, señalización que se les conoce como rayado tanto peatonal como vehicular, su material es de asfalto o concreto y pueden tener diferentes dimensiones. La calzada difiere de las veredas o aceras que solo permiten el paso peatonal. El ancho de la calzada puede variar a lo largo del camino, pero generalmente se diseña en basa al volumen del tránsito, las características de la vía y su composición.

El MTC (1997), destaca los anchos “en base a valores múltiplos de 0,30 metros, desde un máximo de 3,60 metros hasta un mínimo de 3,00 metros, en tramos rectos” (p. 149). La norma establece dimensiones de anchos de calzadas y número de canales según el tipo de vía, como se puede ver a continuación.

Tabla 12. Ancho de calzada.

<b>Tipo de Vía</b>	<b>Canal (m)</b>	<b>N° de Canales</b>
Expresa y Autopista	3,6	2 o más por sentido
Arteriales y Colectoras	3,3	2 por sentido
Locales	3	1 por sentido

Fuente: elaborada por autores (2021), basada en información de la Norma para el proyecto de carreteras MTC (1997).

### **Bombeo**

El MTC (1997), describe al bombeo como la pendiente o inclinación que debe tener la superficie de la calzada como se puede observar en la figura 19, el 2% es la más común en tramos rectos, para así facilitar el escurrimiento de las aguas provenientes de lluvias, y evitar la acumulación de estas en el camino, dando mejor seguridad al tránsito vehicular pasar por estas vías en tiempos de lluvia. Otro punto de vista que es importante resaltar.

Según el Manual de Vialidad (1981), destaca que también se puede dar el caso de inclinación hacia un solo lado de la vía siempre y cuando esta tenga un ancho de hasta 14 metros.

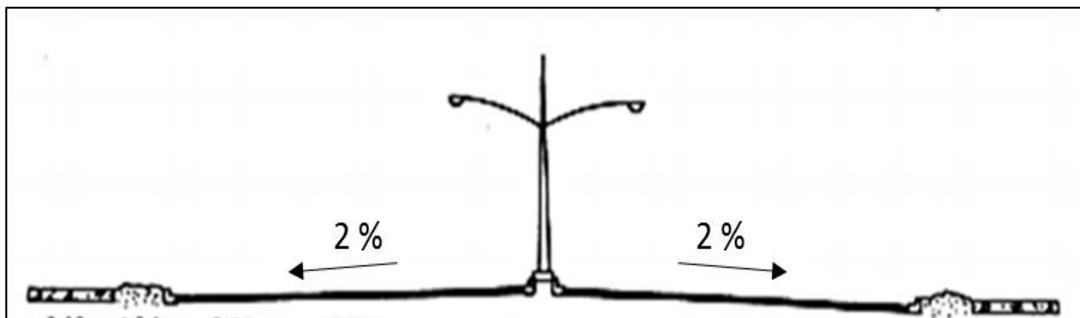


Figura 3 Sección transversal de un bombeo típico en vía.

Fuente: Los autores (2021).

### **Pendiente máximas transversales**

Según el MTC (1997), las pendientes máximas para una vía, van a depender de la velocidad de proyecto, la composición del tránsito y del tipo de topografía que presente la vía, la norma estableció las pendiente máximas recomendadas de acuerdo a las características topográficas más presentes en diseños de carreteras, se pueden observar a continuación:

Tabla 13. Pendientes máximas transversales.

Tipo de vía según su topografía	Rango de pendiente
Terrenos llanos	De 2% a 3%
Terreno ondulado	De 3% a 7%
Terreno montañoso	De 5% a 12%

Fuente: Norma para el proyecto de carreteras MTC (1997), editada por los autores (2021).

### Cunetas

El MTC (1997), sugiere 2 tipos de cuneta, donde el factor capacidad es el indicador del diseño a tomar, donde para una capacidad de 220 lts/seg y una pendiente de 0.5% hasta 760 lts/seg con pendiente de 6% se debe usar la descrita en la figura 20, y cuando la capacidad sobrepase el limite antes expuesto, sin afectar las características de seguridad, la cuneta puede aumentar su holgura a 0.25 metros, sin variar la profundidad como se indica en las siguientes figuras.

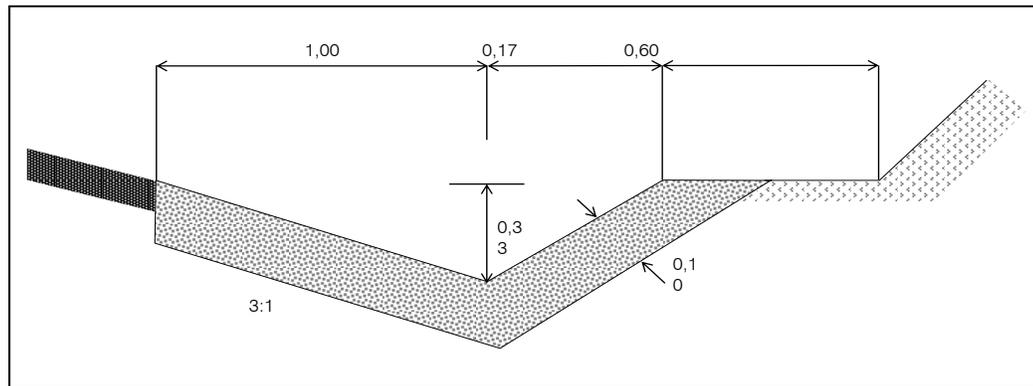


Figura 4. Sección típica de cuneta con capacidad baja.

Fuente: Realizado por los autores (2021), con datos de la norma para el proyecto de carreteras MTC (1997).

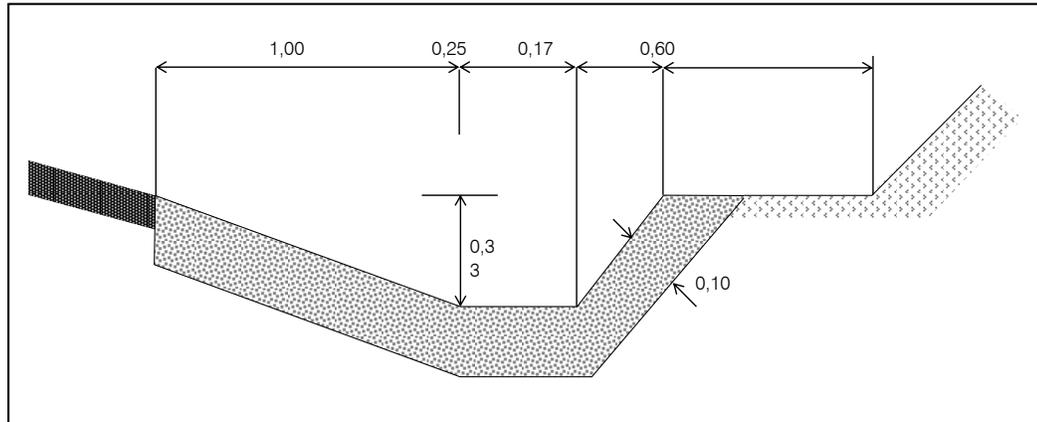


Figura 5. Sección típica de cuneta para capacidades mayores.

Fuente: Realizado por los autores (2021), con datos de la norma para el proyecto de carreteras MTC (1997).

### Brocal y brocales cuneta

Los brocales son parte fundamental en las vías, ya que estos se utilizan para delinear los bordes de la isla central, regular el drenaje, este elemento es usado también para dificultar la salida de vehículos dentro de la calzada, y dar mejor proceso ordena en las vías. El MTC (1997), comenta que, “los brocales en autopistas y carreteras se consideran como elementos potencialmente peligrosos, por lo que es preferible realizar las demarcaciones mediante rayado con pinturas apropiadas” (p.155).

Dicha norma sugiere 4 tipos de brocales o brocales cuneta, que serán descritos a continuación, especificando los sitios donde pueden ser usados para dicha construcción. Es importante resaltar que cuando se haga uso de brocales cuneta para ser el conductor de las aguas pluviales en una vía, la norma recomienda brocales de 0,20 m de altura y la cuña de 0,40 m o 0,60 m, para vías colectoras y locales, la cuña o pata se podrá computar dentro del ancho requerido.

• **Tipo A:** brocal de barrera con 20 cm de altura en la cabeza: Usado comúnmente para la construcción de aceras, burladeros y en casos que se deba orientar corrientes de tránsito. (Ver figura #6)

• **Tipo B:** brocal de barrera con 15 cm de altura en la cabeza: Se utiliza generalmente para delineación de intercepciones. (Ver figura #7)

• **Tipo C:** brocal de barrera con 10 cm de altura en la cabeza: Preferentemente usado cuando los vehículos, por limitaciones geométricas, pueden sobrepasarlo. (Ver figura 8)

• **Tipo D:** brocal montable sin cabeza: Es utilizado para facilitar el drenaje y confinar los bordes en pavimentos flexibles o grava estabilizada. (Ver figura 9)

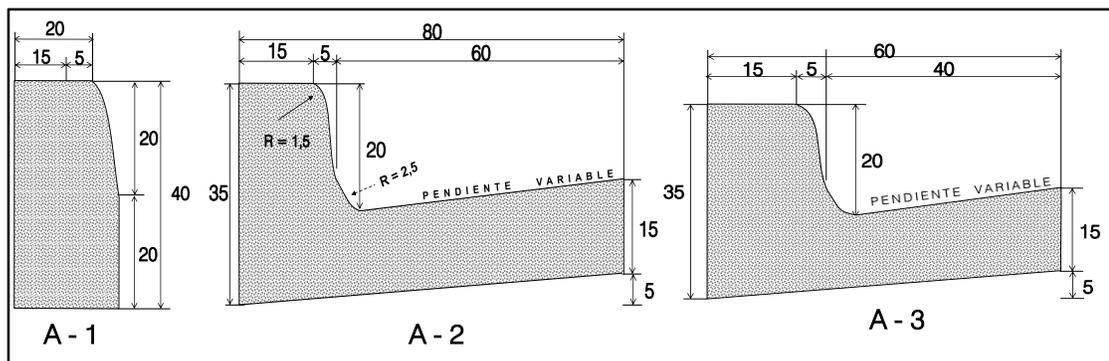


Figura 6. Brocal de barrera con 20 cm de altura en la cabeza.

Fuente: Elaborada por autores, basada en información de la Norma para el proyecto de carreteras MTC (1997).

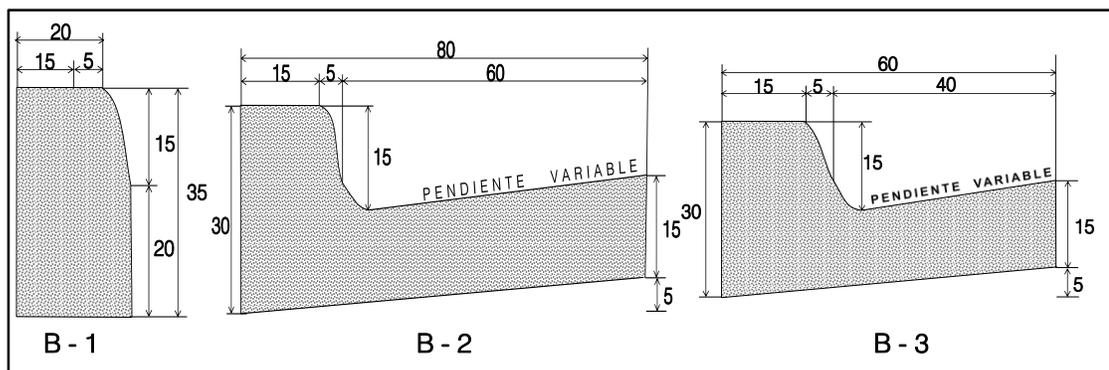


Figura 7. Brocal de barrera con 15 cm de altura en la cabeza.

Fuente: Elaborada por autores, basada en información de la Norma para el proyecto de carreteras MTC (1997).

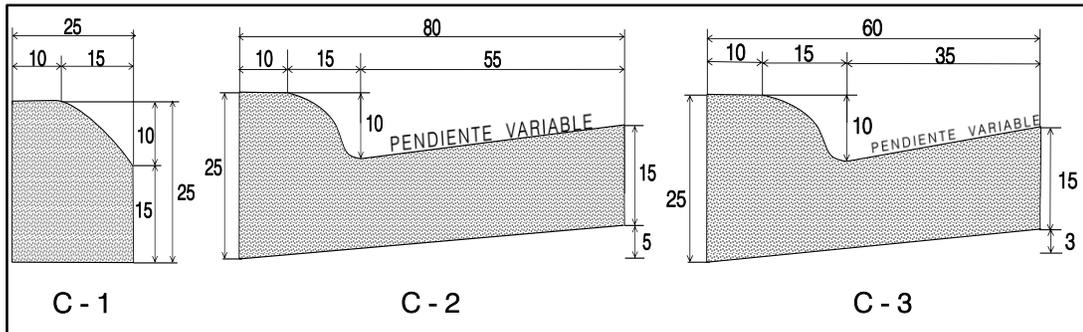


Figura 8. Brocal de barrera con 10 cm de altura en la cabeza.

Fuente: Elaborada por autores, basada en información de la Norma para el proyecto de carreteras MTC (1997).

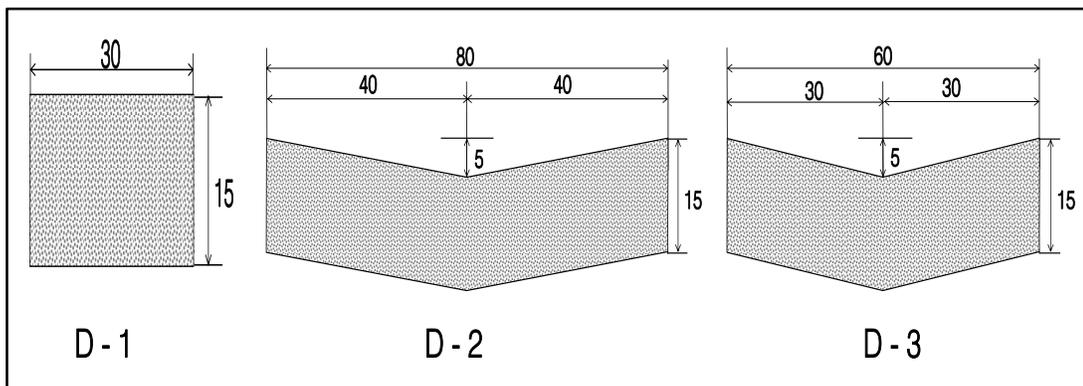


Figura 9. Brocal montable sin cabeza.

Fuente: Elaborada por autores, basada en información de la Norma para el proyecto de carreteras MTC (1997).

## Acera

“Las aceras, son destinadas al tránsito peatonal, no se consideran parte normal de la sección típica de una vía extraurbana. En todo caso, el ancho mínimo de ellas será de 1,20 metros”, (MTC 1997, p. 158). Originalmente los proyectos de carreteras importantes como vías expresas o autopistas no conciben aceras, por lo general en las vías donde exista tránsito peatonal,

especialmente en zonas pobladas, se deberán disponer de aceras a los laterales de la carretera.

El ensanchamiento de las aceras dependerá de la importancia y demanda peatonal que por esta transite, esta será por módulos múltiples de 0.60 metros según el MTC, es importante mencionar que nuestro tramo en estudio es una vía importante, de acceso al tránsito peatonal y con urbanismos adyacentes, por lo cual, al carecer de dicho elemento, se consideró un ancho mínimo en la propuesta de diseño vial.

### **Peralte de una vía**

“Se denomina peralte, la inclinación transversal que se le da a la calzada en las curvas para reducir su efecto de la fuerza centrífuga” (MTC 1997, p. 91). Es decir, que el peralte en carreteras es construido para ayudar a la fuerza centrífuga que hace que los vehículos salgan de la carretera, así mismo cumple la función importante del bombeo dentro de la vía, que es la de evacuar las agua hacia el exterior, para tener mejor acceso a la canalización de ellas.

- Se adoptan valores máximos de peralte, tomando en cuenta el tipo de vía, la composición del tránsito y presencia de vehículos con velocidades inferiores a la de diseño.
- Las velocidades consideradas están entre el rango de 30 kph y 120 kph.
- Para velocidades menores a 15 kph, se rigen los radios ya descritos en la sección 2.2.6.3 Vehículos de diseño, de este mismo capítulo.
- Peralte de hasta 4% en vías urbanas y sub-urbanas sin control de acceso.
- Peralte de hasta 8% en carreteras, vías expresas y autopistas.

- Peralte de hasta 10%, siempre y cuando se justifique.

Según también el Manual de Vialidad (1981), destaca que “con el fin de garantizar el drenaje de la vía en la parte de transición del peralte en la cual la calzada esta horizontal (0%), la pendiente longitudinal de la vía deberá ser al menos 0,50%” (p. 20).

### **2.3.3.5 Intersecciones en una vía**

El MTC (1997), describe intersección como, “El área donde concurren 2 o más vías. En dicha área, ocurre una disposición de los canales de circulación en los cuales los vehículos se mueven, cambian de dirección y se entrecruzan”. El diseño de una intersección debe ser sencillo, y de manera que el conductor pueda realizar la maniobra deseada de acuerdo a la velocidad de diseño de la vía, en función del “tiempo de percepción-reacción”, es decir, donde no deba enfrentarse a más de una decisión a la vez, ya que esto produce confusión en el conductor y puede ser una causa potencial de accidentes entre vehículos.

Así mismo, se sugiere que el diseño de las intersecciones viales, se debe considerar como un caso único, particular, con sus propias características, tanto geométricas, como del tráfico vehicular y peatonal, debido a que es una zona de conflictos de tránsito, y debe prevalecer en el diseño principalmente lo relativo a la seguridad y confort.

También se puede destacar que el MTC, establece algunos criterios que se deben considerar para el diseño de cualquier intersección a nivel, entre ellos se puede destacar los siguientes:

- En toda intersección a nivel, debe considerarse una vía principal y otra secundaria. Esto se debe hacer mediante la jerarquización de los

sistemas viales, tomando en cuenta que la vía que se considere principal, debe mantener una geométrica continua.

- Se debe tomar en cuenta que toda maniobra diseñada en cruces de vías, se realiza a partir de la condición de parada.
- El ángulo para cruces de intersecciones no debe ser menor a  $70^\circ$  o mayor de  $110^\circ$ , ya que esos ángulos crean áreas muy grandes, que pueden producir confusión, o inducir a recorridos fuera de su carril ocasionando congestión en el tránsito y aumentan la posibilidad de que se produzcan accidentes.
- Es recomendable que los Dispositivos a Nivel estén en tramos rectos de la vía principal.

### **Puntos de conflicto**

Según el MTC (1997), “los puntos de conflicto son los que se producen cuando una corriente se cruza con otra de sentido contrario, cuando convergen dos corrientes o cuando divergen dos corrientes” (p. 172). Asimismo, se sugiere que el diseño de las intersecciones viales, se debe considerar como un caso único, particular, con sus propias características, tanto geométricas como del tráfico vehicular y peatonal, debido a que es una zona de conflictos de tránsito, debe prevalecer en el diseño principalmente lo relativo a la seguridad y confort.

El proyecto de la intersección debe ser sencillo, de manera que el conductor pueda realizar la maniobra deseada de acuerdo a la velocidad de diseño de la vía, en función del “tiempo de percepción-reacción”, donde no deba enfrentarse a más de una decisión a la vez, ya que esto produce

confusión en el conductor y sea causa potencial de eventos indeseables entre vehículos. Estas maniobras de tránsito en las intersecciones, son tres:

#### **a) Divergencia**

Es cuando el conductor reduce la velocidad del vehículo para cambiar de dirección de su trayectoria, es la maniobra más simple y fácil por realizar, y depende de su propia voluntad.

#### **b) Convergencia**

Es aquella maniobra donde el conductor que decide cambiar de dirección de la trayectoria del vehículo, debe esperar un espacio o una brecha entre los vehículos que circulan en la trayectoria a la cual se quiere ingresar, no depende directamente de la voluntad del conductor involucrado.

#### **c) Cruce**

La maniobra de cruce es la más peligrosa de las que se generan en la intersección, pueden generar los accidentes de tránsito de mayor magnitud.

### **2.3.3.6 Tipos de Intersecciones**

Las normas para el diseño de proyectos de carreteras, como El MTC (1997), El NORVIAL (1985) y el Manual de Vialidad Urbana (1981), agrupan las intersecciones de la siguiente manera:

#### **Intersección a nivel simple**

Este tipo de intersección es más vista en carreteras rurales, suele estar conectadas con dos vías con jerarquías una menor que la otra, es muy común que la vía que converge a la otra, sea una carretera secundaria o de tierra, esta debe tener mínimo 20 metros con una capa de rodamiento con tratamiento superficial o pavimentada, tomando de inicio la intersección. Como se puede observar en la siguiente figura:

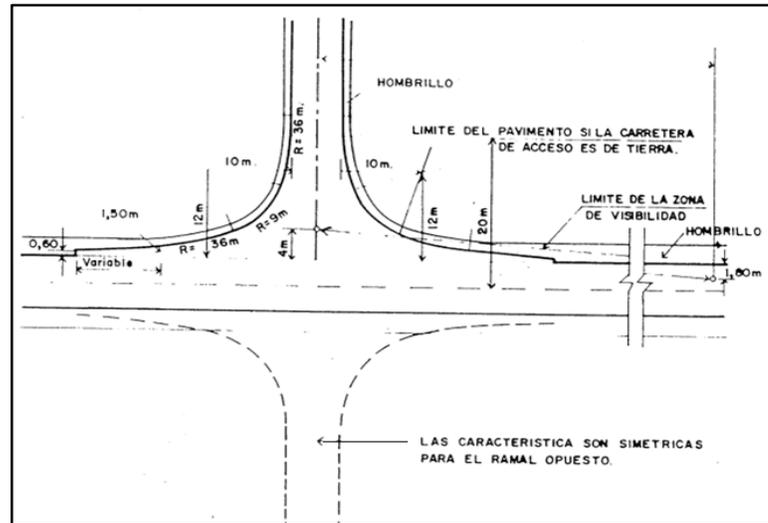


Figura 10. Intersección a nivel simple.

Fuente: NORVIAL (1985).

### Intersección a nivel canalizada

Esta intersección se conoce cuando dos vías principales se conectan una de la otra, tomando en cuenta situaciones de volúmenes elevados de tránsito, incluyendo cruces a la izquierda, donde una intersección a nivel simple no cumpliría con los criterios de diseños, quedando insuficiente e insegura.

El cambio de velocidad de los vehículos se dará mediante el buen diseño vial, incorporando radios de giros adecuados, canales de aceleración y deceleración, y ensanches en las calzadas, con estos métodos se logrará la salida y entrada de vehículos dentro de las corrientes de tránsito, produciendo sus inserciones de forma suave, segura y eficaz.

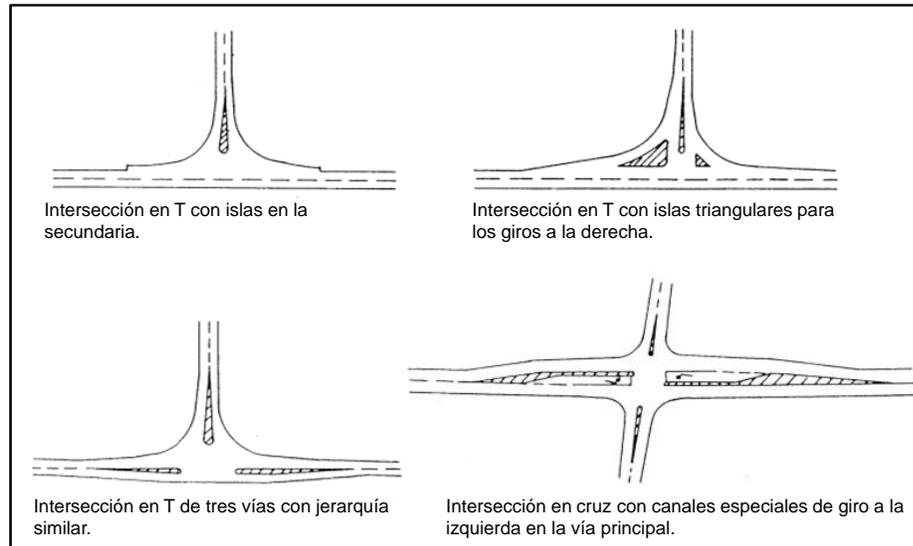


Figura 11. Intersecciones a nivel canalizadas.

Fuente: NORVIAL (1985).

### Intersección controlada por semáforo

Según el Manual de vialidad Urbana (1981), explica que este sistema de intersección, su función es el eliminar los puntos de conflictos mediante el control por dispositivos conocidos como semáforos, donde este aplica diferentes intervalos de tiempo, para ceder el paso de una de las corrientes de tránsito, mientras los otros volúmenes esperan su lapso de tiempo para ejercer su movimiento rectilíneo o maniobra de cruces.

En este tipo de intersección se puede combinar con diferentes métodos para el control y orientación del flujo vehicular, como rayados para el control de pare, isletas guadoras y canales de refugio, para las maniobras de giro a la izquierda, en la figura 12 se puede observar una intersección típica.

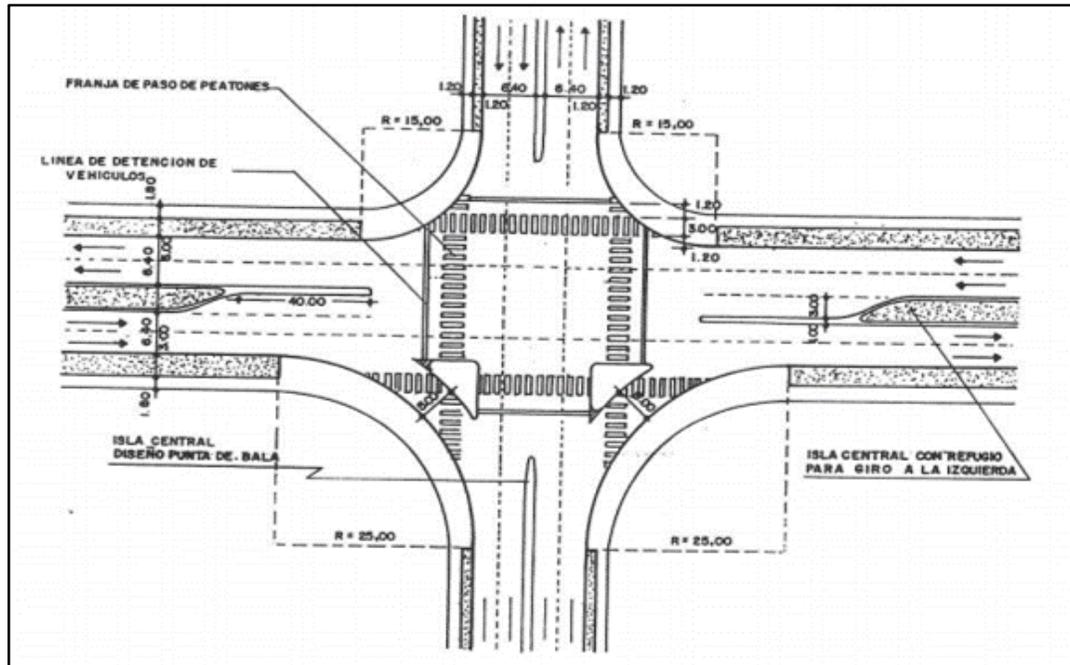


Figura 12. Intersección completa de dos canales por sentido, con separadores físico, con convergencia de vías arterial y colectora controladas por semáforos.

Fuente: Manual de vialidad Urbana (1981).

### a) Criterios básicos

La norma considera una redoma adecuada, cuando esta cumpla con los siguientes criterios:

- Cuando las señales de pare o ceda el paso, en la redoma produzcan una demora en los conductores de las vías secundarias, aumentando la fluidez en las vías principales.
- Cuando una redoma produce menos demora, que la que pudiera producir un semáforo.
- Cuando en la intersección, el aforo vehicular dé como resultado que la mayoría de los vehículos giran a la izquierda.
- Se puede reemplazar con una redoma, cuando en las intersecciones en cruz, haya un índice alto de accidentes.

Se considera inapropiado, cuando esta cumpla con los siguientes argumentos:

- No se recomienda cuando las condiciones de topografía o espacio físico, no facilita lograr la geometría deseada.
- Cuando puedan sufrir demoras grandes, por volúmenes de tránsito mayores.
- Cuando dos vías concurrente consecutivas se acercan a su capacidad.
- Estudios determinen que un sistema de semáforo provee mejor nivel de servicio.
- Este tipo de dispositivo, debe estar situado en lugares donde se tenga el suficiente espacio físico.
- Para su diseño se deben adoptar velocidades de proyecto menores a 50 km/hora en la redoma.
- Las dimensiones internas de la redoma y ancho de la calzada va a depender del radio de la isla central, los volumen vehicular, de las velocidades y de la composición del tránsito, por esta razón no siempre la rotonda tiene la forma geométrica circular, pudiese tener forma de ovoide, debido a la diferencia que pueda existir en los volúmenes y velocidad de los vehículos que concurren a la intersección.
- Siempre se debe garantizar la suficiente visibilidad al aproximarse a la redoma, debe existir en sus adyacencias buena iluminación y la suficiente señalización de tránsito.

#### **b) Anchos de calzada convenientes**

Sabiendo que las dimensiones de la calzada dependerán del radio de la isla central que se adopte, tomando en cuenta el vehículo tipo, en la siguiente tabla se podrán observar los anchos más convenientes. Según el

MTC (1997), “se considera muy inapropiado la necesidad de 3 canales de circulación cuando el radio de giro sea menor de 20 metros”.

Tabla 14. Radios de giro (Anchos más convenientes).

Radio de giro (m)	Vehículo 1 articulado	Vehículo 1 articulado 1 liviano	Vehículo 1 articulado 2 livianos
5	7.6	11.7	-
8	7.1	11.2	-
10	6.7	10.8	-
12	6.5	10.3	-
24	6.2	10.1	-
16	6.0	9.9	-
18	5.9	9.7	-
20	5.7	9.6	13.5
22	5.6	9.5	13.4
24	5.5	9.4	13.3
26	5.4	9.3	13.2
28	5.4	9.2	13.0
30	5.3	9.1	12.9
50	5.0	8.8	12.6
100	4.6	8.4	12.2

Fuente: Normas para el proyecto de carreteras MTC (1997).

### 2.3.4 Drenaje

Según Pérez y Gardey (2009), la palabra drenaje deriva del francés *drainage* y no es más que la acción de drenar. En este sentido, al hablar de drenaje se hace referencia al sistema de tuberías conectadas entre sí que permiten la expulsión de líquidos provenientes de lluvia o de cualquier otra fuente de una carretera.

Se puede decir, que el sistema de drenaje tiene como objetivo captar, disponer y conducir las aguas de lluvia que se precipitan sobre una zona con la finalidad de evitar daños a personas y propiedades y de igual forma garantizar el adecuado desenvolvimiento de los habitantes durante la

ocurrencia de este fenómeno hidrológico. Para llevar a cabo dicho objetivo se realizan entonces las obras hidráulicas necesarias. Cabe destacar que la vía en estudio carece de un sistema de desalojo de aguas pluviales, por ello la elaboración de un sistema de captación es de gran importancia para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona.

#### **2.3.4.1 Tipo de sistema de drenaje**

Arocha (1983), indica que, para la recolección de las aguas negras o servidas y las aguas pluviales, existe el sistema combinado y el sistema unitario. (p. 2)

El sistema combinado, se basa en el diseño y recolección de ambas aguas tanto servidas como pluviales en un mismo sistema. Debe soportar los caudales de aguas servidas y las que se incorporan mediante canales o sumideros que se encuentran en la vialidad.

El sistema unitario, consiste en el diseño y recolección de aguas negras y de lluvias por separado, lo que genera tanquillas de empotramiento para aguas servidas y otra red de alcantarillado para aguas pluviales.

Las normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) del año 1975, mencionan que el sistema separado es el más usado debido a que además de aplicar distintos tratamientos a las aguas, se puede reutilizar y aprovechar el agua precipitada.

Ya que al hablar de drenaje de carreteras hacemos referencia a las obras hidráulicas necesarias para permitir la disposición y eliminación de las aguas que caen sobre ella con el objetivo de mantener un buen comportamiento de los pavimentos y de la vialidad en general, la evaluación hidráulica del tramo de carretera actual, contempla el sistema de alcantarillado pluvial, por lo que, se incorporaron únicamente obras de

recolección de aguas de lluvia para que cumpliera la función de un sistema separado.

En este sentido, las viviendas y edificaciones del sector deben construir sus instalaciones sanitarias de forma tal que las aguas sanitarias sean conducidas hacia la red de alcantarillado sanitario y las de lluvia hacia las distintas obras de la red de alcantarillado pluvial, o lo que es igual hacia las calles donde serán recolectadas en sumideros convenientemente ubicados y posteriormente conducidos hacia su final, a lo que Arocha (1983), expone que:

“Para el diseño eficiente de un drenaje, deben tomarse en cuenta todas las variables que pueden intervenir en la determinación de un gasto de aguas de lluvia acumulándose, por lo que es necesario determinar la magnitud del caudal de las aguas pluviales provenientes de las edificaciones, aunadas a las que reciben las calles directamente, al igual que el incremento progresivo en el sentido de la pendiente de la calle”  
(p. 204)

#### **2.3.4.2 Diseño de drenaje pluvial**

Para diseñar un sistema de recolección de aguas de lluvia es necesario tener en cuenta cuatro factores que se explicaran a continuación como: a) Característica de la zona, b) Curvas de pavimentos, c) Intensidad, duración y frecuencia de las lluvias y d) Estimación del caudal. (Ob. Cit, p. 204)

#### **Características de la Zona**

El tipo de superficie o suelo donde se va a llevar a cabo un diseño de drenaje pluvial, es un factor determinante en dicho diseño, debido a que de ello dependerá la capacidad de escurrimiento del agua precipitada que se estanca en la carretera y por ende la eficacia del sistema de drenaje. Las Normas INOS (citadas en Arocha, 1983, p. 204), establecen de esta forma

distintos valores del coeficiente de escorrentía en base al tipo de superficie y a la zonificación de la misma. (Ver tabla 14 y 15)

Tabla 14. Coeficientes de escorrentía.

<b>Características de la Superficie</b>	<b>Coeficiente de escorrentía</b>
Pavimentos de concreto	0,70 a 0,95
Pavimentos de asfalto	0,70 a 0,95
Pavimentos de ladrillo	0,70 a 0,85
Tejados y azoteas	0,75 a 0,95
Patios pavimentados	0,85
Caminos de grava	0,30
Jardines y zonas verdes	0,30
Praderas	0,20

Fuente: INOS citadas en Arocha (1983). Editado por los autores (2021).

Tabla 15. Zonificación y coeficientes de escorrentía.

<b>Zona</b>	<b>Coeficiente de escorrentía</b>
Comercial, en el centro de la localidad	0,70 a 0,95
Comercial, en otra ubicación	0,50 a 0,70
Residencias unifamiliares	0,30 a 0,50
Residencia multifamiliar separada	0,40 a 0,60
Residencia multifamiliar agrupada	0,60 a 0,75
Residencias sub-urbanas	0,25 a 0,40
Zonas industriales	0,50 a 0,80
Parques y cementerios	0,10 a 0,25
Parques de juego	0,20 a 0,35

Fuente: INOS citadas en Arocha (1983). Editado por los autores (2021).

### **Curvas de pavimento**

Las curvas de pavimento, son las curvas de nivel de una carretera, e indican las diferencias de alturas y por tanto las pendientes e inclinación que tenga la vía. Así, Arocha (1983) expone que se deberá proporcionar una pendiente transversal y longitudinal de la vía con orientación hacia los puntos

de recolección o sumideros para que las aguas sean arrastradas por efectos de gravedad y generar un drenaje económico, cómodo y eficaz.( p, 206). Dicho esto, se puede determinar que la pendiente es directamente proporcional a la velocidad de escurrimiento del agua precipitada y que existe una estrecha relación entre el sistema de drenaje y el sistema vial.

La figura 13 esquematiza las curvas de pavimento y corte transversal de la calle con pendientes en función de los puntos de recolección de aguas pluviales. El manual de drenaje del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 1967), señala los valores mínimos de pendientes longitudinales y transversales en función del drenaje de las aguas sobre la vía (ver tabla 16).

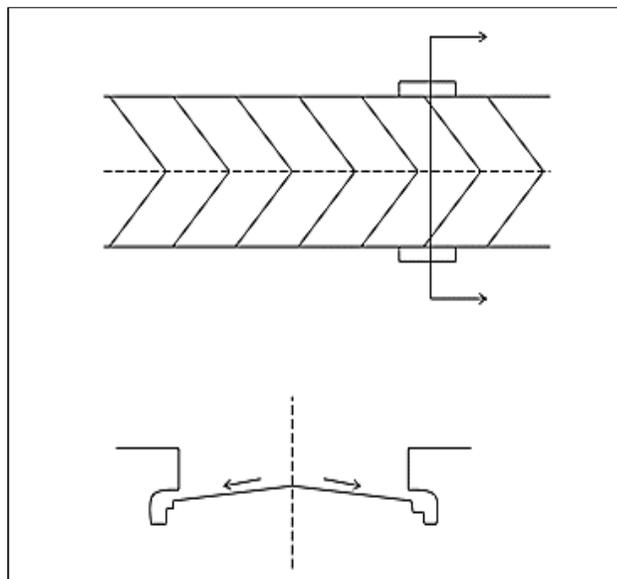


Figura 13. Curvas de pavimento en función del drenaje.

Fuente: Autores (2021).

Tabla 16. Pendientes mínimas de la vía.

Pendientes	Valores mínimos
Longitudinal	0,3%, ya que esto resultaría en estancamiento de las aguas por periodos prolongados

---

**Transversal****Generalmente se toman del orden del 2%, admitiéndose un valor mínimo del 1%**

---

Fuente: Elaborada por los autores (2021), en base a pendientes mínimas del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 1967).

### **2.3.4.3 Intensidad, duración y frecuencia de las lluvias.**

Las curvas de intensidad – duración – frecuencia son elementos que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia o probabilidad de ocurrencia. Venezuela está dividida en 18 regiones, cada una con su curva de intensidad- duración frecuencia determinada, para efectos de este trabajo de grado, ya que el área en estudio se encuentra en la zona II, En la figura A-8 de anexo, se muestra la curva de intensidad – duración - frecuencia correspondiente a esta área.

#### **a) Intensidad**

La intensidad de la lluvia es la tasa promedio de volumen de agua que precipita por unidad de tiempo en una cuenca o sub-cuenca de drenaje particular, y generalmente se expresa en mm/h, mm/min, mm/sg/ha o lt/sg/ha”. (Te Chow, Maidment y Mays, 1994, p. 512). Y el valor de la intensidad, se obtendrá utilizando la curva de intensidad- duración – frecuencia ya mencionada.

#### **b) Duración**

La duración de la lluvia es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia. Y según Arocha (1983), de acuerdo a la duración de la lluvia, esta puede denominarse lluvia corta cuando la duración es menor de 120 minutos, y larga, cuando dura más de 120 minutos. Dicha duración será igual al tiempo de concentración ( $t_c$ ) y no deberá ser inferior a 5 minutos (MOP, 1967).

López (1997), expone en cuanto al tiempo de concentración, que este representa el tiempo que tarda en recorrer la distancia 1-2 la partícula de agua precipitada en 1 y debe ser de 30 minutos como mínimo. Vendrá dado por la ecuación 2.25.

$$T_C = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Dónde:

TC = Tiempo de concentración

L = Longitud del recorrido (m)

H = Diferencia de elevación (m)

### c) Frecuencia

Para diseñar un drenaje, es necesario seleccionar el tiempo o frecuencia con que ha ocurrido o podría ocurrir nuevamente una lluvia de determinada intensidad, lo que dependerá del grado de protección que se desee ofrecer, del valor económico y de las características de la zona.

Arocha(1983), denota la frecuencia como la relación entre el número de años registrados y el número de veces que ha ocurrido una lluvia de cierta magnitud en ese determinado periodo de tiempo, por lo que dependerá principalmente del mayor tiempo de registros disponibles.

$$f = \frac{\text{Nro de Años}}{\text{Nro de Veces}} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

El manual de drenaje del MOP (1967), establece que para el cálculo del caudal de aguas de lluvia se estimen las frecuencias siguientes:

Tabla 17. Frecuencia, probabilidad de ocurrencia

Zona	Frecuencia
------	------------

Zonas residenciales	2 a 5 años
Zonas Comerciales y de elevado valor	5 a 15 años
Obras de canalización de cursos naturales, ríos o quebradas	50 años o mas

Fuente: Manual de drenaje del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 1967).

### Estimación del caudal

Según el Ministerio de Obras Públicas (1967), “ el gasto de diseño para las obras de drenaje de cuencas menores de 500 Has., será estimado siguiendo el “método racional” (p. 19), sobre el cual Te Chow, Maidment y Mays (1994) señalan lo siguiente:

“El método racional es el método más utilizado debido a su simplicidad y sostiene que si una lluvia de intensidad  $i$  empieza en forma instantánea y continúa en forma indefinida, la tasa de escorrentía continuara hasta que se llegue al tiempo de concentración  $t_c$ , en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo en la salida. El producto de la intensidad de la lluvia ( $i$ ) y el área de la cuenca ( $A$ ) es el caudal que entrara al sistema  $iA$ , y la relación entre este caudal y el caudal ( $Q$ ), se conoce como el coeficiente de escorrentía ( $C$ ) tal como se expresa en la siguiente formula” (p. 510).

$$Q = C \times i \times A \quad (\text{Ec. 2.7})$$

#### 2.3.4.3 Componentes del sistema de alcantarillado pluvial

La Comisión Nacional del Agua de México (2009), describe que los componentes principales de un sistema de alcantarillado son los siguientes:

- **Estructuras de captación:** Los sumideros son una de las estructuras diseñadas para captar las aguas pluviales. Su función es recolectar dichas aguas encontradas en la superficie del terreno, por medio de la conducción de canales. También son enviadas las aguas pluviales captadas por las conexiones domiciliarias que son trasportadas por medio de gravedad a los

sumideros; cabe destacar que dichas estructuras son diseñadas con rejillas para evitar que materiales obstruyan el paso del agua para su debida captación.

- Estructuras de conducción: Son estructura por conductos cerrados y abiertos conocidos como tuberías y canales, su función es conducir las aguas recolectadas por los sumideros a un punto final, sea un sitio de tratamiento o de vertido.

- Estructuras de conexión y mantenimiento: estas estructuras son importante ya que son las encargadas de conectar varias tuberías que forman el sistema de distribución; éstas pueden ser de diferentes diámetros o material. La estructura de mantenimiento es conocida como bocas de visita, ésta posee un espacio suficiente para que una persona baje hasta el nivel de las tuberías y pueda maniobrar la limpieza e inspección de los conductos.

- Estructuras de vertido: son estructuras terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, su función es evitar posibles daños en el tramo final de la tubería, que pueden ser causados por la corriente a donde descarga el sistema o por el propio flujo de salida de la tubería.

- Instalaciones complementarias: estas instalaciones no necesariamente forman parte de un sistema de alcantarillado, pero cabe destacar que pueden ser importantes en algunos casos incorporarlas para su correcto funcionamiento y evitar cualquier daño que éstas puedan solventar. Entre ellas se tiene a las plantas de bombeo, plantas de tratamiento, estructuras de cruce, vasos de regulación y de detención, disipadores de energía, entre otros.

- Disposición final: Se le llama disposición final al destino que se le dará al agua captada por un sistema de alcantarillado, cabe destacar que la

disposición final no es una estructura que forme parte del mismo, sin embargo, representa una parte fundamental del proyecto de alcantarillado. Su importancia radica en que, si no se define con anterioridad a la construcción del proyecto el destino de las aguas residuales o pluviales, éstas pueden provocar graves daños al medio ambiente e incluso a la población servida o a aquella que se encuentra cerca de la zona de vertido.

### **Estructuras de captación**

#### **a) Ubicación**

Las estructuras de captación deben ser convenientemente ubicadas, lo que dependerá principalmente de las cantidades de precipitación de la zona y de las pendientes de la misma, pudiendo el proyectista iniciar ubicando tentativamente sumideros al observar las pendientes de la carretera.

Arocha (1983), expone que en ciertos casos, la ubicación del sumidero está determinada por las siguientes consideraciones: (p. 211).

- Puntos abajo y depresiones de las calzadas
- Aguas arriba de las intersecciones, especialmente de los cruces para peatones, en avenidas y calles.
- En los cambios de pendiente longitudinal y transversal de calzadas.
- En accesos a los puentes y terraplenes sobre quebradas
- En calles donde la acumulación de agua moleste el tránsito, en sectores comerciales y zonas residenciales de importancia
- En todos aquellos sitios, donde el proyectista lo considere necesario, previa justificación correspondiente.

El INOS (citado en Arocha 1983), establece como zona inundable una franja de 1,5 metros en la calzada en su ancho. Y conociendo las pendientes,

mediante la ecuación de Manning que se observa a continuación se puede determinar el ancho mojado y la altura en la acera o cuneta. En la figura 36 se observan estos elementos y como la pendiente puede incrementarse en el borde cuando se introduce la cuneta.

La ecuación de Manning se traduce así en la siguiente fórmula para calcular la capacidad de calles:

$$Q=0,00175 \times \frac{Z}{n} \times Y^{8/3} \times S_0^{1/2} \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Dónde:

Q: litros/segundos.

Z: inverso de la pendiente transversal.

n: coeficiente de Manning.

S: pendiente longitudinal.

Y: profundidad máxima en cm.

López (1997), señala que una vez alcanzada la capacidad de la calle se deben colocar sumideros (p, 76).

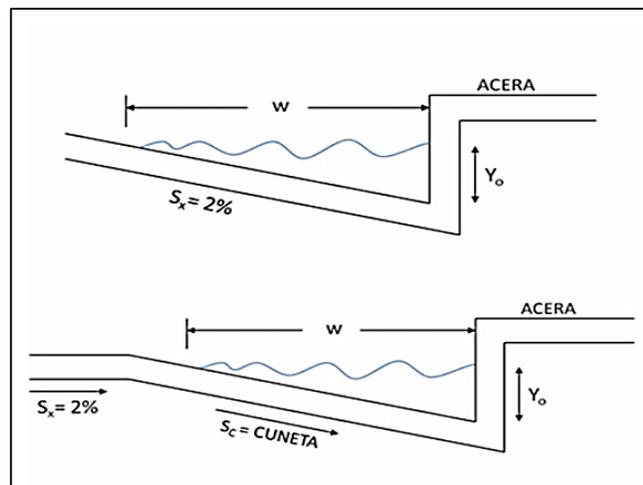


Figura 14. Capacidad hidráulica de la carretera.

Fuente: los autores (2021).

## b) Dimensiones y Tipos de sumideros

Una vez seleccionada la ubicación de cada uno de los sumideros, se procede a seleccionar el tipo de sumidero a utilizar, tomando como base las características de la vía, el grado de eficiencia del sumidero, la capacidad de captación y acumulación de sedimentos. Y el dimensionado del mismo dependerá principalmente del caudal de agua para el que se diseña.

Según el Ministerio de Obras Públicas (1967), se pueden considerar tres tipos de sumideros, los sumideros de ventana, de rejilla y mixtos cuyas ventajas y desventajas se describen a continuación en la tabla 41 (p. 103).

Tabla 18. Ventajas y desventajas de los distintos tipos de sumideros

Tipo de Sumidero	Ventajas	Desventajas
Ventana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De fácil operación y mantenimiento ya que evitan el arrastre y depósito de sedimentos.</li> <li>• Se adapta a los brocales, aceras e islas centrales por lo que no afecta la calzada y no interfieren directamente con el paso de vehículos o personas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si no existen las depresiones baja la eficiencia e interfiere con el tránsito en vías rápidas.</li> <li>• Si la pendiente es muy pronunciada su longitud puede resultar imposible de construir o muy costoso.</li> </ul>
Rejillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En pendientes pronunciadas captan el agua en distancias menores que los de ventana.</li> <li>• Se utilizan en lugares donde no es recomendable depresiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultan el tránsito de vehículos y peatones.</li> <li>• Se obstruyen fácilmente por arrastres o basuras.</li> </ul>
Mixtos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su eficiencia aumenta por estar constituidos de sumideros de ventana y de rejilla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen suficientes datos sobre capacidades y comportamiento por lo que no se pueden establecer criterios de diseño al respecto.</li> </ul>

Fuente: Elaborada por los autores (2021), basado en ventajas y desventajas indicadas en el Manual de Drenaje del MOP (1967).

A continuación se detallan las condiciones de diseño con las que debe cumplir el sumidero de ventana. En el Manual de Drenaje del MOP (1967),

todos los sumideros (ver figura #15 y #16) deben contar con las siguientes características generales:

El tope del tubo de salida debe ser colocado al menos 0,25 metros por debajo del nivel inferior de la ventana. Este borde libre de 0,25 m., toma en consideración la compensación de las pérdidas causadas por turbulencia y la basura flotante. Cuando el tubo de salida funcione lleno o casi lleno se deberá añadir al mínimo de 0,25m la pérdida por entrada en el tubo de salida. El fondo del sumidero deberá tener una pendiente no menor de 2%, hacia la salida. Cuando una tubería continúa a través del sumidero, el fondo del mismo deberá ser un canal semicircular. (p. 109)

Estos podrán estar ubicados en pendientes o en puntos bajos y sus características y condiciones variarán según sea el caso como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 19. Condiciones de los sumideros en pendientes y en puntos bajos.

Sumideros en pendientes	Sumideros en puntos bajos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionaran como vertederos laterales con carga variable.</li> <li>• La capacidad del sumidero disminuye con el aumento de la pendiente longitudinal y aumenta su longitud y la depresión de la ventana, con la pendiente transversal de la calzada.</li> <li>• La pendiente transversal en los brocales-cunetas deberá ser la mayor probable, (hasta 8%), pues de esta forma se concentrara el flujo contra el brocal aumentando la capacidad del sumidero. La franja de mayor pendiente no debe tener más de 0,60m de ancho.</li> <li>• El ancho de la ventana no debe limitarse de forma que no dificulte el tránsito de vehículos y peatones, ya que una depresión con un ancho mayor a 0,60 metros, tiende a ser evitada por los conductores lo cual ocasiona perjuicios al buen funcionamiento de la vía. Las depresiones de las ventanas de los sumideros en las islas centrales no deben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionaran como vertederos y el diseño debe ser realizado para que la ventana no opere sumergida</li> <li>• Las dimensiones de la ventana y de la depresión de los sumideros deberán determinarse a partir de los gastos estimados y de acuerdo con el límite permisible de inundación como se observa en la tabla 43</li> <li>• Considerando los efectos negativos de la inundación en un punto bajo, la cual puede ser ocasionada por la tendencia a la sedimentación en estos puntos y subsecuente obstrucción del sumidero, es conveniente proyectar sumideros adicionales aguas arriba del punto bajo a una elevación tal que la inundación se limite a la zona indicada.</li> <li>• La capacidad se puede determinar con el grafico 36.</li> </ul>

tener más de 0,30 metros de ancho.

- La capacidad se puede determinar con el grafico A-9, A-10 y A-11 en anexos.

Fuente: Manual de drenaje MOP (1967).

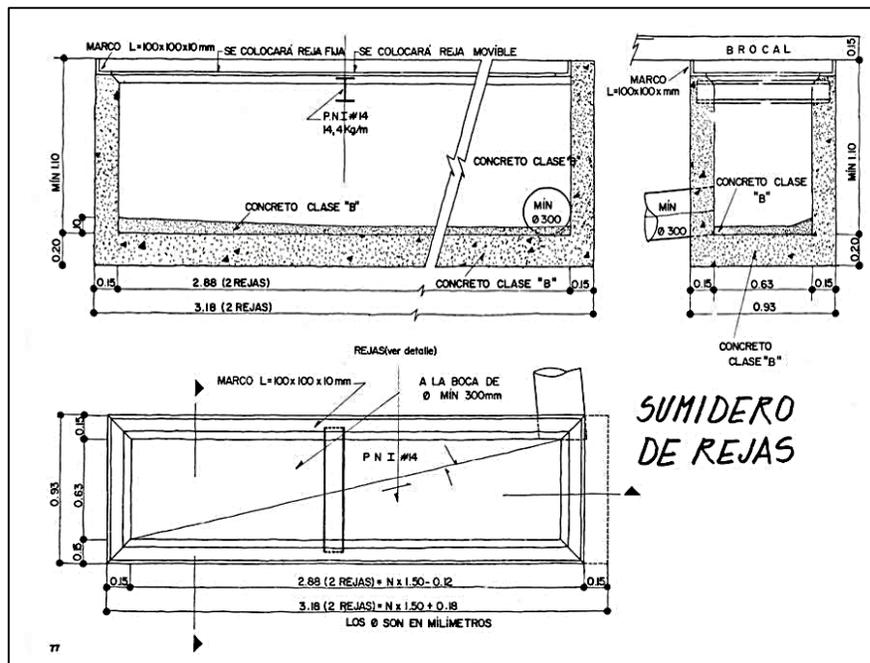


Figura 15. Sumidero de Rejas.

Fuente: Cartilla de Urbanismo de López (1997).



- Los sedimentos arrastrados son de mayor peso que los sedimentos que de las aguas negras, por lo que la velocidad mínima para estos colectores será de 0,75 m/seg.

- El diámetro mínimo a usar en colectores pluviales es de 0,25 metros (10")

- La pendiente de los colectores debe proyectarse en función de un mejor arrastre de los sedimentos y de la capacidad del colector, en la medida de lo posible paralelo a la pendiente del terreno y en caso de terreno horizontal o con pendiente contraria se colocara con pendiente mínima.

- Las profundidades de los colectores dependerá de la pendiente mínima que se debe tener para el mejor arrastre y del análisis económico que permita seleccionar la solución más económica. Y en todo caso se deben señalar en los perfiles los puntos de cruce con los colectores cloacales

- Generalmente están ubicados a un lado de la calzada para mayor economía y facilitar el mantenimiento. Usualmente se ubican en aceras, hombrillos, islas centrales y la mitad de un canal de tránsito. (Véase figuras #17, #18 y #19).

El caudal que se le asigne al colector no es necesariamente la suma de los gastos de diseño que recoja, sino que es una cantidad menor ya que aumenta el tiempo de concentración y disminuye la intensidad de la lluvia de diseño. (MOP, 1967, p. 111).

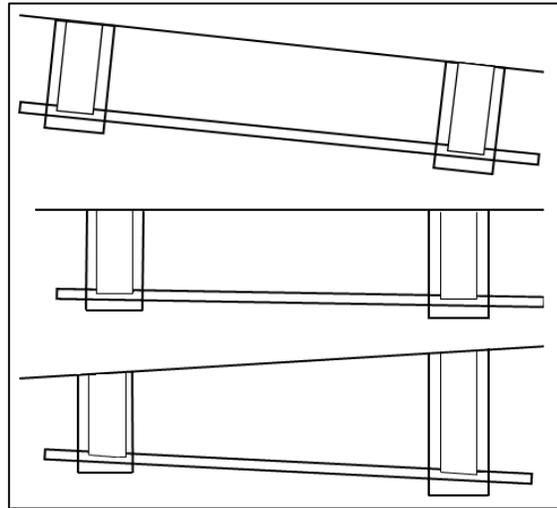


Figura 17. Pendiente del colector.

Fuente: Cloacas y Drenaje de Arocha (1983).

Tabla 21. Pendientes en los colectores.

Diámetro		Pendiente mínima	Pendiente máxima
10"	25cm	3 ‰ Por mil	225 ‰ Por mil
12"	30cm	2.5 ‰	175 ‰
15"	38cm	2 ‰	130 ‰
18"	46cm	1.5 ‰	105 ‰
21"	53cm	1 ‰	84 ‰

Fuente: Cartilla de Urbanismo, López (1997).

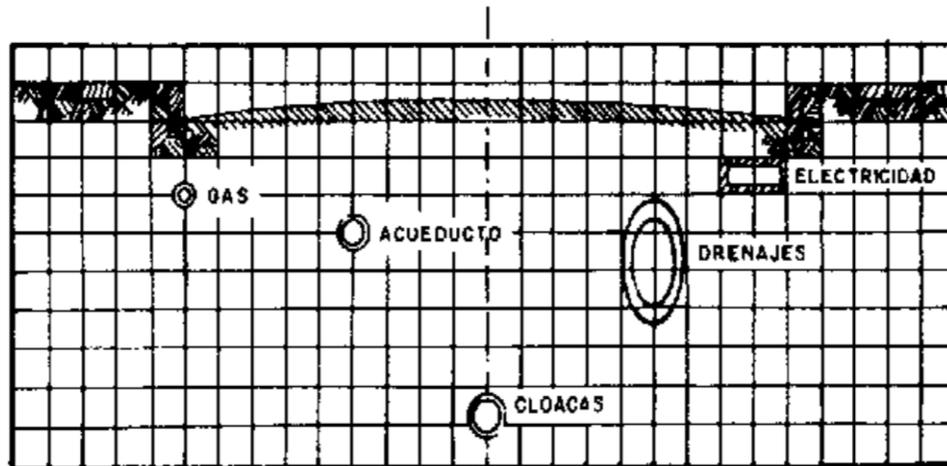


Figura 18. Ubicación relativa de los colectores de agua de lluvia.

Fuente: Cloacas y Drenaje de Arocha (1983).

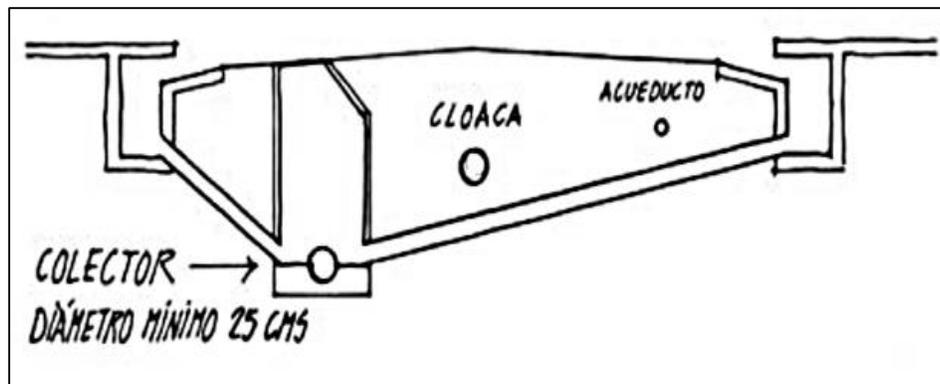


Figura 19. Ubicación relativa de los colectores de agua de lluvia.

Fuente: Cartilla de Urbanismo de López (1997).

López (1997), señala que el cálculo de la capacidad de conducción de un colector se hace mediante la ecuación de Manning:

$$C = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times I^{1/2} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Dónde:

C= Capacidad del colector a sección llena

n= coeficiente de rugosidad de Manning (en función del material del colector).

A= área de la sección Transversal del colector

R= radio hidráulico =  $A/P$

P= perímetro mojado (perímetro de la circunferencia)

I = pendiente del colector

El valor de "C" debe ser mayor que el caudal Q, para verificar que el diámetro de colector elegido es el adecuado y en caso distinto se deberá aumentar el diámetro y por tanto aumentaría la capacidad del colector.

Arocha (1983) indica que, "los valores del coeficiente de rugosidad "n" dependerán del material de conducto, de la sección, de las irregularidades del colector, y su cuantificación es difícil e imprecisa, habiendo sido determinado experimentalmente por diversos investigadores con resultados diferentes". (p. 68). Así, López (1997) ofrece los valores de la tabla 46, Chow (1959) los valores de la tabla 47, y Arocha explica que para tuberías de concreto de hasta 21" (53cm) se aplican valores de  $n = 0.015$ , para tuberías de concreto con diámetros mayores se aplica  $n = 0.013$ , para tuberías de arcilla vitrificada pueden estimarse valores de  $n = 0.010$  a  $0.011$  y tuberías de material plástico PVC y otro, valores de  $n$  menores ( $0.009$ ).

Tabla 15. Valores de "n" según Lopez.

<b>Material</b>	<b>Valores de "n"</b>
Concreto Liso	0.012
Concreto Rustico	0.017
Asfalto	0.014
Gaviones	0.033
Tierra sin vegetacion	0.022
Tierra con hierba	0.030
Tierra con poca maleza	0.027
Fondo Canto Rodado	0.040

Fuente: Cartilla de Urbanismo. López (1997).

Tabla 16. Valores de "n" según Chow.

<b>Material</b>	<b>Coefficiente de rugosidad de Manning típico</b>
Concreto	0.012
Fondo de grava con lados de:	
• Concreto	0.020
• Piedra	0.023
• Rirap	0.033
Canales Naturales:	
• Limpios y rectos	0.030
	0.040
• Limpios y curvos	0.050
• Curvos con hierbas y piscinas	0.100
• Con matorrales y arboles	
Planicies de Inundacion	
• Pastos	0.035
	0.040
• Cultivos	
• Hierbas y pequeños matorrales	0.050
	0.070
• Matorrales densos	
Arboles densos	0.100

Fuente: Chow. (1959).

### a) Cunetas

Según Pérez (2017), se conoce como cuneta a las zanjas que son trazadas en el plano longitudinal y se encuentran en ambos lados de la carretera. Tienen como objetivo la recolección y conducción de las aguas pluviales para evitar inundaciones sobre la calzada que utilizan los vehículos para circular, se pueden encontrar revestidas o sin revestir, abiertas en el

terreno. Es importante mencionar que la cuneta debe permanecer sin residuos de desechos para que pueda cumplir con dicha función.

Serán del tipo triangular, trapezoidal o rectangular, siendo las más usuales las de sección triangular (Véase figuras 20, 21, 22 y 23 extraídas del NORVIAL 1985). Para determinar la capacidad de conducción se utilizará el principio del flujo en canales abiertos usando la ecuación de Manning:

$$Q=A \times V= \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2} \text{ (Ec. 2.3)}$$

Dónde:

Q= Caudal

1/n= coeficiente de Strickler (K)

n= coeficiente de rugosidad de Manning (en función del material del canal).

A= área de la sección

R= radio hidráulico

P= perímetro mojado

S= pendiente del fondo (m/m)

## **b) Canales**

Cuando por razones de cota, no es posible colocar colectores para la descarga final, el drenaje puede ejecutarse mediante canales, estos pueden estar revestidos de concreto o sin revestir al igual que las cunetas. Las secciones pueden ser rectangulares y trapezoidales establecidas en el NORVIAL 1985. La capacidad de conducción se calculará mediante el método racional o al igual que los colectores y cunetas mediante la ecuación de Manning, con su determinada adaptación:

$$Q= \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad \text{(Ec. 2.11)}$$

Dónde:

$n$  = coeficiente de rugosidad de Manning (en función del material del canal).

$A$  = área de la sección mojada

$R$  = radio hidráulico

$P$  = perímetro mojado

$S$  = pendiente de la línea de energía igual a la pendiente longitudinal del terreno.

Según el MOP (1967), la frecuencia de estos proyectos será de cinco, diez o quince años y el diseño de estos canales consiste en determinar el diseño más adecuado con alineamientos verticales que no causen derrames y en especificar el tipo de recubrimiento necesario para proteger los canales de la erosión. La pendiente del canal usualmente es dada por la pendiente de la carretera y se recomiendan pendientes longitudinales mayores al 0.002 y velocidades mayores a 0,9 m/s para evitar la sedimentación, en cuanto a los alineamientos, estos deben ser tan suaves como lo permita la carretera.

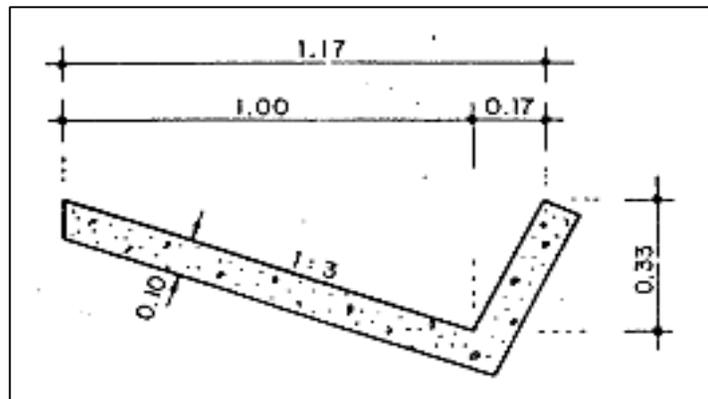


Figura 20. Cuneta tipo "A".

Fuente: MOP (1967)

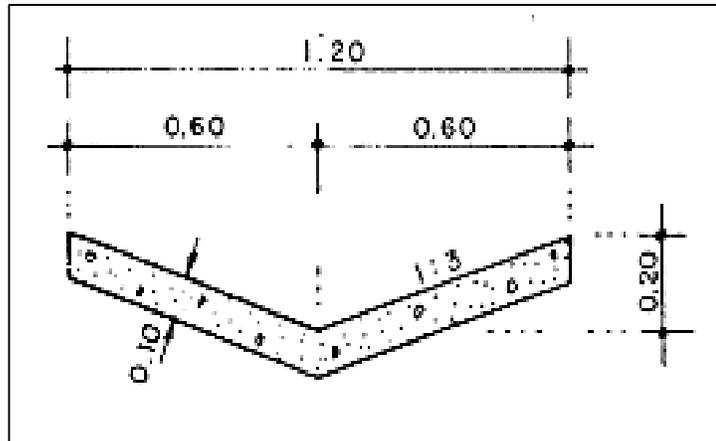


Figura 21. Cuneta tipo "B".

Fuente: MOP (1967)

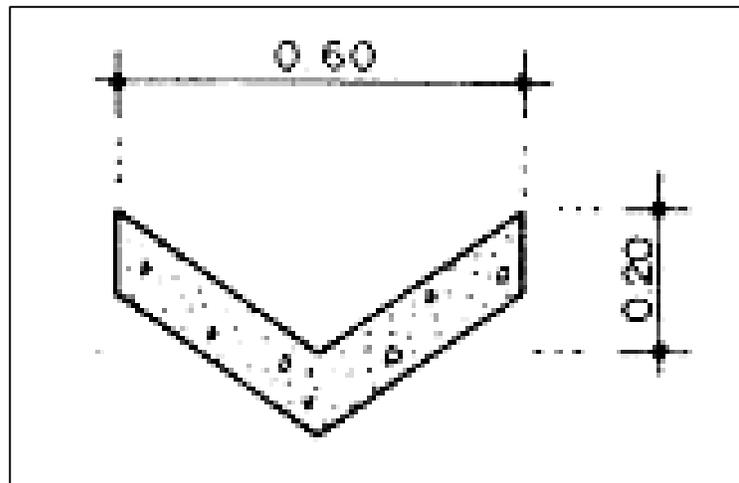


Figura 22. Cuneta tipo "D".

Fuente: MOP (1967)

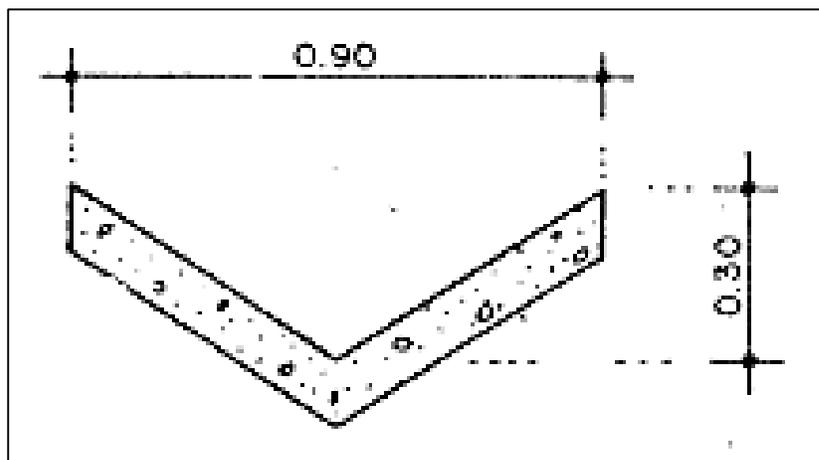


Figura 23. Cuneta tipo "C".

Fuente: MOP (1967)

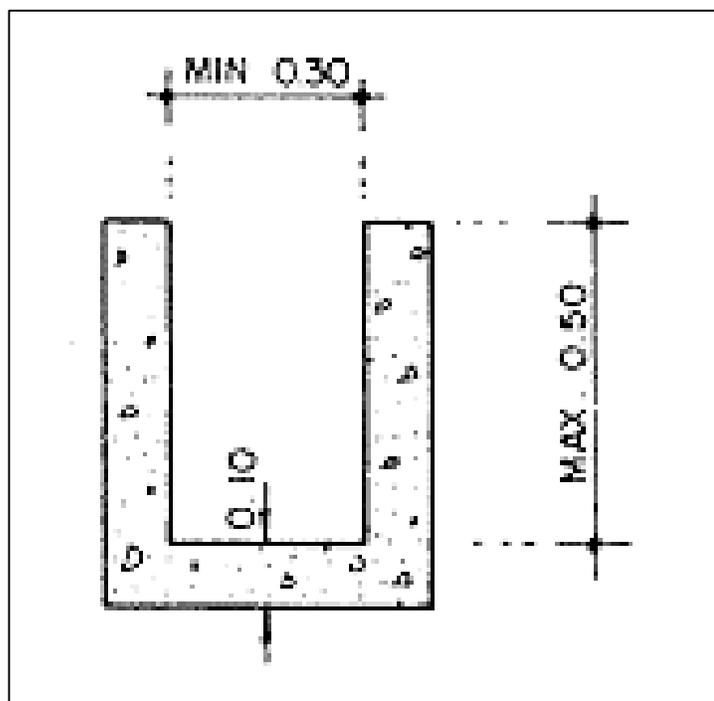


Figura 24. Canal rectangular.

Fuente: MOP (1967)

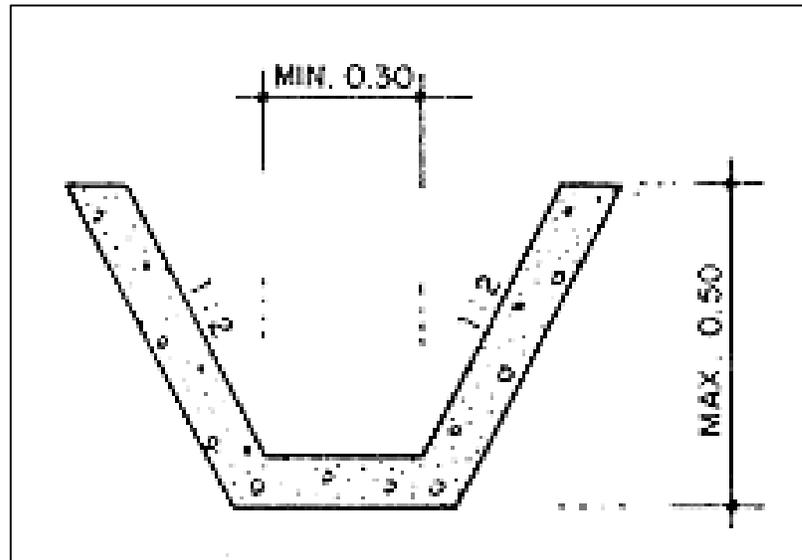


Figura 25. Canal trapezoidal.

Fuente: MOP (1967)

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La presente investigación se apoyó en la investigación de campo para responder satisfactoriamente al problema planteado, porque se realizaron estudios en la zona para conocer la extensión del terreno que influye en el cálculo hidráulico, en el tramo de vía en estudio, las condiciones de los elementos de canalización existentes de las aguas pluviales. Según Arias (2006), define la investigación de campo como:

“la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir; el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes” (pág. 31).

En este sentido, dicho trabajo encaja perfectamente en la investigación de campo, resaltando, que se indago sobre la situación existente del lugar donde ocurren los hechos, estableciendo su estructura y comportamiento, basado en la interpretación, observación, registro y definición de los datos recopilados; en donde se describió el procedimiento realizado para la elaboración de una propuesta de mejoras al sistema vial y de drenajes de aguas de lluvias entre la avenida Los Pilonos y calle Viento Fresco en la ciudad Anaco, estado Anzoátegui. Adicionalmente, el proyecto atendió a un tipo de investigación documental, ya que se recolecto y aplico información impartida en normas y teorías existentes necesarias en la evaluación de cada elemento.

### **3.2. Nivel de investigación**

Según el tema de investigación el nivel descriptivo, el cual compagina a la medida con lo realizado en el desarrollo de la investigación, de acuerdo con Arias (2006), indica: “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24).

Por lo anteriormente expuesto, el proyecto mantuvo el carácter descriptivo, no se buscó verificar una hipótesis, sino que a partir de modelos teóricos definidos se levantó la información de la situación actual del tramo en estudio y la descripción de la aplicación de los distintos métodos de diseño, partiendo de las consideraciones técnicas correspondientes, contempladas en las normas utilizadas en la investigación.

### **3.3. Técnicas de recolección de datos**

En el presente trabajo de grado, las técnicas de recolección de datos fueron las distintas formas o maneras que se obtuvo la información necesaria para el desarrollo del mismo, es decir, el procedimiento que permitió la elaboración de los datos para verificar las interrogantes formuladas con anterioridad, para el logro de los objetivos propuestos.

#### **3.3.1. Observación Directa**

Se llevó a cabo durante las visitas guiadas al sitio de estudio, donde se observó entre otros aspectos: la topografía modificada del terreno, los diferentes volúmenes de tránsito para el aforo vehicular, condiciones del sistema de drenaje existente y señalizaciones y funcionamiento del momento de la vialidad en estudio.

### **3.3.2. Revisión Documental**

Se revisó la documentación obtenida de los entes gubernamentales sobre la topografía de la vialidad, drenaje y áreas aledañas al sitio de estudio, así como también se consultó los diferentes manuales y normas como: NORVIAL, MOP (1967), AASHTO (1993) y MOP (1987), necesarios en la formulación de los diferentes criterios de diseño y evaluación en la investigación.

### **3.3.3. Entrevistas Personales**

Se realizaron entrevistas no estructuradas dirigidas a los usuarios de este tramo vehicular y al personal técnico que labora en la alcaldía del municipio Anaco, para así amplificar la gama de datos e información para el análisis y diseño de los sistemas antes mencionados.

### **3.4. Instrumentos**

*Memoria USB (Pendrive):* se utilizó para el resguardo de la información suministrada o encontrada durante la investigación, y así como la diferentes manuales y normas recopilada de las referencias bibliográficas relacionadas con la misma.

*Programas:* Permitió transcribir, guardar, corregir y presentar en digital toda la información recolectada (Microsoft EXCEL, Microsoft WORD), así como también, la utilización de programas SwerCad, Civil 3D y Maprex para el análisis de los datos, la elaboración de la ingeniería de detalle y presupuesto de la propuesta.

### **3.5. Análisis de datos**

Para efectos de este trabajo, una vez aplicada la observación directa, la entrevista no estructurada y la recolección de datos, se procederá al análisis de los datos bajo los criterios establecidos en las normas y manuales de

procedimientos en las áreas respectivas, tal como el NORVIAL, MOP, para luego reflejarlos con el uso de los programas comerciales SwerCad y Civil 3D; para la oferta económica se utilizara Maprex.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

#### 4.1 Levantamiento del sistema vial y de drenajes existente entre la avenida Los Pilonos y calle Viento Fresco en la ciudad Anaco

Lo primero que se determinó mediante visitas al sitio en estudio, fue el observar detalladamente las características del sitio para tener un concepto de su funcionalidad actual, fue lo siguiente:

##### 4.1.1. Entorno

El tramo del sistema vial avenida Los Pilonos y calle Viento Fresco en la ciudad Anaco le proporciona acceso a parte de un sector residencial de gran envergadura de la ciudad de Anaco, que es abarcado la mayor parte por viviendas unifamiliares y multifamiliares y algunos establecimientos comerciales de pequeña envergadura. (Ver figura anexa)

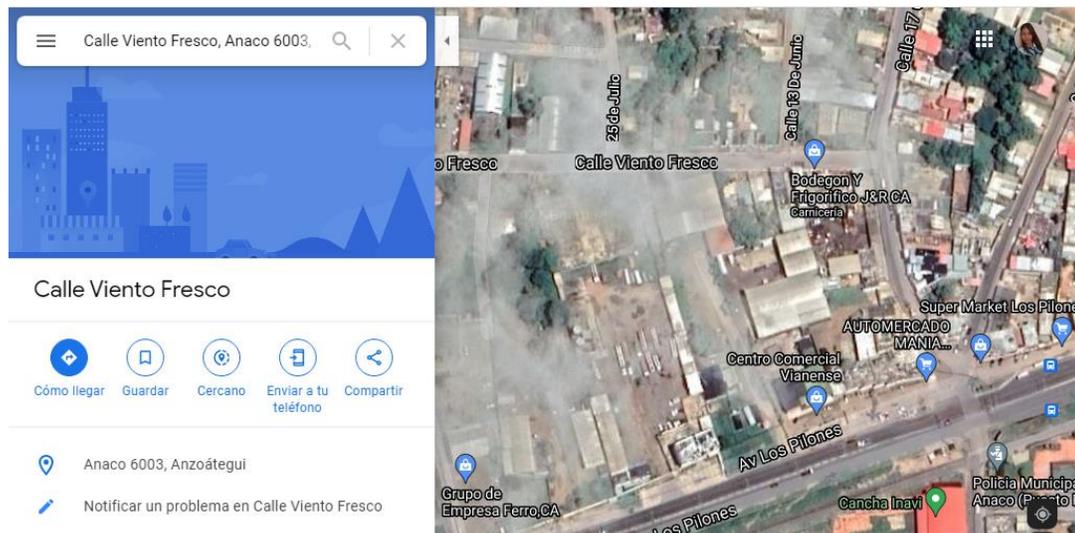


Figura 26. Vista satelital del segundo punto de medición.

Fuente: Autores (2021).

#### 4.1.2. Drenaje

Para este tramo en cuestión se hace evidente la deficiencia del sistema de drenaje, presentando acumulación de aguas pluviales en el sitio de captación, que según entrevistas no estructuradas a transeúntes y usuarios automovilísticos se debe al poco mantenimiento. Otro aspecto evidenciado durante las inspecciones visuales realizadas, se pudo constatar el mejoramiento de algunas calles con obras de asfaltado, construcción de cunetas y aceras nuevas, induciendo que el aporte pudo haberse incrementado.

#### 4.1.3. Topografía y características físicas

En la búsqueda de información con respecto a la topografía y las características físicas de la zona, se indagó en distintos organismos sobre la construcción y se realizó un inventario vial y levantamiento topográfico de la misma obteniendo lo siguiente:

Tabla 17. Información hallada de características físicas de la zona.

<b>(Anexo)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fuente</b>
Tabla 25	Levantamiento en sitio	Autores.
Figura 25	Imágenes Aéreas en Cuestión	Google Earth.

Fuente: Autores (2021).

El procedimiento para el levantamiento de puntos consistió en ubicar el GPS Topográfico en un punto determinado, luego nivelarla haciendo uso del nivel que esta trae integrado, determinar la ubicación del norte con la brújula, ubicar la antena en dirección norte y proceder a la toma de datos arrojados en cada punto anotándolos. Se establecieron 10 puntos geográficos que se explican a continuación y con la debida señalización.

Tabla 18. Resultados de Levantamiento de puntos con el GPS

Punto	Coordenadas		Cota	Ubicación relativa
	Norte	Este		
1	9.439.946	-64.440.483	261,394	Av. Los Pilonos Prog. 0+000
2	9.439.960	-64.440.485	260,277	Calle Viento fresco. 0+015
3	9.440.509	-64.440.770	260,571	calle Viento fresco prog 0+020
4	9.440.522	-64.440.772	260,925	calle Viento fresco prog 0+20
5	9.440.534	-64.440.775	261,545	calle Viento fresco prog 0+070
6	9.440.739	-64.440.829	262,08	calle Viento fresco prog 0+070
7	9.440.749	-64.440.835	262,944	calle Viento fresco prog 0+070
8	9.440.760	-64.440.841	263,077	calle Viento fresco prog 0+070
9	9.440.772	-64.440.853	263,244	Cruce calle Viento fresco con calle17 de diciembre prog 0+070
10	9.440.785	-64.440.878	264,825	Cruce calle Viento fresco con calle17 de diciembre prog 0+070

Fuente: Elaborado en base a los datos tomados en sitio. Autores (2021).

Con el programa AutoCAD, se procede al montaje de estos puntos con su respectiva información geográfica y con la herramienta Civil CAD de este programa, se generan las respectivas curvas de nivel para posteriormente ser comparadas con las características físicas presentes en cada documento mencionado en la tabla 18 y el resultado de esta comparación fue la

selección de las que más se adaptan a las condiciones actuales del tramo en estudio.

#### **4.1.4. Aforo vehicular para verificar diseño geométrico de la vía según NORVIAL 1985 y MTC 1997**

En la presente etapa del presente proyecto se determina las dimensiones y características del diseño geométrico, en este sentido, es necesario conocer el volumen de tránsito, la composición de ese tránsito, el peso y la composición de sus ejes.

Dicho esto, tomando en cuenta los volúmenes obtenidos de los aforos vehiculares (ver tablas #20 a la #23), debido a que no se cuenta con las herramientas para la realización de un pesaje del tránsito ya que el mismo conllevaría al uso de instrumentos mecanizados de alto costo, se tomó como punto de partida estas mismas magnitudes reglamentarias para la determinación de las cargas equivalentes, por lo que fue necesario analizar los ejes de cada vehículo por separado.

##### **4.1.4.1. Transito promedio diario (TPD)**

Según el NORVIAL (1985) y el MTC (1997), el volumen de tránsito que circula por una carretera resulta de dividir el número total de vehículos que pasan por ella en un año, por 365 días. Pero, debido a la carencia de instrumentos mecánicos y electrónicos específicos para contar estos vehículos durante un año, sumado a la falta de tiempo y los recursos económicos; se realizó un aforo vehicular mediante el establecimiento de puntos de medición, representados por las intersecciones con mayor afluencia vehicular, que consistió en contar manualmente haciendo uso del cuaderno de notas los vehículos que pasaban por estos puntos en las horas de mayor tránsito, mejor conocidas como horas "pico". A continuación se describe los puntos de medición:

### Primer punto de medición: avenida Los Pilonos

El primer punto de medición establecido fue en la avenida Los Pilonos frente a otro tramo a estudiar (acceso calle Viento Fresco), con el fin de determinar el número de vehículos que entran a dicho tramo. Los datos obtenidos del conteo de vehículos en las distintas horas en este punto de medición se muestran en la tabla 26, y el resultado vendrá dado por el promedio de vehículos/hora registrados en los distintos horarios de medición tal como se muestra en la figura #27.

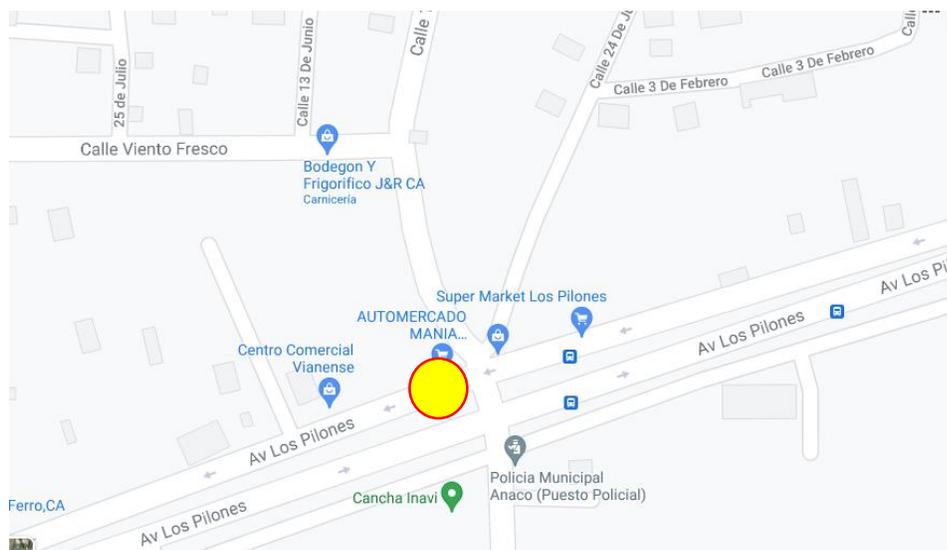


Figura 27. Vista satelital del primer punto de medición.

Fuente: Autores (2021).

### Segundo punto de medición: calle Viento Fresco

El segundo punto de medición, se encuentra al inicio del tramo de la calle Viento Fresco de la ciudad de Anaco como se puede observar. Los datos obtenidos en las horas pico de ese día, en este punto de medición se pueden observar en la figura 28 y el resultado también estará dado por el promedio de vehículos/hora registrados en ese día, en las distintas horas de medición, cuyos valores se pueden observar en la tabla 19.

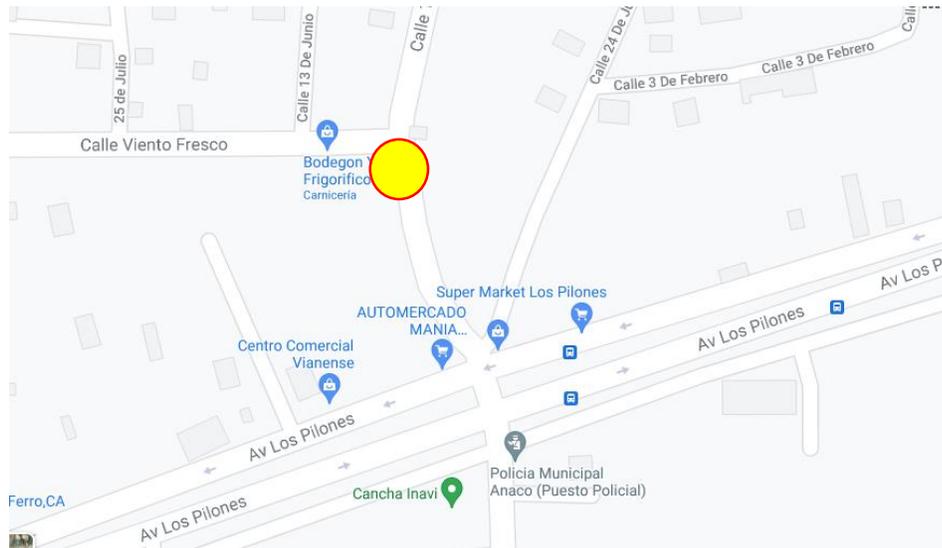


Figura 28. Vista satelital del segundo punto de medición.

Fuente: Autores (2021).

Tabla 19. Promedio general de Vehículos de paso

PROMEDIO GENERAL	Livianos		Pesados		Motos		Buses		Total (veh/h)
	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	
	Calle Viento Fresco	107,00	83,87	4,67	3,66	13,83	10,84	2,08	

Fuente: Autores (2021).

Finalmente, se selecciona la cantidad de vehículos que ingresan al tramo en la calle Viento Fresco, ya que representa el punto en estudio del trabajo de grado. En este punto se obtiene el valor promedio de los vehículos que hacen uso de este tramo en una hora. Se selecciona la cantidad más desfavorable de vehículos de paso es.

$$VPH = VPH_{PTO(1)} + VPH_{PTO(2)}$$

$$VPH = 153 \text{ veh/h} + 119 \text{ veh/h}$$

$$VPH = 272 \text{ veh/h}$$

Tabla 20. Aforo realizado en el primer punto de medición

Sentido	Livianos		Pesados		Motos		Buses		Total (veh/h)
	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	
Avenida - Calle V. F.	150	84,27	5	2,81	20	11,24	3	1,69	178
Calle V. F. - Avenida	140	83,33	6	3,57	18	10,71	4	2,38	168
Avenida - Calle V. F.	110	83,33	5	3,79	14	10,61	3	2,27	132
Calle V. F. - Avenida	90	80,36	8	7,14	12	10,71	2	1,79	112
Avenida - Calle V. F.	122	82,43	6	4,05	17	11,49	3	2,03	148
Calle V. F. - Avenida	102	80,31	7	5,51	15	11,81	3	2,36	127

Fuente: Autores (2021).

Tabla 21. Promedio de los vehículos/hora registrados en el primer punto de medición

Sentido	Livianos		Pesados		Motos		Buses		Total (veh/h)
	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	
Avenida - Calle V. F.	127,33	83,41	5,33	3,49	17,00	11,14	3,00	1,97	153
Calle V. F. - Avenida	110,67	81,57	7,00	5,16	15,00	11,06	3,00	2,21	136

Fuente: Autores (2021).

Tabla 22. Aforo realizado en el segundo punto de medición

Sentido	Livianos		Pesados		Motos		Buses		Total (veh/h)
	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	
Avenida - Calle V. F.	120	86,96	2	1,45	15	10,87	1	0,72	138
Calle V. F. - Avenida	110	85,94	3	2,34	13	10,16	2	1,56	128
Avenida - Calle V. F.	86	87,76	2	2,04	9	9,18	1	1,02	98
Calle V. F. - Avenida	70	84,34	5	6,02	7	8,43	1	1,20	83
Avenida - Calle V. F.	102	85,00	3	2,50	14	11,67	1	0,83	120
Calle V. F. - Avenida	82	82,83	4	4,04	12	12,12	1	1,01	99

Fuente: Autores (2021).

Tabla 23. Promedio de los vehículos/hora registrados en el segundo punto de medición

Sentido	Livianos		Pesados		Motos		Buses		Total (veh/h)
	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	Total (veh/h)	%	
Avenida - Calle V. F.	103	86,52	2	1,97	13	10,67	1	0,84	119
Calle V. F. - Avenida	87	84,52	4	3,87	11	10,32	1	1,29	103

Fuente: Autores (2021).

#### 4.1.4.2. Velocidad de operación

De igual forma también se realizó la medición de las velocidades que se manejan en la vía, el procedimiento empleado consistió en marcar un punto inicial y un punto final a 50 metros. Por ser una intersección se tomaron vehículos que recorren esta distancia, ya sea que estén en movimiento o que inicien su movimiento. Así, se midieron las velocidades de 80 vehículos, con la siguiente distribución: 20 en cada sentido Oeste-Sur, 20 Este-Sur y viceversa (el Sur es la calle Viento Fresco) y posteriormente fueron promediadas entre sí, dando como resultado los datos mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 24. Velocidades promedio en ambos sentidos

SENTIDO	Velocidad promedio	
	m/s	km/h
<b>Avenida (O;E) - Calle V. F.</b>	4,17	15
<b>Calle V. F. - Avenida (O;E)</b>	3,89	14

Fuente: Autores (2021).

#### 4.1.4.3. Velocidad de proyecto

De acuerdo la NORVIAL (1985), en un proyecto de cierta longitud, la velocidad puede cambiar, tomando en consideración que no debe variar en tramos menores a 5 km, los cambios de velocidad no debe exceder de 20 km/hora y debe haber señalizaciones visibles de la transición de velocidad. Partiendo de este principio se selecciona una velocidad de Proyecto de 20 km/hora. Cumpliendo a su vez con su clasificación como vía local que establece velocidad de operación entre 15 y 35 km/h y tipo de vía de servicio.

#### 4.1.4.4. Volumen de servicio

Para evaluar la operación de una vía, La expresión general desarrollada para analizar la operación de una carretera, es la siguiente:

$$VSi = 3800 * \left(\frac{V}{C}\right) iX * fdX * fwX * fvp$$

Así, se procedió a la búsqueda de cada uno de los datos necesarios para la aplicación de esta fórmula tal como se indica a continuación:

#### 4.1.4.5. Relación volumen de servicio – capacidad

Teniendo en cuenta el tipo de carretera, el nivel de servicio y la velocidad de proyecto ponderada, según la tabla Anexo A, el valor asignado a la relación de volumen – capacidad (v/c). De tal forma, ya que esta es una carretera de canales múltiples, con un nivel de servicio A y un valor límite de velocidad de proyecto ponderado de 20 km/h, se tiene que la relación de volumen capacidad (v/c).

$$\frac{V}{C} \leq 0,95$$

#### 4.1.4.6. Factor de ajuste por efecto de la distribución direccional del tránsito (fd)

De la tabla 8.3 del MTC (1997) (figura #29), se tiene  $fd=1$ :

**Tabla 8.3**

Distribución Direccional	Factor de Ajuste $f_d$
80/20	0,83
70/30	0,89
60/40	0,94
50/50	1,00

Figura 29. Tabla de factor de ajustes.

Fuente: MTC (1997).

#### 4.1.4.7. Factor de ajuste por ancho de la calzada y distancia de obstáculos laterales ( $f_w$ )

Debido a que el ancho del canal y la distancia a obstáculos laterales es directamente proporcional a la capacidad, se hace necesario la utilización de un factor de ajuste que, se obtiene del ancho de canal, en el aforo vehicular realizado por los autores; y la distancia a obstáculos laterales que también será el resultado del promedio entre las diferentes distancias registradas. Así mismo, se tiene una distancia a obstáculos laterales de 3,50 metros y un ancho de canal de 3,60 metros.

Se puede observar que en la tabla se indican valores para un ancho de canal hasta 3,60 m ya que según señala el MTC (1997), un ancho mayor a 3,60 metros, no aumenta la capacidad del canal por lo que se selecciona el máximo valor de 1.

$$f_w=1$$

Tabla 25. Selección del factor de ajuste por efecto de ancho de canal y distancia a obstáculos laterales.

Distancia del borde externo de la calzada al obstáculo	Obstáculos de un solo lado de un sentido de circulación				Obstáculos de ambos lados de un sentido de circulación			
	Ancho de los canales				Ancho de los canales			
Metros	3,60	3,30	3,00	2,70	3,60	3,30	3,00	2,70
1,80	1,00	0,97	0,90	0,80	1,00	0,97	0,90	0,80
1,50	0,99	0,96	0,89	0,79	0,99	0,96	0,89	0,79
1,00	0,98	0,95	0,88	0,78	0,97	0,94	0,87	0,77
0,50	0,96	0,92	0,87	0,77	0,94	0,90	0,84	0,75
0,00	0,92	0,89	0,84	0,74	0,86	0,83	0,78	0,68

Fuente: Editada por los autores (2021).

#### 4.1.4.8. Factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados ( $f_{vp}$ )

Para conocer el valor del factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados, es calculado según la expresión siguiente:

$$f_{VP} = 1/[1 + PT (ET - 1) + PB(EB - 1)]$$

PT= Es el porcentaje de camiones, expresado en fracción. (4% =0,96)

ET= Es la cantidad de vehículos livianos equivalentes a un camión.

PB= Es el porcentaje de autobuses, expresado en fracción.(2%=0,98)

EB = Es la cantidad de vehículos livianos equivalentes a un bus

Factor de ajuste para autobuses en pendiente ( $B_i$ )

Tipo de terreno	Equivalente $E_T$ para camiones			Equivalente $E_B$ para Buses		
	Nivel de Servicio A	Nivel de Servicio B y C	Nivel de Servicio D y E	Nivel de Servicio A	Nivel de Servicio B y C	Nivel de Servicio D y E
Llano	2,0	2,2	2,0	1,6	2,0	1,6
Ondulado	4,0	5,0	5,0	3,0	3,4	2,9
Montañoso	7,0	10,0	12,0	5,7	6,0	6,0

Figura 30. Tabla de equivalencia de camiones y autobuses.

Fuente: Autores (2021).

Según la figura #30 se tiene in terreno llano y un nivel de servicio A, se obtienen:

$$E_T = 2,0 \quad E_B = 1,6$$

Por otro lado, el valor de  $B_i$ , no se puede ubicar en la tabla 18, ya que para un  $E_B = 1,6$  no existen valores de  $B_i$  en la tabla. Por lo tanto, es necesario aplicar la ecuación 4.4 para el cálculo de este factor.

$$fVP = 1/[1 + PT (ET - 1) + PB(EB - 1)]$$

$$\text{Así:} \quad fVP = \frac{1}{[1 + 0,96 (2 - 1) + 0,98(1,6 - 1)]} = 0,39$$

Ya que se conocen cada uno de los datos para determinar el volumen de la calle para un nivel de servicio A, se procedió a sustituir cada uno de los valores en la ecuación 2.23 tal como se indica a continuación:

$$VSi = 3800 * \left(\frac{V}{C}\right) iX * fdX * fwX * fvp$$

$$VSi = 3800 * (0,95) 1 * 1 * 1$$

$$VS_C = 1407,90 \text{ VPH}$$

Este volumen, representa la cantidad de vehículos que puede hacer uso de la carretera en una hora, hasta empezar a perder el flujo libre en la misma, es decir, que al exceder este volumen se empezarían a registrar congestionamientos y hasta paralización parcial del flujo vehicular.

Dicho esto, al comparar la capacidad de 1407,90 veh/h de la vía, con el volumen actual observado por medio de los aforos de alrededor de 272veh/h, se pudo comprobar que el tramo en estudio de la calle Viento Fresco, actualmente los volúmenes manejados están muy lejos de llegar a perder su flujo libre y presentar congestionamiento.

#### **4.2. Diseño geométrico**

Como ya se expuso, la metodología empleada para evaluar la geometría consistió en realizar una evaluación de las características y posteriormente proponer mejoras, en este caso está cumpliendo a cabalidad con la demanda actual, solo ameritando algunos retoques puntuales en su estética.

##### **4.1.2.1 Inventario Vial**

Se realizó un inventario vial en el sitio para constatar inspeccionado, lo que consistió en determinar las características físicas del sitio, haciendo uso de distintas herramientas de medición como el GPS topográfico con antena externa, la aplicación de navegación GPS de la empresa Google Inc. para dispositivos *android* "Google Maps" y cinta métrica.

Tabla 26. Resultados de Inventario Vial

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medidas (m)</b>
Postes	4 postes	30 de distancia entre ellos
Calzada	1 Dividida en ambos sentidos	17, 6
Canal	2 (1 por sentido)	3,6
Hombrillo interno	1	0.20 de ancho
Hombrillo lateral	2 (1 por sentido)	0.80

Fuente: elaborado por los autores en base a datos tomados en sitio (2021).

### **4.3. Diseño hidráulico**

Al igual que la evaluación geométrica, el peritaje en el área hidráulica consistió en visitas de campo para verificar las condiciones actuales y verificar a través de cálculos si el sistema hidráulico existente está acorde con la demanda actual. Los criterios y lineamientos seguidos para llevar a cabo este diseño, son los descritos a continuación.

#### **4.3.1. Estructuras de captación**

Las estructuras de captación encontrados, son sumideros de rejas, tal como se muestra en la figura #31 se puede observar que las pendientes son constantes y son inferiores al 4%.

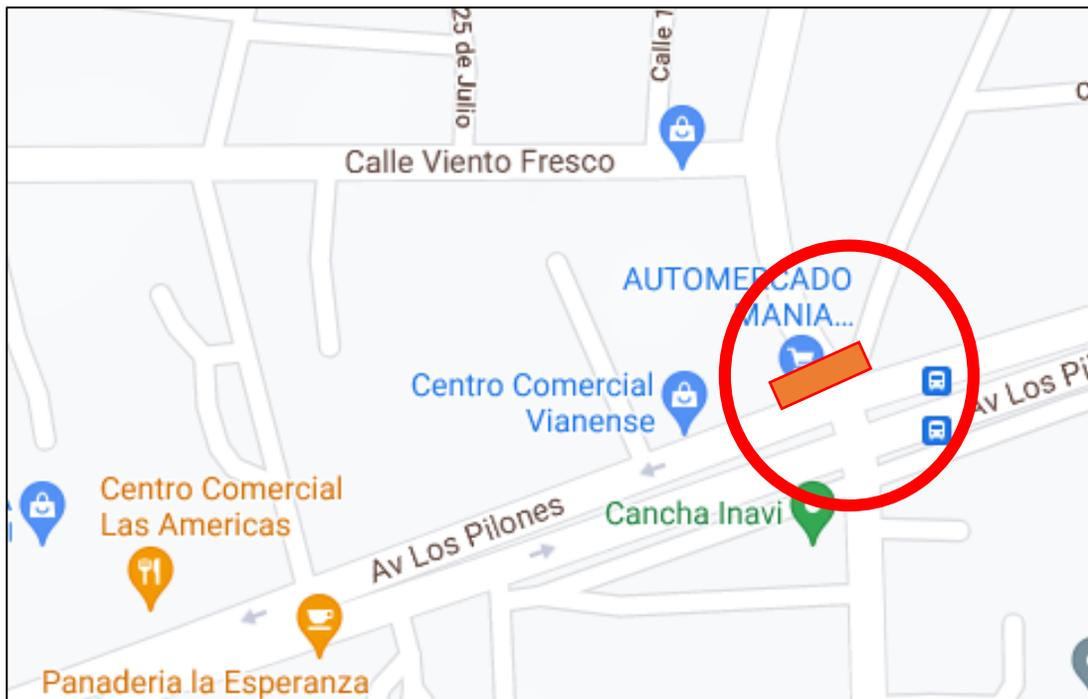


Figura 31. Brocal Cuneta a utilizar.

Fuente: Autores (2021).

De esta manera, para conducir el agua hacia los sumideros o estructuras de captación, visualizan brocal-cuneta del tipo A-3 descrito en la figura 32 con una pendiente en la cuneta de 4%, el cual recibirá el aporte de agua de las zonas adyacentes a la vía, que debido a sus pendientes escurran en el mismo; y de la carretera como tal, cuya pendiente transversal o bombeo igualmente escurre hacia el brocal cuneta.

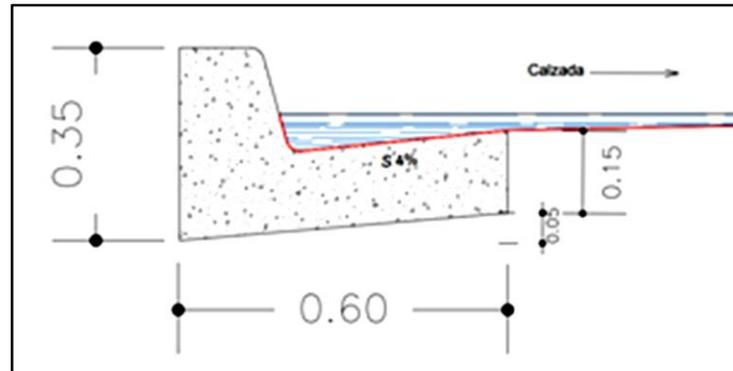


Figura 32. Brocal Cuneta a utilizar.

Fuente: los autores (2021).

Cabe destacar, que para saber las características que debe tener cada sumidero es necesario conocer la cantidad de agua que recibe por medio del brocal cuneta, la cual fue determinada mediante la aplicación del método racional como se explica a continuación.

#### 4.3.1.1. División de la zona

Tomando en cuenta lo ya expresado con respecto a la pendiente longitudinal de la carretera, el primer paso llevado a cabo, fue la división de la zona en hoyas de acuerdo dichas pendientes. La zona fue dividida en una área tributaria norte y otra Sur, y con base en el tipo de área a drenar, como se observa en la figura #33.

Una vez delimitadas la áreas distribuidas, mediante la utilización de la herramienta de medición de áreas del programa Civil 3D, se determinaron cada una de las áreas que componen los aportes de acuerdo al tipo de superficie, con la finalidad de determinar un coeficiente medio de escorrentía en vista de que existen distintos tipos de superficie dentro de las cuencas y por ende distintos coeficientes:



Figura 33. Área distributiva Norte.

Fuente: autores (2021)

Tabla 27. Coeficiente de escorrentía y área de cada subcuenca (norte)

Cuenca	Uso	Extensión		Coeficiente de escorrentía	
		Área (ha)	%	Parcial	Total
1	Multifamiliar Separada	3,3	0,78	0,5	1,65
	Calle	1,2	0,22	0,8	0,96
	Multifamiliar Separada	1,95	0,59	0,5	0,975
	Calle	1,2	0,41	0,8	0,96
	Zonas verdes	1,5	0,93	0,3	0,45
2	Calle	1	0,07	0,8	0,8
	Zonas verdes	2,9	0,95	0,3	0,87
3	Calle	1,21	0,05	0,8	0,968
	Zonas verdes	1,37	0,9	0,3	0,411
	Calle	1,33	0,1	0,8	1,064
	Calle	0,9	1	0,8	0,72
		17,86			9,828

Fuente: Autores (2021).



Figura 34. Área distributiva Sur

Fuente: los autores (2021)

Tabla 28. Coeficiente de escorrentía y área de cada sub-cuenca (sur)

Cuenca	Tipo	Extensión		Coeficiente de escorrentía	
		Área (ha)	%	Parcial	Total
1	Multifamiliar Separada	1,4	0,94	0,5	0,7
	Calle	1	0,06	0,8	0,8
2	Calle	1,3	1	0,8	1,04
	Multifamiliar Separada	1,5	0,65	0,5	0,75
3	Calle	1	0,35	0,8	0,8
	Multifamiliar Separada	2	0,63	0,5	1
4	Calle	1	0,37	0,8	0,8
	Multifamiliar Separada	3	0,77	0,5	1,5
5	Calle	0,89	0,23	0,8	0,712
	Multifamiliar Separada	2,5	0,26	0,5	1,25
	Comercial	1	0,16	0,8	0,8
	Calle	0,5	0,11	0,8	0,4
		17,09			10,552

Fuente: Autores (2021).

#### 4.3.1.2. Tiempos de concentración

El segundo paso llevado a cabo, fue la determinación de la intensidad de lluvia en base a la cual se hará el diseño del sistema de drenaje, para lo que fue necesaria la determinación de los tiempos de concentración partiendo de las pendientes longitudinales de la vía para cada cuenca.

Tabla 29. Tiempos de concentración de cada cuenca (norte).

Cuenca	L	H1	H2	Tc
1	180	271,55	269	6,33
	220	269	267,67	7,4
	25	267,67	267,48	1,39
2	191,8	268,02	267,43	10,34
3	213,2	268,02	267,1	9,85
	75,95	267,1	266,77	4,45

Fuente: Autores (2021).

Tabla 30. Tiempos de concentración de cada cuenca (sur).

Cuenca	L	H1	H2	Tc
1	80	271,55	270,5	3,02
	345	270,5	267,43	10,81
2	95	267,72	267,43	6,043
	96,8	268,02	267,43	4,695
3	289,15	268,02	266,77	12,45
4	107,01	267,17	266,77	6,14
5	371,35	267,17	264,2	11,92

Fuente: Autores (2021).

La intensidad de la lluvia se determinó mediante la selección de una de las 18 zonas en las que se encuentra dividida Venezuela, específicamente en la que se encuentra ubicada la ciudad de Anaco, estado Anzoátegui. Es así como se seleccionó la Zona XIII, y a su vez la curva de intensidad – duración - frecuencia (IDF) correspondiente a la misma. (Ver Anexo).

La frecuencia con que ha ocurrido la lluvia de determinada intensidad se estableció de 2 años de acuerdo a lo señalado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP, 1967) para zonas residenciales, Utilizando la curva IDF, mediante el uso de la técnica de interpolación, se entra con el tiempo de concentración más desfavorable de 7 min lado Norte a la calle en cuestión y 12,5 min para lado Sur, se sube verticalmente hasta interceptar la curva de frecuencia de 2 años y se proyecta horizontalmente hasta hallar el valor de la intensidad de la lluvia en 280 lts/seg/ha y 220lts/seg/ha respectivamente.

#### 4.3.1.3. Caudal total de las cuencas en estudio

En este sentido se tomaron los valores totales, tanto del lado norte como sur las áreas, sus intensidades y su respectivo coeficiente de escorrentía C para sustituirlo en la ecuación de gasto de diseño.

$$CpN = \frac{Ai * Ci}{AT} \quad CpN = 0,55 \quad CpS = 0,617$$

$$Q = C * I * A$$

$$QN = 0,55 * 280 * 17,86 = 2751,84 \text{ l/s}$$

$$QS = 0,62 * 220 * 17,09 = 2321,44 \text{ l/s}$$

$$Q \text{ diseño} = QN + QS = 751,84 \frac{l}{s} + 2321,44 \frac{l}{s} = 5073,28 \frac{l}{s}$$

En esta parte del estudio, se obtuvo la cantidad de caudal que se genera según las áreas distributivas trazadas en la zona de estudio, más los aportes de las calles y diversas áreas según su uso, corresponde verificar si el sistema existente está en capacidad de responder al caudal determinado. En éste sentido se procede a calcular rejillas donde son dos existentes de 2,00m \* 0,50m, ubicados en cada canal de circulación según la figura #30 se tiene Ya=0,15m; B=2,00m

$$Yp = Ya - Sx * \frac{B}{2} \quad Yp = 15 - 0,02 * \frac{200}{2} = 13cm$$

Para el cálculo del caudal de captación del sistema existente de rejillas, se tiene la ecuación:

$$Q = 400 - B * \frac{\sqrt{S_0}}{n} * Yp \quad Q = 400 - 2 * \frac{\sqrt{0,04}}{0,016} * 0,13 = 1300 \frac{l}{s}$$

En este caso se tiene par de sumideros de rejillas de misma dimensiones, se tiene entonces:

$$Q_{rejillas} = 2 * 1300 \frac{l}{s} = 2600 \frac{l}{s} < 5073,28 \frac{l}{s} \text{ (caudal requerido)}$$

Es decir, el sistema de drenaje existente no satisface la demanda real por los aportes de aguas pluviales que se recolectan en la calle Viento Fresco con la avenida Los Pilonos.

#### **4.4 Preparación de propuesta para el sistema de drenajes de aguas de lluvias.**

##### **4.4.1. Ubicación de los sumideros y caudal**

El siguiente paso a seguir fue la ubicación tentativa de sumideros, por lo que se decidió proponer por cada canal de la vía un sumidero rejilla con dimensiones de 3 metros \* 0,50 metros que se conectaran con los existentes a través de un colector de 24" con  $n = 0,013$ , según Ghanem (2003), la tabla A.8 que establece  $S\%_0 = 114$ ;  $Q_c = 2166,57 l/s$ ;  $V_c = 7,41 m/s$ .

$$Q = 400 - B * \frac{\sqrt{S_0}}{n} * Yp \quad Q = 400 - 3 * \frac{\sqrt{0,04}}{0,016} * 0,13 = 2100 \frac{l}{s}$$

En este caso se tiene par de sumideros de rejillas de misma dimensiones 3 metros \* 0,50 metros, generando un incremento del caudal de captación  $Q = 2100 l/s$  por cada sumidero, para un total de 4200 l/s, es decir:

$$QT = 2600 \frac{l}{s} + 4200 \frac{l}{s} = 6800 \frac{l}{s} > 505073,28 \frac{l}{s} (\text{caudal requerido})$$

Quedando sustentado que la incorporación de dos nuevos sumideros de rejilla de 3 metros\*0,50 metros (Ver anexo C), es una propuesta factible a los constantes desbordamientos que se presentan en el tramo en cuestión.

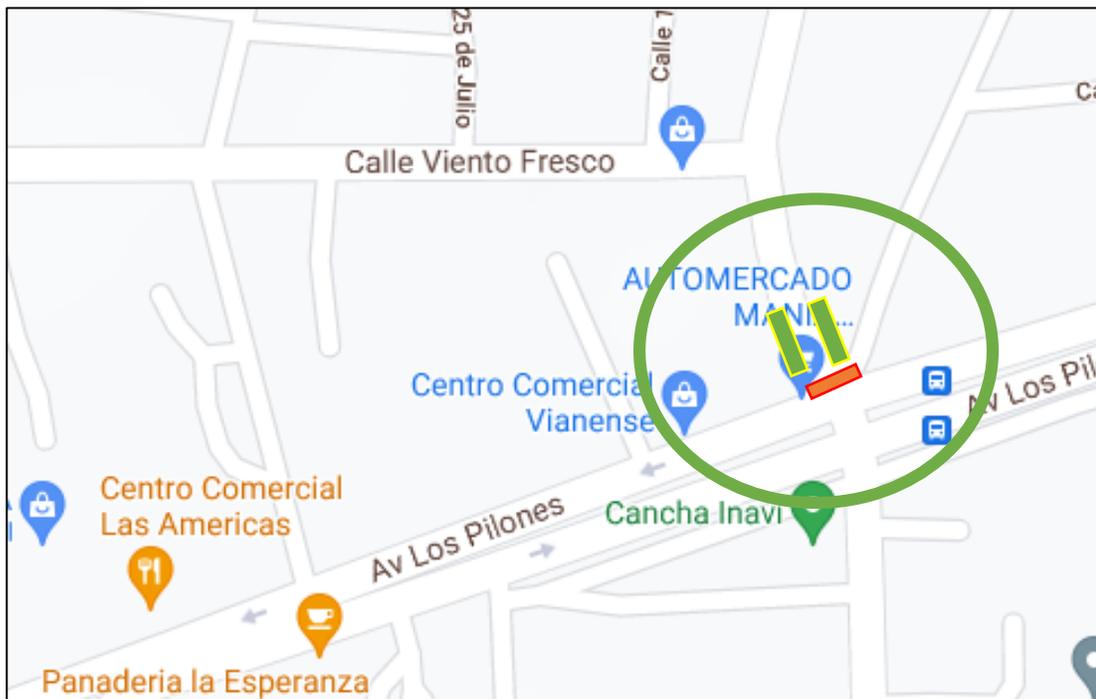


Figura 35. Ubicación de nuevos sumideros.

Fuente: Autores (2021).

#### 4.4 Ejecución de las propuestas

Para la implantación de las propuestas geométricas e hidráulicas planteadas, se seleccionó el material indicado y se determinaron las

cantidades de cada material, al mismo tiempo de que se realizó la estimación del costo de la obra.

#### **4.4.2 Cómputos métricos**

Al hablar de cómputos métricos se hace referencia al cálculo detallado de las cantidades de obras llevadas a cabo para la realización de la obra, por lo que es indispensable su determinación para la correcta ejecución y planificación económica de la misma.

Estas obras generan a su vez partidas que son la base para elaborar el presupuesto del proyecto y corresponden a las siguientes actividades:

- Obras preliminares
- Preparación de sitio
- Movimiento de tierra
- Obras hidráulicas y drenaje
- Obras de concreto
- Vialidad
- Obras complementarias

Las cantidades de las diferentes partidas a ejecutar en cada actividad fueron determinadas tomando en cuenta una serie de criterios de medición y desarrollando los cálculos respectivos en base a los planos del proyecto y detalles de las propuestas ya mencionadas.

Los criterios utilizados para la estimación de las cantidades de obra a ejecutar para cada actividad fueron los siguientes:

- Metro lineal (m): la cantidad correspondiente se obtuvo de la medición en planos mediante la herramienta line, poliline, dist, dimension y length en metros y fracción centesimal.

- Metro Cuadrado (m<sup>2</sup>), Hectárea (ha): la cantidad correspondiente se obtuvo multiplicando el largo y ancho de la obra ejecutada, en metro y mediante la creación de líneas, figuras geométricas, polígonos y herramientas de medición de áreas del programa Civil3D.

- Metro Cúbico (m<sup>3</sup>): la cantidad correspondiente de material se obtuvo multiplicando el largo por el ancho y por el espesor de la obra ejecutada, cuando el espesor sea uniforme; cuando el espesor es irregular o existen áreas de corte y relleno, se contaron con las distintas secciones transversales y los volúmenes.

- Pieza (pza), Unidad (und): la cantidad correspondiente a la ejecución total de un elemento de obra, compuesta o no por elementos diferentes.

#### **4.5. Inversión total del proyecto**

La inversión total estimada para la planificación, y construcción del proyecto, alcanza los 140.047,50 \$ el Presupuesto general de las obras a ejecutar es mostrado en el anexo B. Los cálculos de los antes mencionados análisis de precios unitarios que soportan el estimado de costos fueron realizados con el programa comercial 'Maprex'.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **2.1. Conclusiones**

En el proceso del levantamiento topográfico se establecieron 10 puntos geográficos con la debida ubicación determinando así las pendientes y caídas de aguas, importantes para la evaluación del recorrido de las aguas pluviales en el punto de recolección. Evidenciándose las diversas áreas de aportes y obtener el caudal real para el diseño.

De acuerdo con algunas entrevistas no estructuradas se logró constatar que otros de los principales factores que afectan de manera directa el correcto funcionamiento del sistema de drenajes en el tramo vial sometido a estudio es que la línea de tubería que lleva el agua a su disposición final no cuenta con el diámetro apropiado para su correcto desempeño. Se dice que actualmente se tiene una tubería con diámetro igual a 36" que quizás para su momento de instalación era el adecuado, pero ha sido evidente que con el paso del tiempo la población residenciada en zonas aledañas a la avenida Los Pilonos a crecido exponencialmente.

En visitas al sitio en estudio se verifico de manera visual la deficiencia del sistema de drenaje, presentando acumulación de aguas pluviales en el sitio de captación existente en la progresiva 0+000 en la llegada de la calle Viento Fresco a la avenida Los Pilonos, como también el funcionamiento de las pendientes longitudinal con transversales (incluyendo el peralte). Se tomó un tiempo promedio de 12 minutos para terminar de drenar el agua recibida.

Según los volúmenes obtenidos en los aforos vehiculares (ver tablas #26 a la #29),se pudo verificar el buen desempeño del sistema geométrico

de la calle Viento Fresco, en la ciudad de Anaco, donde fue necesario analizar los tipos de cada vehículo por separado. En mismo sentido, se visualizó el cumplimiento de los parámetros de velocidad, relación uso-volumen de uso y nivel de servicio.

En el caso de la revisión del diseño hidráulico se determinó que los sumideros existentes no cumplían con la nueva demanda actual, según los valores obtenidos ( $Q_{rejillas} = 2600 \text{ l/s} < 5073,28 \text{ l/s}$ , caudal requerido), por lo que la propuesta adaptada al espacio físico es incorporar dos sumideros tipo rejilla, para mantener la armonía del sistema de alcantarillado de 3 metros\*0.50 metros paralelos al eje longitudinal, como se muestra en la figura #34, del capítulo 4 del presente trabajo de grado.

En términos económicos, se tiene un monto de 140.047,50 \$, resultando un presupuesto económico a diferencia de otras obras o rehabilitaciones en esta área. Una mejora, que incrementara noblemente el buen funcionamiento de este tramo vial.

## **2.2. Recomendaciones**

En primer lugar, se recomienda la implementación de todas las obras complementarias necesarias para el buen funcionamiento de las soluciones aquí propuestas. Dichas obras ya indicadas en la propuesta económica, como señales de tránsito, rayado en el pavimento, iluminación, entre otras.

Se sugiere la investigación sobre la línea de conducción hasta la disposición final, debido a la incorporación de este nuevo caudal de las aguas recolectadas, incluso el de otras a lo largo de la red de drenaje de la avenida Los Pilonos.

En tercer lugar, se recomienda la aplicación de las propuestas de diseño aquí descritas ya que con su realización se reestablecería el funcionamiento de drenajes y se solventarían los problemas hidráulicos que presenta el tramo en estudio, lo que se traduciría en mejor desplazamiento de los usuarios y mejor nivel de servicio de la vía en general.

Del mismo modo, se debe ejecutar un plan de mantenimiento preventivo en la red de drenaje con el objetivo de minimizar inundaciones en el área por obstrucciones en las rejillas de los sumideros o acumulación de sedimentos en los colectores.

Al momento de la ejecución de esta propuesta se deberá actualizar los precios, debido a la variación de los costos en los materiales y mano de obra del personal obrero o calificado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2006). ***El Proyecto de la Investigación. (5<sup>ta</sup> ed.)***. Caracas: EPÍSTEME.
- Camposano, J. y Garcia, K. (2012). ***Diagnóstico del estado situacional de la vía: Av. Argentina- Av. 24 de junio por el método: índice de condición de pavimento***. Universidad Peruana: Los Andes.
- Cárdenas, R. (2010). ***Manual de drenaje vial urbano***. Maracaibo, Venezuela.
- Crespo, C. (2007). ***Vías de Comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos, 4<sup>ta</sup> Edición***. México: Limusa.
- Fung y Zaccaria. (2011). ***Propuesta del sistema de drenaje vial para la población de Monte Bello del estado Zulia***. Trabajo especial de grado, facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta, Zulia.
- Garcia, J. (2015). ***Diseño geométrico de la calle 88 Falcón del municipio Maracaibo***. Trabajo especial de grado, facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta, Zulia.
- Harumi, K. (2014). ***Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana norte en el tramo de huacho a Pativilca (km 188 a 189)***. Tesis, Facultad de ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima - Perú.
- Linsley, R. (1997). ***Hidrología para ingenieros***. Estados Unidos: McGRAW HILL.
- Ministerio de Obras Públicas, ***Manual De Drenajes*** (1987).
- Morales, H. (2006). ***Ingeniería vial I para estudiantes de grado de ingeniería civil***. Santo Domingo, República Dominicana: INTEC.
- NORVIAL (1985). Caracas, Venezuela.
- Normas de Proyectos de Carreteras. MTC 1982 y NORVIAL 1985.

Norma AASHTO. ***A Policy on Geometric Design of Highways and Streets***, (2001). Fourth edition. USA.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2011). ***Conceptos de obra: drenaje y subdrenaje***. México.

## HOJAS DE METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	“Propuesta De Mejoras En El Sistema Vial Y De Drenajes De Aguas De Lluvias Entre La Avenida Los Pilonos Y Calle Viento Fresco En La Ciudad Anaco, Estado Anzoátegui”
<b>Subtítulo</b>	

Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
Martínez T., Esther M.	<b>CVLAC</b>	24.620.628
	<b>e-mail</b>	esthermartinez@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
Rodríguez R., Sergio J.	<b>CVLAC</b>	22.852.344
	<b>e-mail</b>	Sergio94rr@gmail.com
	<b>e-mail</b>	Sergio94r@hotmail.com

Palabras o frases claves:

sanitaria
tratamiento
servidas
optimización
propuesta
ventajas
reutilización

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Escuela de ingeniería y ciencias aplicadas	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

### Resumen

En el presente ejemplar, se detalla las formas y maneras de llevar a adelante la evaluación de un tramo o área de estudio, que implique el sistema vial y de drenaje dentro de una población, en esta oportunidad se genera una propuesta para la vialidad y su drenaje pluvial ubicado entre la avenida Los Pilones y calle Viento Fresco de la ciudad Anaco, estado Anzoátegui, que a través de la investigación de campo se realizaron estudios en la zona para conocer la extensión del terreno que influye en el cálculo hidráulico que incluyó el análisis de sus cuencas, las nuevas áreas de afluentes y sus tiempos de recorrido en los tramos de vías, observado entre diversos aspectos de la topografía modificada del terreno tal como sus áreas tributarias, cotas y pendientes de las calles y drenajes.

Determinando mejoras congruentes según datos recolectados en sitio mediante la aplicación de aforos vehiculares antes mencionados, que posteriormente se analizaron mediante el uso de los programas comerciales Swercad y Civil 3D, por lo que la propuesta dada fue adaptada al espacio físico, para mantener la armonía del sistema de alcantarillado. Para todo lo anterior expuesto se consideró los criterios de las normas NORVIAL 1985 y MTC 1997, MOP, Gacetas Oficiales 4044 y 5318 y la INOS 1975.

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail										
Prof. Cabrera, Daniel	ROL										
		CA		AS	X	TU		JU			
	CVLAC	17.421.606									
	e-mail	Danielcabrera.udo@gmail.com									
e-mail											
Prof. Elys Rondón	ROL										
		CA		AS		TU		JU	X		
	CVLAC	8.440.241									
	e-mail	elysrondon@gmail.com									
e-mail	elysrondon@hotmail.com										
Prof. Anabel González	ROL										
		CA		AS		TU		JU			
	CVLAC	16.573.233									
	e-mail	Gonzalez85anabel@gmail.com									
e-mail											

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2022	07	29
------	----	----

Lenguaje: SPA

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
PG-EstherSergio2022.doc	Application/word

Alcance:

Espacial: UNIVERSAL

Temporal: INTEMPORAL

**Título o Grado asociado con el trabajo:**

Ingeniero Civil

**Nivel Asociado con el Trabajo:**

Pregrado

**Área de Estudio:**

Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:**

Universidad de Oriente – Núcleo Anzoátegui / Extensión Centro-Sur  
Cantaura

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

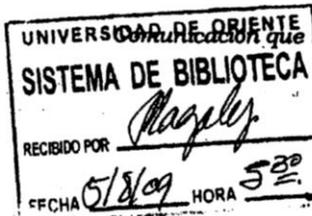
Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.



Cordialmente,

**JUAN A. BOLANOS CUNVELO**  
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telemática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009):** “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

---

**Martínez T., Esther M.**

**AUTOR**

---

**Rodríguez R., Sergio J.**

**AUTOR**

---

**Prof. Daniel Cabrera**

**TUTOR**