



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE SISTEMA DE SUB-DRENAJES DE AGUAS
PLUVIALES PARA LA CICLOVÍA. TRAMO DE ESTUDIO:
URBANIZACIÓN EL MORRO I – URBANIZACIÓN EL REMANSO
EN EL MUNICIPIO SAN DIEGO EDO. CARABOBO.**

Autores:

Rodríguez C. Sinaí.
Azuaje B. Pedro M.

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



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

**DISEÑO DE SISTEMA DE SUB-DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES
PARA LA CICLOVÍA. TRAMO DE ESTUDIO: URBANIZACIÓN EL
MORRO I – URBANIZACIÓN EL REMANSO EN EL MUNICIPIO SAN
DIEGO EDO. CARABOBO.**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL

Autores:

Rodríguez C, Sinaí.

C.I: 24.904.497

Azuaje B, Pedro M.

C.I: 21.004.173

Tutor Académico: Medina Ángel

C.I: 15.299.274

San Diego, Junio 2020.



FI-L -011-2020-1CR (TG)

Valencia, 15 de junio de 2020

Ciudadano:
Azuaje B., Pedro M.
21.004.173
Rodriguez C., Sinai.
24.904.497
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 03-2020 de fecha 12-02-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado ***DISEÑO DE UN SISTEMA SUBDRENAJES DE AGUA PLUVIALES PARA LA CICLOVÍA TRAMO DE ESTUDIO: URBANIZACIÓN EL MORRO I-URBANIZACIÓN EL REMANSO EN EL MUNICIPIO SAN DIEGO. EDO. CARABOBO*** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Ángel Medina C.I: 15.299.274 como Tutor Académico que los asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Prof. Luís Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).
Ll/a.a.



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

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Ángel Medina, portador de la cédula de identidad N°15.299.274, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Rodríguez Correa, Sinaí, portador de la cédula de identidad N° 24.904.497 y Azuaje Bejas, Pedro Miguel, portador de la cédula de identidad N° 21.004.173, titulado **“DISEÑO DE SISTEMA DE SUB-DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES PARA LA CICLOVÍA. TRAMO DE ESTUDIO: URBANIZACIÓN EL MORRO I – URBANIZACIÓN EL REMANSO EN EL MUNICIPIO SAN DIEGO EDO. CARABOBO.”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, aceptó la tutoría del mencionado proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación, según las condiciones de la Coordinadora de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes reglamentos.

En San Diego, Junio del año 2020

Ing. Ángel Medina

C.I.: 15.299.274



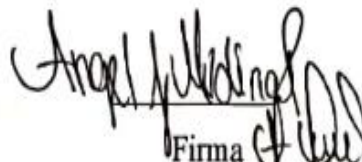
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

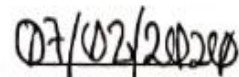
ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **“DISEÑO DE SISTEMA DE SUB-DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES PARA LA CICLOVIA. TRAMO DE ESTUDIO: URBANIZACIÓN EL MORRO I – URBANIZACIÓN EL REMANSO EN EL MUNICIPIO SAN DIEGO EDO. CARABOBO.”**, ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Ángel Medina

Tutor Académico

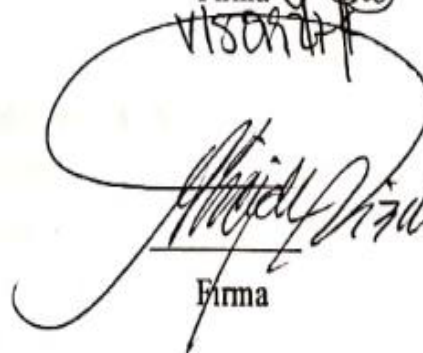

Firma

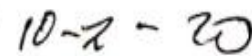


Fecha

Ing. Alicia Yánez de Pizzella

Tutor Metodológico


Firma



Fecha

AGRADECIMIENTOS

Pedro Azuaje.

Primero debo agradecer a **Dios** por este logro tan deseado y bonito, ya que en todo momento guio e ilumino mi camino colmándome de paciencia, sabiduría, fortaleza y la tenacidad de seguir adelante cuando el camino se torna más difícil, demostrándome que nací para hacer grandes cosas.

A mis padres **Emily Bejas** y **Pedro Azuaje III**, pilares de mi vida, orgullo y ejemplo a seguir, que siempre se han esforzado cada día por brindar ese apoyo incondicional, así no los tenga todos los días, pero sé que creen en mí y en este sueño de ser ingeniero, que hoy se vuelve realidad. No tengo palabras para describir lo afortunado que me siento en tenerlos y lo agradecido que estoy por la manera en que me han enseñado la vida, así que quiero regalarles este logro y lo sientan suyo.

A mi abuela **Hilda**, que desde que tengo uso de memoria ha estado para mí en todo momento, aconsejándome, apoyando mis decisiones y dándome fuerzas en seguir adelante. Les comento que prepara el mejor quesillo del mundo.

A mi nonno **Pedro Azuaje II**, que visualiza el logro de todos sus nietos desde el cielo, y que con su sabiduría y vivencias nos formó a cada uno, con cada aspecto de la vida, desde el más pequeño hasta el más incomprendido de los casos y lo resumió en una frase “Serenidad y Coraje”.

A mi hermano **Alejandro**, que se aguantaba los gritos de todos cuando estudiábamos hasta la madrugada, por ser ese apoyo de hermano en momentos difíciles y estando en un hogar que no es el nuestro nos tenemos el uno para el otro.

A mi compañera de tesis **Sinaí Rodríguez**, que ha sido parte importantísima en mi carrera y en mi vida, compañera de lucha, de logros y decepciones. Que con su carisma y elocuencia les roba una sonrisa a todos en el salón de clase, con el corazón

más puro, queriendo siempre ayudar al que lo necesite. Dios me ha puesto grandes personas en mi camino y tú eres una de ellas.

A mis compañeros de estudio, de batalla, hermanos de diferentes madres que han cumplido un papel súper importante en el desarrollo de este sueño, estaré eternamente agradecido por todo su apoyo y siempre llevaré conmigo todas las vivencias que pasamos juntos.

A nuestro tutor de tesis **Ángel Medina**, que admiro mucho por su sabiduría y experiencia en el campo de trabajo, excelente profesional, que nos adoptó como sus pupilos para guiarnos con paciencia y empaparnos con su conocimiento a lo largo de todo este proceso.

Gracias a todos por el esfuerzo, paciencia y compromiso que me han tenido a lo largo de toda esta historia, aportando cada uno un granito de arena para formar quien soy ahora, y cumplir este sueño llamado Ingeniero Civil.

AGRADECIMIENTOS

Sinaí Rodríguez:

Primero que nada agradezco a mis padres, **Sixto Rodríguez** que a pesar de que no se encuentra físicamente en este momento, sin él no hubiera sido posible, gracias a su esfuerzo, trabajo constante, consejos y amor infinito que siempre me dio, son pocas las palabras que se logran decir comparado con el sentimiento de tristeza y alegría que abarca esto, sé que estás presente de alguna forma. **María Elena Correa** por siempre creer en mí, por esperar paciente este momento con tanto amor y dedicación, por cuidarme, por nunca soltar mi mano, eres el ejemplo vivo de superación y bondad, de ti aprendí a ser fuerte y nunca desistir, Te Amo.

A mis hermanas **Penélope, Sara y Abril**, quienes juegan un papel fundamental en todo esto, por apoyarme, regañarme y siempre acompañarme en todo lo que me propongo, las admiro como las mujeres extraordinarias que son. Gracias.

A mi tío padrino **Adrián Rodríguez**, que hoy celebra sin duda este logro desde el cielo junto a mi padre, por ser siempre un ejemplo a seguir e inspiración en todo momento, por siempre haber compartido conmigo lo aprendido.

A mis amigos incondicionales que siempre estuvieron presente en todo momento y siempre dispuestos a ayudarme, **Luisana, Karen, Kelly, Franchesca, Patricia, Marcel, Esteban, Pache**. Gracias por el apoyo.

A mi amigo **Omar Armas**, el que merece toda una hoja de agradecimientos, por su ayuda desinteresada e incondicional en todo momento, por su paciencia y amistad, siempre empujándome a cumplir con todo y motivándome a seguir adelante, sin duda una de las mejores personas que me deja la universidad, gracias por siempre creer en mí y nunca fallarme.

A mi compañero de tesis **Pedro Azuaje**, que en este proceso se convirtió en un amigo de toda la vida, que con su lealtad y honestidad se gana al mundo entero, por

enseñarme que las situaciones difíciles hay que enfrentarlas como sea y las no tan difíciles disfrutarlas al máximo, gracias cada consejo y momentos compartidos.

A mis compañeras **María Silvia Fernández y Zachary Ramírez**, por haber estado siempre en los momentos más difíciles de mi vida, por escucharme, por las peleas y consejos que al final sirvieron de mucho, mis pañuelos de lágrimas, gracias por la ayuda y el apoyo que siempre me brindaron.

A mi compañero de trasnochos **Alexander Marín** por nunca fallarme cuando más lo necesitaba y ofrecerme su apoyo siempre.

A nuestro tutor **Ángel Medina**, por enamorarnos más de nuestra carrera, por ser un excelente profesional, por habernos brindado todo el apoyo para hacer este trabajo posible y formarnos como excelentes profesionales, mil gracias.

A mis profesores y ahora casi colegas **Freddy Lanza y Manuel Figueira**, que en este trayecto se convirtieron en grandes amigos.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULOS

I EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema.	4
1.2. Formulación del Problema.	8
1.3. Objetivos de la Investigación.	8
1.3.1. Objetivo general.....	8
1.3.2. Objetivos específicos.	8
1.4. Justificación de la Investigación.....	9
1.5. Alcance de la Investigación.....	9
1.6. Delimitación de la Investigación.	10
1.6.1. Delimitación Espacial.	10

II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Investigación.	11
2.1.1. Antecedentes Internacionales.	11
2.1.2. Antecedentes Nacionales.	12
2.2. Bases teóricas.	13
2.2.1. Ciclovía.....	13
2.2.2. Clasificación de las Ciclovías	14
2.2.3. Drenaje Vial.....	15

2.2.4. Drenaje Superficial	15
2.2.5. Drenaje Profundo.....	16
2.2.6. Mecanismo de funcionamiento del drenaje vial	16
2.2.7. Criterio de diseño a considerar en el drenaje vial	18
2.2.8. Daños causados por el agua en la vialidad.....	19
2.2.9. Drenaje Profundo (Subdrenaje).....	22
2.2.10. Tipos de Subdrenaje	23
2.2.11. Subdrenaje Tradicional	23
2.2.12 Geodrén Vial	24
2.2.13. Drenes de penetración transversal.....	26
2.2.14. Componentes del sistema de subdrenaje pluvial.....	27
2.2.15. Geotextiles.....	27
2.2.16. Clasificación de los geotextiles según su método de fabricación	27
2.2.17. Geotextil Tejido.....	27
2.2.18. Geotextil No Tejido.....	28
2.2.19. Clasificación de los geotextiles según su composición.....	28
2.2.20. Fibras Naturales.....	29
2.2.21. Funciones de los geotextiles.....	29
2.2.22. Importancia de un sistema de subdrenaje.....	31
2.2.23. Aspectos fundamentales de un sistema de subdrenaje	32
2.2.24. Metodología de diseño de subdrenajes.....	32
2.2.25. Estimación del caudal de diseño de subdrenajes empleando drenes laterales.....	33
2.2.26. Caudal de Infiltración.....	34
2.2.27. Caudal de Abatimiento por Nivel Freático	35
2.2.28. Caudal de Abatimiento por Escorrentía Superficial.....	35
2.2.29. Dimensionamiento de la Sección transversal de un sistema de subdrenaje empleando drenes laterales	36
2.2.30. Sostenibilidad.....	37

2.2.31.Factibilidad.....	38
2.2.32.Impacto Ambiental.....	39
2.3. Bases legales.....	39
2.4. Definición de Términos Básicos.	41

III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación.	44
3.2. Diseño de Investigación.	45
3.3. Nivel de Investigación.....	46
3.4. Población y Muestra.	46
3.5. Técnicas de Recolección de Datos.	46
3.5.1. Observación Directa	46
3.5.2.Observación Documental	47
3.6. Técnica de Análisis de Datos.	47
3.6.1. Tabulación.	47
3.7. Instrumentos de Recolección de Datos.....	47
3.7.1 Google Earth.....	47
3.7.2. Microsoft Excel.....	48
3.7.3. AutoCAD.....	48
3.7.4. Listas de Cotejo (Cuadros Comparativos).....	48
3.8. Fases Metodológicas de la Investigación.	49

IV RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de la Situación actual del drenaje del proyecto de la ciclovía..	50
4.2. Determinación de los Parámetros Básicos y Valores Críticos para la Implementación y Diseño del Subdrenaje	52
4.2.1 Caracterización del Tramo de Estudio.....	53
4.2.2 Topografía de la Zona de Estudio.....	53
4.2.3 Geología de la Zona de Estudio.....	55

4.2.4 Hidrología.	57
4.2.5 Información Pluviométrica.	58
4.2.6 Periodo de Retorno.	59
4.2.7 Coeficiente de Escorrentía.	59
4.2.8 Delimitación del Perfil Longitudinal por Cambio de Pendiente.....	60
4.2.9 Dirección del Sentido de Drenaje.....	60
4.2.10 Tiempo de Concentración.	61
4.2.11 Caudal de Diseño Total.	63
4.2.12 Gasto por Infiltración.	65
4.3. Análisis de Sistemas de Subdrenaje con los Requerimientos necesario para el correcto Funcionamiento del Proyecto	66
4.3.1 Elección del Tipo de Subdrenaje a emplear.....	66
4.3.2 Dimensionamiento del Dren.	67
4.3.3 Ancho y Profundidad de la Zanja.	69
4.3.4 Estimación del Diámetro de la Tubería a utilizar.	69
4.3.5 Cálculo Hidráulico para la escogencia del Geotextil.....	70
4.3.6 Factor de Seguridad Global.	73
4.3.7 Evaluación del Geotextil a usar en el filtro.....	74
4.3.8 Geotextil Adecuado para el Diseño.	77
4.3.9 Consideraciones Generales respecto al empleo de tuberías perforadas.	78
4.4. Conclusiones.	80
4.5. Recomendaciones.	83
REFERENCIAS.	83

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice	Pág.
A Tramo en Estudio.	86
B Tramo en Estudio.	115
C Tramo en Estudio.	131

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
1 Tramo en Estudio.	10
2 Esquema de Ciclovía Unidireccional	14
3 Esquema de Ciclovía Bidireccional.....	15
4 Fenómeno de Bombeo en los Pavimentos.....	21
5 Detalle Típico de un subdren de zanja.	24
6 Detalle Típico de un Geodren planar.....	25
7 Detalle Típico de un Subdren horizontal o de penetración.	26
8 Vista Microscópica de algunos tipos de geotextiles tejidos	28
9 Vista Macroscópica de algunos tipos de geotextiles no tejidos.	28
10 Vista Esquemática del Movimiento del Agua en los Subdrenes.....	33
11 Sección Transversal del Subdrenaje de una Vía.....	36
12 Vista de planta de elevación del municipio San Diego	54
13 Mapa de superficie de elevación del municipio San Diego.	54
14 Curvas de nivel del tramo en estudio	55
15 Ríos Existentes en el municipio San Diego, Estado Carabobo.	58
16 Perfil longitudinal del Río Cúpira, municipio San Diego, estado Carabobo..	58
17 Sección transversal de la ciclovía.....	64
18 Velocidad de acuerdo a la pendiente y el material drenante	68
19 Factor de reducción para geotextiles en aplicaciones de drenaje.	72
20 Detalle de tubería perforada para subdrenes	79

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pág.
1 Estructuras que componen el sistema de drenaje vial	17
2 Valores recomendados para Fi	34
3 Valores recomendados para Fr	34
4 Tramos inspeccionados en la propuesta de ciclovía.....	51
5 Estratigrafía correspondiente a las adyacencias del Río Cúpira, Municipio San Diego, Estado Carabobo.	56
6 Coeficiente de escorrentía	59
7 Tramos de estudio de acuerdo a la variación de pendiente	60
8 Dirección del sentido de Drenaje	61
9 Cobertura superficial.	62
10 Cálculo del tiempo de concentración	62
11 Precipitaciones máximas en la estación San Diego.....	64
12 Gasto de infiltración por cada tramo de estudio.....	65
13 Gasto total de diseño.	65
14 Área transversal de la zanja de subdrenaje.....	68
15 Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje	69
16 Cálculo para el diseño de tubería del subdrenaje	70
17 Cálculo de permitividad última del geotextil.	71
18 Permitividad requerida del geotextil	72
19 Permitividad admisible del geotextil.	73
20 Factor de seguridad global del geotextil.....	73
21 Criterio de retención en la escogencia del geotextil.....	74
22 Criterio de permeabilidad en la escogencia del geotextil.....	75
23 Rango de propiedades representativas de geotextiles utilizados para filtro..	76
24 Especificaciones técnicas Geotextiles Rango NT3000-NT5000.....	77



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

**DISEÑO DE SISTEMA DE SUB-DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES
PARA LA CICLOVÍA. TRAMO DE ESTUDIO: URBANIZACIÓN EL
MORRO I – URBANIZACIÓN EL REMANSO EN EL MUNICIPIO SAN
DIEGO EDO. CARABOBO.**

Autores: Azuaje, Pedro y Rodríguez, Sinaí.

Tutor: Ing. Ángel Medina.

Fecha: Junio, 2020.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad realizar el diseño de sistema de subdrenaje de aguas pluviales para la ciclovia Tramo de estudio: Urbanización El Morro I–Urbanización El Remanso en el Municipio San Diego, Estado Carabobo; en una longitud de 6047,49 m, con la intención de garantizar la durabilidad y la eficiencia de dicha estructura vial Implementando las fases descritas en la metodología, se diagnosticó la situación actual del sistema de drenaje analizando riesgos naturales y antropogénicos potenciales en el tramo de estudio y sus adyacencias, para luego determinar los parámetros básicos y valores críticos de diseño obteniendo la hidrología de la zona, su geología y la permeabilidad y granulometría del suelo, evidenciando que el subdrenaje está diseñado con la capacidad hidráulica suficiente para conducir el gasto de aguas pluviales que transitan a corto, mediano y largo plazo. Se elaboró una comparación de tres diferentes geotextiles a utilizar en el diseño y estructura del subdrenaje, demostrando que el geotextil no tejido NT 4000 se adapta perfectamente a las necesidades de la ciclovia, mejorando su vida útil y el correcto tránsito peatonal y vehicular del tramo en estudio.

Descriptor: Subdrenaje. Aguas pluviales. Ciclovia. Geotextiles. Drenaje Urbano.

INTRODUCCIÓN

El principal objeto del drenaje en las carreteras es reducir la máxima cantidad de agua que llega a la misma para evitar el deterioro del pavimento y los accidentes de los usuarios.

Tanto el drenaje como el subdrenaje son imprescindibles para el buen funcionamiento de una carretera, pues sirven para proteger el camino canalizando los escurrimientos de agua y evitando situaciones que pueden resultar riesgosas tanto para la estructura del pavimento como para los usuarios.

El exceso de agua u otros fluidos en los suelos o en la estructura de una carretera, afecta sus propiedades geomecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, presiones de poros, subpresiones de flujos, presiones hidrostáticas, e incrementa la susceptibilidad a los cambios volumétricos. Por tal motivo, es una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de la infraestructura vial.

El diseño y construcción de un sistema de drenaje requiere la realización de estudios del clima, suelo, hidrología y geología. Los objetivos básicos para el drenaje de los caminos son la preservación de la carretera, debido a la función social y económica que representa y el elevado costo de construcción; la prevención del impacto negativo al ambiente con la reducción al mínimo de los cambios al patrón de drenaje natural y disminución de la acción erosiva producida por el cambio de cauce de su transporte.

Los tipos de drenajes incluyen estructuras transversales, naturales, travesías, superficie y subdrenajes. Estas estructuras sirven para dispersar, para disminuir la velocidad o transportar el agua y para evitar la acumulación y reducir la fuerza erosiva del agua.

Para que un camino tenga buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas provocando la destrucción del pavimento y originandola formación de baches, así como también que el agua que debe escurrir por las cunetas

se estanque y reblandezca las terracerías originando pérdidas de estabilidad de las mismas con sus consiguientes asentamientos perjudiciales.

El prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de vialidad y por lo tanto debe preverse desde la localización misma tratando de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanentes y naturalmente drenados.

En resumen, cuando una carretera dispone de un sistema de drenaje adecuado, suficiente y que opera correctamente, disminuye sustancialmente la probabilidad de fallas y de otros efectos adversos que contribuyan a acortar su vida útil.

En el presente trabajo de investigación se propone la implementación de un sistema de subdrenajes para el mejoramiento de recolección de aguas pluviales en el proyecto de ciclovía, tramo Urbanización el Morro I – Urbanización El Remanso, del Municipio San Diego, Estado Carabobo. Analizando diferentes alternativas de subdrenaje que cumplan con los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento, determinando parámetros básicos de la escorrentía superficial y valores del caudal de agua de lluvia con el fin de proyectar una obra factible y sustentable. Se ha desarrollado en cinco etapas o capítulos como se detalla a continuación:

CAPÍTULO I: En él se hace referencia al planteamiento y formulación del problema, para luego definir los objetivos de la investigación abarcando la justificación, delimitación y alcance de la misma.

CAPÍTULO II: Comprende el marco teórico, incluye los antecedentes y bases teóricas que sustentan la investigación, y la definición de términos básicos.

CAPÍTULO III: Describe el marco metodológico, este contempla el tipo de investigación, nivel y diseño de la misma, además se da a conocer la población y muestra a estudiar, así como también las técnicas e instrumentos utilizados en la recolección de datos y por último se describen las fases metodológicas de la investigación.

En cuanto al **CAPÍTULO IV:** En él se presentan los resultados obtenidos en la investigación, conjuntamente con el análisis e interpretación de los mismos.

Por último, se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del proceso investigativo llevado a cabo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema.

Drenaje es la acción de avenar, es decir, dar salida al agua de los terrenos húmedos por medio de las estructuras e implementos adecuados. Todas las obras civiles necesitan, de una u otra forma, del drenaje.

En el caso de la vialidad, esta necesidad es notable, ya que las estructuras viales están a la intemperie, a merced de los fenómenos naturales, constituyendo el agua su principal enemigo. El agua produce daños a todos los elementos que constituyen el cuerpo de la carretera: a las laderas naturales, a los taludes de corte y relleno, al terraplén que se apoya el pavimento y, por último, al propio pavimento.

La protección que el drenaje vial brinda puede ser de dos tipos: por un lado, el drenaje debe garantizar la vida útil de la estructura vial y asegurar las cuantiosas inversiones que representan las vías, impidiendo el deterioro que el agua produce en ellas, y evitar los daños que puedan causar en bienes aledaños a las mismas; por otro lado, debe asegurar el tránsito continuo, seguro, y confortable de los vehículos, de forma que el transporte de pasajeros y carga resulte eficiente y seguro. No debe olvidarse que el objetivo de las carreteras no es ahorrar dinero en la construcción, operación o mantenimiento, sino obtener un sistema de transporte más económico, de lo que depende en gran parte el desarrollo de un país.

Por lo antes expuesto en el presente trabajo de investigación se efectuará el diseño de un sistema de subdrenaje para su implementación como propuesta para la estructura vial tipo ciclovia que no cuenta con dicho sistema, estableciendo la importancia de dicha ciclovia como mecanismo alternativo de movilidad sostenible en el tramo Urbanización El Morro I-Urbanización El Remanso del Municipio San Diego, Estado Carabobo, la cual podría consolidarse

a corto plazo como una ruta de movilización alterna para contribuir al descongestionamiento de las vías de circulación regular y a la disminución del volumen de emisiones de gases contaminante e igualmente facilitar el acceso a servicios básicos. Por lo tanto, la propuesta tendría una relevancia significativa a nivel de la zona de estudio y áreas aledañas.

Es indispensable la realización de obras de drenajes y/o subdrenajes que permitan el control de las aguas tanto superficiales como subterráneas para así garantizar la durabilidad y la eficiencia de la vialidad, se ha demostrado que muy frecuentemente, la causa de falla de las obras tiene origen en un drenaje inadecuado o inexistente, por lo que es fundamental llevar a cabo el diseño del subdrenaje, de acuerdo con las condiciones del sitio. Esto permitirá una mayor confiabilidad en la estabilidad de las obras por proteger y un incremento apreciable en su vida útil.

El exceso de agua presente en la vialidad tiene un efecto directo en las condiciones del pavimento, por esto la necesidad de su drenado rápido fuera de la estructura, este deterioro se debe a la pérdida de adherencia y cohesión por presencia de agua y se encuentra presente en los diferentes tipos de pavimentos, ocasionando una fatiga en la carpeta asfáltica y falla en el pavimento, usualmente se presenta acompañado por un ahuellamiento que es producido en áreas sujetas a sobrecarga de tránsito, con lo cual los materiales estructurales en estado saturado, tienden a aumentar la presión de poros y disminuir los esfuerzos efectivos, cambiando los mecanismos de transmisión de esfuerzos de la estructura del pavimento de allí el origen de las fallas indicadas.

Basándose en lo anterior, en el año 2016 el diario “El Carabobeño” publicó un artículo sobre la problemática de las crecidas de aguas por las lluvias en el municipio San Diego, titulado “San Diego está en emergencia” En el mismo se indica que la máxima autoridad del Municipio, la alcaldesa Rosa Brandonisio decreta estado de emergencia debido a los anegamientos en las urbanizaciones y sectores de El Remanso, Las Majaguas, Tulipán, Monteserino, El Morro, Bosqueserino,

El Poblado, frente a la Universidad José Antonio Páez, y la avenida Don Julio Centeno, que estuvo cerrada por varios minutos en varios tramos. 90% del municipio fue afectado por fuertes precipitaciones. Frente al supermercado HyperLíder el nivel de las aguas alcanzó los 70 cm de altura con lo cual interrumpió el tráfico vehicular en el área afectada. A través de redes sociales, los vecinos reportaron que pasaron la noche sacando agua de las urbanizaciones. El agua cubrió el cofre de algunos carros. Las clases fueron suspendidas, señaló que “Existe un problema de un tapón que se nos presenta en la unión entre el río San Diego y el desahogo del río Los Guayos, se produce un efecto embudo y el agua del municipio se nos devuelve.

En las zonas altas hemos tenido deslaves, se han dañado vehículos y edificios con estacionamientos completamente inundados”.

El subdrenaje vial es un sistema de vital importancia para garantizar la durabilidad de las estructuras de pavimento, permite interceptar el agua subsuperficial evitando que la misma provoque daños irreversibles en las carreteras. Uno de los principales mecanismos de daño de mezclas asfálticas y de concreto en servicio es el daño por humedad, la infiltración de aguas de lluvia es una causa importante de falla de los pavimentos. Existen diferentes métodos que calculan el efecto del agua en la estructura y los estudios realizados coinciden que la falla es generada por la ausencia de sistemas de drenaje o por insuficiencia del mismo, ocasionando fallas y daños en los diferentes tipos de vialidad. Por lo tanto, en el diseño del pavimento se debe considerar un adecuado estudio de las pendientes de vialidad, de la geotecnia del suelo donde se construirá la vía, así como, de las variables hidrológicas a considerar para proyectar un adecuado sistema de drenaje, con la finalidad de desalojar las aguas de las secciones de la estructura vial.

Los daños causados a los pavimentos por el exceso de agua se manifiestan por medio de efectos tales como formación de baches y grietas grandes en la carpeta asfáltica, asentamiento y desintegración de sus capas, esto conlleva a

una mayor infiltración de agua de lluvia cuando el pavimento se encuentra deteriorado.

Es importante el análisis del tipo de obra a realizar, considerando las condiciones hidrogeológicas de la zona, topográficas del terreno y el diseño hidráulico que se dispone para dicha vialidad; se debe tomar en cuenta que en Venezuela existe una problemática por el mal diseño de los sistemas de drenaje, siendo la mayoría deficientes o están carentes de un adecuado plan de mantenimiento, causando deterioro en las vías y graves casos de inundaciones y crecidas.

Para disponer de un mejor funcionamiento de la estructura vial y reducir los problemas expuestos, se considera la necesidad de implementar un sistema de subdrenajes de aguas pluviales para obtener un proyecto óptimo de la propuesta de estructura vial tipo ciclovía, tramo de estudio Urbanización El Morro I – Urbanización El Remanso, del Municipio San Diego, Estado Carabobo, garantizando una mayor vida útil y una vialidad óptima.

1.2. Formulación del problema.

¿Cómo podría mejorarse la recolección de aguas pluviales en la ciclovía, tramo de estudio Urbanización El Morro I- Urbanización El Remanso del Municipio San Diego, Estado Carabobo?

1.3. Objetivos de la investigación.

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un subdrenaje como alternativa para la recolección de aguas pluviales en el proyecto de ciclovía, tramo de estudio Urbanización El Morro I – Urbanización El Remanso, del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Diagnosticar la situación actual del sistema de drenaje de la ciclovía.
- Determinar los parámetros básicos y valores críticos para la implementación y diseño del subdrenaje.

- Analizar diferentes tipos de sistemas de subdrenaje de aguas pluviales que sea óptimo cumpliendo con los requisitos para su funcionamiento.

- Diseñar el sistema de subdrenaje para la propuesta de estructura vial tipo ciclovia, en el municipio San Diego estado Carabobo. Tramo de estudio Urbanización El Morro I– Urbanización El Remanso.

1.4. Justificación de la Investigación.

Un buen sistema de drenaje y/o subdrenaje está íntimamente relacionado con una mayor durabilidad de las obras. De hecho, la vida útil de las vías depende en gran parte del periodo de tiempo en que el exceso de agua esté presente en su estructura. La creciente demanda de obras viales requiere la inclusión de sistemas de drenajes eficientes y durables que permanezcan en buen estado lo cual hace un proyecto más económico, ya que la vialidad requerirá de menos mantenimiento y un menor gasto de repavimentación.

En el Municipio San Diego, a través de los años se han evidenciado anegamientos que han afectado diferentes sectores pertenecientes al mismo, principalmente durante las épocas de lluvia, entre dichas zonas se encuentran sectores de la Urbanización El Morro I y de la Urbanización El Remanso; ocasionando daños a los vehículos que transitan por la zona y afectando la vida del pavimento. Debido a ello se hace necesario la implementación del sistema de subdrenaje como alternativa para la recolección de aguas pluviales en el proyecto de estructura vial tipo ciclovia.

1.5 Alcance de la Investigación.

En base a la investigación de Loaiza y Mesa (2019) en el tramo de estudio Urbanización el Morro I – Urbanización El Remanso, del Municipio San Diego, Estado Carabobo. El presente estudio complementa el proyecto integral de la estructura vial tipo ciclovia, donde se efectuará un diseño de sistema de subdrenaje acorde a las características, importancia y variables adaptadas al tramo en estudio. Se considerarán varias alternativas, y se realizará el diseño con

la que mejor se adapta, no se efectuarán ensayos de ninguna naturaleza y no incluirá un estudio de costos.

1.6. Delimitación de la Investigación.

1.6.1. Delimitación Espacial.

El área de estudio del proyecto de investigación conducido estuvo representada por los sectores “Norte B”, “Centro A”, “Centro B” y “Centro C” del Municipio San Diego, Estado Carabobo, específicamente entre la Urbanización El Morro I y la Urbanización El Remanso, respetando la sectorización definida por la Sala Técnica del Consejo Local de Planificación de la Entidad geográfica referida (2014). (Ver figura 1).

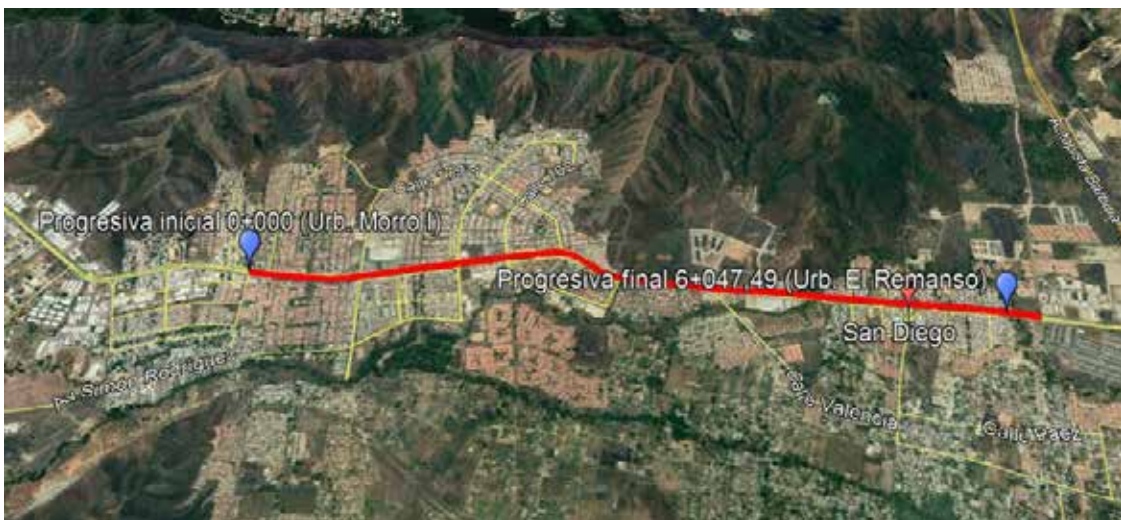


Figura 1: Tramo en estudio

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación.

Analizando los planteamientos de García y Mijares (2007); Arias (2012); Baptista, Fernández y Hernández (2014) en relación a los antecedentes de investigación, se entiende que los mismos son de vital importancia para el desarrollo de todo proceso científico, ya que informan al investigador sobre el estado actual de los conocimientos relativos a las variables que estudia, y sobre los procedimientos metodológicos útiles que pudiera considerar.

2.1.1 Antecedentes Internacionales.

Orozco, M. (2007) en su trabajo especial de grado titulado **“Sistemas de subdrenajes en obras de estabilización”** presentado ante la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia, realizó un estudio sobre la utilización de drenajes en taludes para la reducción de agua en estos, evaluando la disminución de resistencia que se genera al esfuerzo cortante del suelo, el mismo arroja información relevante en referencia al objeto principal de un sistema de subdrenaje para eliminar los excesos de humedad del terreno donde se localice la obra, para protegerla y permitir una mayor estabilidad y durabilidad de la misma interceptando la escorrentía subsuperficial y abatiendo niveles freáticos altos presentes, así mismo indica que para llevar a cabo un drenaje eficiente es necesario tener en cuenta las características geomorfológicas e hidrológicas propias del sitio en el cual será implantada y recomienda emplear geotextiles en obras de subdrenaje por la función de filtro que desempeñan estos, evitando la colmatación de las obras de subdrenaje propuesta.

Marín, E. y Pérez I. (2014) en su trabajo de grado titulado **“Drenaje y subdrenajes en carreteras”** mostrado ante el Instituto Politécnico Nacional, México D.F, en este trabajo se abordan aspectos relevantes en el diseño de sistemas de recolección de aguas de lluvias en las carreteras, tomando en consideración diferentes alternativas tanto de obras tradicionales (drenajes superficiales) como la implementación de sistemas de

subdrenajes según las condiciones presentes en el sitio de estudio. Se contemplan desde los aspectos básicos que corresponden a un estudio de las variables implícitas, evaluación de diferentes mecanismos a emplear con la finalidad de recolectar, conducir y disponer de manera adecuada las aguas pluviales, para con ello mantener y extender la vida útil de las carreteras.

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

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

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

Steelheart E. y Suárez H. (2012), presentaron el Trabajo de Grado titulado **“Propuesta para el mejoramiento del diseño del sistema de drenaje urbano de la calle 32 entre Av. Libertador e Intercomunal San Felipe el fuerte del Municipio independencia, Edo. Yaracuy”** presentado ante la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA) para optar al título de Ingeniero Civil. El propósito de esta tesis fue realizar una propuesta para el mejoramiento del diseño del drenaje superficial de la calle 32 entre Av. Libertador e Intercomunal San Felipe en el Estado Yaracuy,

debido a la necesidad de la Alcaldía del Municipio Independencia de solventar el problema de drenaje presente en la vía y sus zonas aledañas. Como primer paso se elaboró un levantamiento topográfico, un inventario físico vial del área de estudio, así como también se recopiló la información técnica y pluviométrica en los entes gubernamentales, lo que permitió delimitar las áreas tributarias de acuerdo al sitio de escurrimiento de las aguas y elaborar una curva de intensidad, frecuencia, duración de la data obtenida de la estación pluviométrica “San Felipe” por ser la más cercana a la zona de estudio, para así calcular el caudal de aporte empleando el método racional, siendo este el mecanismo necesario para analizar las condiciones del sistema de drenaje existente y prever posibles soluciones.

Hernández O. y Macero T. (2018) presentaron el Trabajo de Grado titulado **“Implementación de sistema de subdrenaje de aguas pluviales Av. Paseo Valencia, tramo Kayson - Av. Sesquicentenario, Municipio Valencia. Estado Carabobo”** presentado ante la Universidad José Antonio Páez (UJAP) para optar al título de Ingeniero Civil, el cual se basó en un estudio para el mejoramiento de la red de drenaje mediante la implementación de un sistema de subdrenaje para la recolección de aguas pluviales para la vialidad de dicho tramo, ya que estudios previos en otras vías aledañas prevén un deterioro del pavimento por la ineficiencia del sistema de recolección de aguas de lluvia, donde estos sistemas no cumplen con los requerimientos mínimos de diseño y de la aplicación de las normas correspondientes para la evacuación eficaz de las aguas pluviales en el sitio de estudio, como un factor de vital importancia para la conservación y extensión de la vida útil de los pavimentos.

2.2 Bases Teóricas.

A continuación, se presentan los fundamentos teóricos que sirven de soporte para el desarrollo de la presente investigación.

2.2.1. Ciclovía.

Tomando en cuenta los aportes de Cordero (2016) y del Instituto Nacional de Transporte Terrestre (INTT) (2011), se establece que las ciclovías son estructuras viales que se proyectan separadas de los carriles de vehículos automotores, y cuyos

usuarios prioritarios son los ciclistas. Se diferencian de otros tipos de estructuras de tránsito de bicicletas, como las vías compartidas, ciclocarriles y ciclocanales, porque se ubican sobre la calzada de la vía, separada de los demás carriles por una delimitación física; de allí que se les conozca como estructuras “Segregadas”.

2.2.2. Clasificación de las Ciclovías.

En función a los planteamientos de Cordero (2016); Arrué et al. (2017), se especifican los dos tipos de ciclovia aceptados a nivel mundial, siendo necesario aclarar que, según el país donde se proyecte la estructura, pueden presentarse cambios menores. Éstos son:

✓ **Unidireccional:** cuentan con un solo sentido de circulación. Como resultado, son recomendables para zonas urbanas, puesto que, si se ubican a favor del flujo vehicular automotriz, simplifican las maniobras de incorporación y desincorporación de los ciclistas, alcanzando un mayor grado de seguridad.



Figura 2: Esquema de ciclovia unidireccional.

Fuente: Arrué, Calderón y Pardo (2017).

✓ **Bidireccional:** el flujo se da paralelamente en ambos sentidos de circulación (ida y regreso). De allí que se implementen en casos donde deban cubrirse grandes distancias o bien se necesite disminuir el número de intersecciones para resguardar la integridad de los usuarios.



Figura 3: Esquema de ciclovía bidireccional.

Fuente: Arrué, Calderón y Pardo (2017).

2.2.3. Drenaje Vial.

Se define como el sistema de drenaje de una vía, al conjunto de dispositivos específicamente diseñados para la recepción, canalización y evacuación de las aguas que puedan afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera.

Dentro de esta amplia definición se distinguen diversos tipos de instalaciones encaminadas a cumplir tales fines, agrupadas en función del tipo de aguas que pretende alejar o evacuar, o de la disposición geométrica con respecto al eje de la vía:

- Drenaje Superficial.
- Drenaje Profundo.

2.2.4. Drenaje superficial.

Comprende el conjunto de obras destinadas a la recogida de las aguas pluviales, su canalización y evacuación a los cauces naturales, sistemas de

alcantarillado o la capa freática del terreno. Se divide en dos grupos:

∨ Drenaje longitudinal: el cual canaliza las aguas sobre la plataforma y taludes de la explanación de forma paralela a la calzada, sustituyéndolas a sus cauces naturales. Para ello emplea elementos como las cunetas, cauces, colectores, sumideros, arquetas y bajantes.

∨ Drenaje Transversal: permite el paso del agua a través de los cauces naturales bloqueados por la infraestructura vial, de forma que no se produzcan afectaciones en esta. Comprende pequeñas y grandes obras de paso, como puentes o viaductos.

2.2.5. Drenaje Profundo.

Su misión es impedir el acceso del agua a capas superiores de la carretera especialmente al firme, por lo que debe controlar el nivel freático del terreno y los posibles acuíferos y corrientes subterráneas existentes. Emplea diversos tipos de drenes subterráneos, arquetas y tuberías de desagüe. Es práctica habitual combinar ambos sistemas para conseguir una total y eficiente evacuación de las aguas. Este punto se detallara más adelante por ser el tema central de la investigación.

2.2.6. Mecanismo de funcionamiento del drenaje vial.

La primera estructura que se destina con fines de drenaje es el propio pavimento. En algunos países se construyen pavimentos con una capa de rodamiento de alta porosidad (pavimentos permeables), de forma que el agua pueda penetrarlos y drenar hacia los bordes a través del mismo pavimento, por donde llega a las cunetas o los subdrenajes. Este tipo de pavimento se construye sobre una capa no filtrante, de manera que el agua no pueda pasar hasta la subrasante.

El bombeo, es decir, la pendiente del pavimento descendente del eje hacia los bordes, es otra aplicación del pavimento como dispositivo de drenaje. Esta inclinación hace que las aguas que caen sobre la calzada que corren hacia afuera, donde no representen peligro para el pavimento ni los vehículos.

En el drenaje urbano, las aguas así desplazadas son recibidas por los brocales-cuneta, que las conducen a los sumideros y, desde estos, pasan a la red de tuberías. En el drenaje de vías rurales, las aguas son dispuestas en las cunetas, las cuales las llevan hasta otros cursos de agua.

Para proteger los taludes del agua que corre libremente por las laderas, se disponen las llamadas cunetas de corona, que son cunetas dispuestas en lo alto de los taludes corriendo de forma sensiblemente paralela al borde superior de ellos. Cuando la descarga de alguno de estos canales se realiza en terrenos de gran pendiente, es necesario proteger los suelos para impedir que se produzca socavación y se ponga en peligro la integridad física de la carretera. Para ello se construyen torrenteras, caídas y disipadores de energía. Al considerar los puentes y pontones como obras de drenaje mayor, el drenaje transversal queda compuesto por las alcantarillas, que son elementos propios principalmente del drenaje de vías rurales, aun cuando también se pueden encontrar en el drenaje urbano.

El sistema subsuperficial de drenaje, el subdrenaje puede estar presente en cualquier tipo de vía. Este está formado por capas de material granular filtrante y tuberías perforadas dispuestas para que puedan recolectar y disponer de manera conveniente las aguas presentes en el subsuelo.

Tabla 1: Estructuras que componen el sistema de drenaje vial

Estructuras que componen el sistema de drenaje vial		
DRENAJE URBANO	Superficie del pavimento	Pavimento drenante Bombeo
	Brocal cuneta	
	Sumideros	De ventana De rejilla
	Redes de tuberías	
	Subdrenajes	
DRENAJE RURAL	Superficie del Pavimento	Pavimento drenante Bombeo

Cont. Tabla No. 1 Estructuras que componen el sistema de drenaje vial		
DRENAJE RURAL	Pequeños canales	Canales Cunetas laterales Cunetas de coronación Torrenteras Caídas Disipadores de energía
	Alcantarillas	Cajones rectangulares Circulares de concreto
		<table border="1"> <tr> <td>Metálicas</td> <td> Circulares Abovedadas Corrugadas </td> </tr> </table>
Metálicas	Circulares Abovedadas Corrugadas	
Subdrenajes		

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Drenaje Vial para Ingenieros Viales. Manuel Bengaray (2001).

2.2.7. Criterios de diseño a considerar en el Drenaje Vial.

A la hora de proyectar el drenaje de una carretera deben tenerse presentes una serie de factores que influyen directamente en el tipo de sistema más adecuado, así como en su posterior funcionalidad. Lo más destacados son:

✓ **Factores topográficos:** dentro de este grupo se engloban circunstancias de tipo físico, tales como la ubicación de la carretera respecto al terreno natural contiguo en desmonte, terraplén o a media ladera, la tipología del relieve existente llano, ondulado o accidentado, o la disposición de sus pendientes en la vía.

✓ **Factores hidrológicos:** hacen referencia al área de la cuenca de recepción y aporte de agua superficiales que afecta directamente a la carretera, así como a la presencia, nivel y caudal de las aguas subsuperficiales y subterráneas que puedan infiltrarse en las capas interiores del firme.

✓ **Factores geotécnicos:** la naturaleza y características de los suelos existentes en la zona condiciona la facilidad con la que el agua puede llegar a la vía desde su punto de origen. Las propiedades a considerar son aquellas que afectan a su permeabilidad, homogeneidad, estratificación o compacidad, influyendo también la existencia de vegetación.

Una vez sopesados los factores antes mencionados se procede al diseño de

la red de drenaje, que deberá cumplir los siguientes objetivos:

- Evacuar de manera eficaz y lo más rápidamente posible el agua caída sobre la superficie de rodadura y los taludes de explanación contiguos a ella. Por supuesto, se deberá evitar la inundación de los tramos más abatidos de la vía.
- Alejar el agua freática, así como los posibles acuíferos existentes, empleando para ello sistemas de subdrenaje.
- Prestar especial atención a los cauces naturales, disponiendo de obras de drenajes que no disminuyan su sección crítica para periodos de retorno razonables. Debe considerarse que las crecientes o avenidas son la principal causa mundial de colapso de puentes.
- También debe cuidarse el aspecto ambiental, procurando que produzca el menor daño posible al entorno.

Todos los puntos anteriores están sujetos a la economía de la obra, por lo que la solución adoptada debe tener en cuenta dos condicionantes adicionales:

- El costo inicial de construcción e implantación del sistema de drenaje.
- Los costos de reparación y mantenimiento de la infraestructura de drenaje a lo largo de la vida útil de la vialidad.

2.2.8. Daños causados por el agua en la vialidad.

Se dice, con razón, que el peor enemigo de las carreteras es el agua. En efecto, tanto las aguas superficiales como las subsuperficiales causan grandes daños a las estructuras. A continuación, se describirán algunos de esos daños:

✓ **Daños a las laderas:** la escorrentía superficial, cuyo curso puede ser modificado por la construcción de la carretera, tal vez socave las laderas naturales produciendo cárcavas que pongan en peligro la integridad física de la vía, por lo cual hay que disponer estructuras que eviten estos daños.

También puede ocurrir que la napa, freática sea muy superficial o resulte modificada por la construcción de la carretera, lo cual puede provocar

deslizamientos durante la vida útil de la vía.

✓ **Daños a los taludes:** para construir la plataforma de una carretera es necesario cortar las laderas. Cuando el nivel freático está muy superficial, la presión en la cara del talud, que antes pertenecía a la parte interior de la masa de tierra, se transforma en la presión atmosférica. Ello provoca un mayor gradiente hidráulico, lo que acelera la velocidad del agua que, en consecuencia, arrastra partículas de suelo cada vez de mayor tamaño, pudiendo provocar la inestabilidad del talud. En los terraplenes, la saturación del material produce fallas semejantes a las de un deslizamiento de tierras. Los muros de contención construidos para garantizar la estabilidad de los taludes también pueden sufrir con la presencia de agua ya que, si el suelo está saturado por la falta de un subdrenaje adecuado, el empuje de tierras se transforma en presión hidrostática, pudiendo provocar la falla del muro.

✓ **Daños a los pavimentos:** El agua se encuentra presente en casi todas las fallas de los pavimentos como posible agente de las mismas. De igual forma se puede observar que las fallas por desintegración del pavimento, los agrietamientos, la inestabilidad y las deformaciones, que pueden llegar al colapso, pueden ser causadas por un mal sistema de drenaje.

Los pavimentos sufren daños por la presencia de agua en la subrasante, la subbase, la base y la superficie externa, siendo sus principales enemigos las acciones erosivas y la presión de poros. Puesto que el peso unitario seco es mayor que el peso unitario sumergido, la saturación de la subrasante, la subbase o la base de los pavimentos provoca un efecto de flotación en las partículas del material que induce el movimiento de las mismas y la consiguiente erosión en las uniones entre diferentes pavimentos y bases. Ello, a su vez, produce el fenómeno denominado bombeo, donde el agua se deposita en las cavidades formadas bajo el pavimento por la migración de los finos y, cuando el paso de un vehículo aplica una presión sobre ella, sale por las grietas del pavimento asfáltico o por las juntas del pavimento rígido. La repetición de este proceso provoca un aumento en la intensidad del fenómeno comparable con el golpe de ariete.

El agua también hace que el aumento de la presión neutra provoque la disminución de la presión efectiva y, con ello, que la subrasante, la subbase y la base pierdan capacidad portante. Puesto que el pavimento (subbase, base y capa de rodamiento) va apoyado sobre la subrasante, la saturación de esta produce deformaciones que lo llevan al colapso, ya que no está diseñado para soportar esfuerzos cortantes. Por otra parte, la capilaridad también provoca presiones que le pueden causar daños. Estos fenómenos se presentan tanto en las grietas del pavimento asfáltico como en la superficie de contacto entre diferentes capas del mismo y entre él y la base.

El agua depositada en las grietas del pavimento contribuye a la aparición de grietas de contracción, la oxidación del asfalto y la pérdida de flexibilidad e impide el autosellado de las microgrietas al introducir arcillas en ellas, lo que puede producir la rotura en pedazos irregulares de varias de sus capas. Produce también la pérdida de cohesión en las bases mejoradas como, por ejemplo, el suelo-cemento.

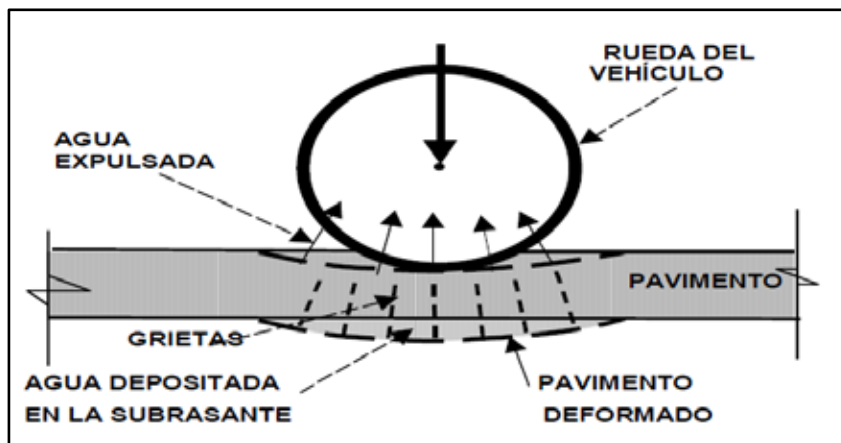


Figura 4: Fenómeno de bombeo en los pavimentos

Fuente: Drenaje Vial para Ingenieros Viales. Manuel Bengaray (2001).

✓ **Inundaciones:** en muchas oportunidades, las obras viales modifican el patrón de drenaje de una zona o interrumpen los cursos de agua, lo que obliga construir estructuras hidráulicas que permitan el correcto drenaje de la zona. Si no se disponen las estructuras adecuadas, en el sitio a adecuado con las dimensiones necesarias, la carretera pagará las consecuencias, pues se pueden producir daños que van desde la destrucción de una parte de la carretera hasta la

inundación de terrenos aledaños, con consecuencias imprevisibles.

✓ **Inconvenientes con el tránsito:** como ya se indicó, las carreteras se construyen con el fin de brindar un servicio de transporte eficiente y económico a la población, por lo que el Estado debe ofrecer vías que, bajo cualquier condición climática, funcionen en las condiciones para las cuales fueron proyectadas.

El agua produce varios inconvenientes al tránsito. Si se deja que alcance niveles altos sobre la superficie de rodamiento, se corre el peligro de salpicar a los otros vehículos, privándoles momentáneamente de visibilidad. Si el nivel es lo suficientemente alto, puede provocar la pérdida de los frenos y, si se circula a cierta velocidad, puede mojar el sistema eléctrico e interrumpir el funcionamiento del motor.

Aunque el agua no llegue a niveles tan altos como los descritos, si no es desalojada rápidamente de la superficie de rodamiento puede formar una película entre el pavimento y el neumático que actúa como un lubricante y provoca aquaplaning o deslizamiento del vehículo, con la posibilidad de accidentes graves.

En las vías urbanas el agua se recoge en el borde del pavimento mediante el llamado brocal-cuneta. Si el ancho de inundación que produce este brocal-cuneta es excesivo, puede dejar de funcionar uno de los canales de circulación, provocando una disminución de la capacidad de las vías y los consiguientes congestionamientos del tránsito.

Así pues, se puede llegar a la conclusión de que el sistema de drenaje es imprescindible tanto para garantizar la integridad física de las vías de comunicación como para asegurar un transporte rápido, cómodo y económico de bienes y personas.

2.2.9. Drenaje Profundo (Subdrenaje).

Los subdrenajes son sistemas que se utilizan para retirar el agua infiltrada o subterránea que ha entrado en la estructura. También existen métodos que evitan la

entrada de agua a la estructura de un pavimento, estos son básicamente los que manejan el agua de esorrentía como son: zanjas de coronación o cunetas de coronamiento, trincheras drenantes, cunetas, etc.

El drenaje subterráneo o subdrenaje tiene por objeto disminuir o eliminar la acumulación de agua producto de la lluvia en las carreteras para luego conducirlos a lugares donde es dispuesta adecuadamente sin causar mayores afectaciones, este tipo de obras protege el suelo de la erosión interna y simultáneamente permite el paso del agua a través del mismo, es utilizado para garantizar la durabilidad de las estructuras de pavimento ya que el exceso de agua presente en el suelo genera daños al mismo acortando la vida útil de la carretera, cumple la función de garantizar la estabilidad de estructura base de la vialidad y de los taludes de la carretera, lo cual se consigue interceptando los flujos subterráneos y haciendo descender el nivel freático.

2.2.10 Tipos de Subdrenaje.

Es evidente la existencia de variaciones en cada tipo de terreno y circunstancias diferentes para cada zona donde se realiza una obra, por ello es necesario obtener toda la información correspondiente a los ensayos previos de suelo y especificaciones de la zona para así garantizar que el tipo de diseño de subdrenaje escogido sea adecuado y funcione de manera óptima según los estándares y normas de diseño, como resultado de esto se encuentran los tipos de subdrenajes descritos a continuación.

2.2.11. Subdrenaje Tradicional.

También llamado dren francés, son subdrenajes laterales para carreteras. Estos drenajes son adecuados cuando la única pendiente disponible en la vía es el bombeo o los peraltes, o cuando la pendiente longitudinal es menor o igual a la pendiente transversal (bombeo o peralte). El caso límite para usar drenajes laterales es cuando dichas pendientes se igualan, por lo tanto, el agua corre formando un ángulo de 45° con el eje. El dren tradicional está conformado por una grava seleccionada envuelta en geotextil, con o sin la inclusión de una tubería perforada. El tiempo de estancia del agua en el dren debe ser suficientemente alto y la velocidad del agua suficientemente lenta para que exista infiltración a través del geotextil. De esta manera, en algunos drenes no

es necesario dirigir el agua hasta el punto de vertido, pues al cabo de una cierta longitud se ha infiltrado totalmente.

A veces se omiten los tubos de drenaje, en cuyo caso la parte inferior de la zanja queda completamente rellena de material drenante, constituyendo entonces el denominado dren ciego o dren francés. En estos drenes el material que ocupa el centro de la zanja es piedra gruesa, cuando existe peligro de migración del suelo, que rodea la zanja hacia el interior de la misma, se deberá disponer de un filtro normalmente geotextil, protegiendo el material drenante. (Ver Figura 5).

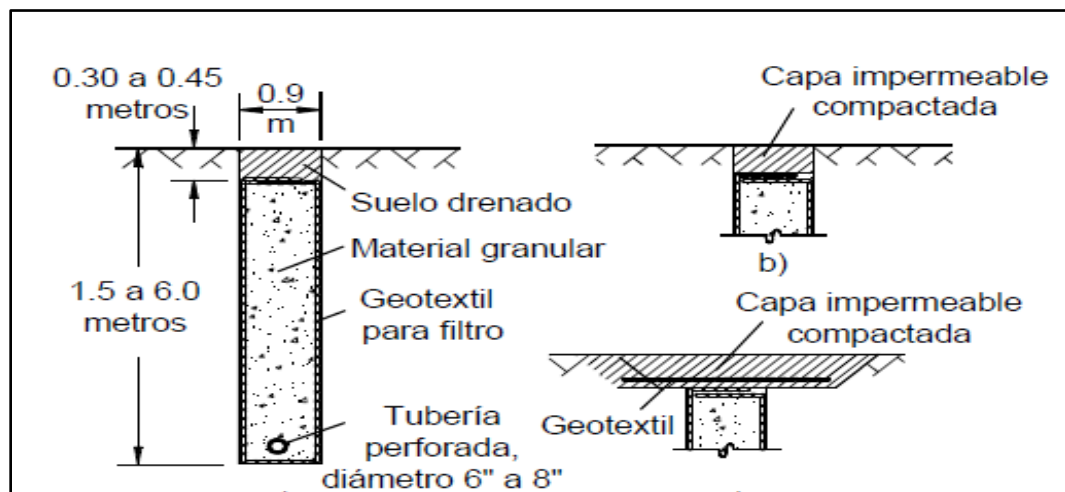


Figura 5: Detalle típico de un subdren de zanja.

Fuente: Cornforth (2005)

2.2.12. Geodrén Vial.

Es un sistema integral de captación, conducción y evacuación de fluidos que está compuesto por un geodrén planar y una tubería corrugada de drenaje. Este sistema es resistente a la corrosión y no sufre ningún tipo de degradación por efecto de los agentes bioquímicos presentes en el ambiente. Este dren es una alternativa al sistema de drenaje tradicional, se puede instalar en contacto directo con una de las paredes de la excavación, dependiendo de la dirección del flujo.

Para lograr un buen diseño de un sistema de drenaje usando geodrén, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

- Establecer el sitio o los sitios más convenientes en donde se requieran captar los fluidos.
- Estimar el caudal crítico para un tramo de diseño, el cual es la sumatoria de los caudales de aporte que provienen del agua subterránea e infiltrada superficialmente.
- Establecer el geotextil a usar en el sistema de filtración. El uso de los geotextiles ha venido desplazando los sistemas tradicionales de filtración, debido principalmente al aumento de la vida útil del sistema de drenaje, facilidad de instalación y reducción de los costos totales de la construcción.
- Establecer el número de geo-redes necesarias que sean capaces de conducir el caudal de diseño.
- Establecer el sistema de descarga adecuada del flujo de agua que capta el geodrén. Es necesario que este sistema sea un tubo especial para drenaje.

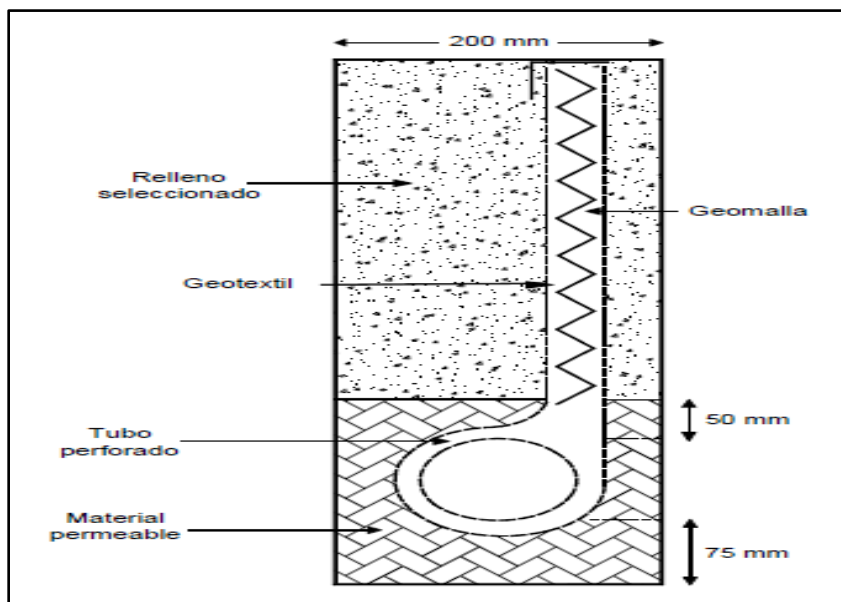


Figura 6: Detalle típico de un Geodrén Planar

Fuente: Cornforth (2005).

2.2.13. Drenes de penetración transversal.

Los mecanismos bajo los cuales el agua satura los suelos que quedan a los lados de un corte que se realicen durante la construcción de una vía terrestre, pueden influir desfavorablemente en la estabilidad de sus taludes, estos ponen en riesgo el equilibrio de una ladera natural a través de la que se establezca un flujo. Es de esperarse que la presencia de agua en los taludes de cortes sea normal en todos los terrenos en el que el nivel freático no sea más profundo que la rasante de la vía, el corte es estable bajo unas determinadas condiciones de aguas subterráneas y bajo ciertas cargas hidráulicas, por lo tanto, si una carga adicional de agua corre hacia él puede generar condiciones de carga hidráulica que genera presiones neutrales que produzcan falla. Estos drenes tienen una longitud que varía entre 15 y 20 metros, las perforaciones en los tubos son de 4 milímetros de diámetro, ubicados cada 10 centímetros en ambos lados del tubo, alternando los ejes de las perforaciones de manera que sean perpendiculares entre sí, son resistentes a las presiones del material circundante (considerando los efectos durante la introducción de los tubos forrados a las perforaciones). Sin que se presenten desgarramientos del geotextil ni intrusiones del material en el tubo.

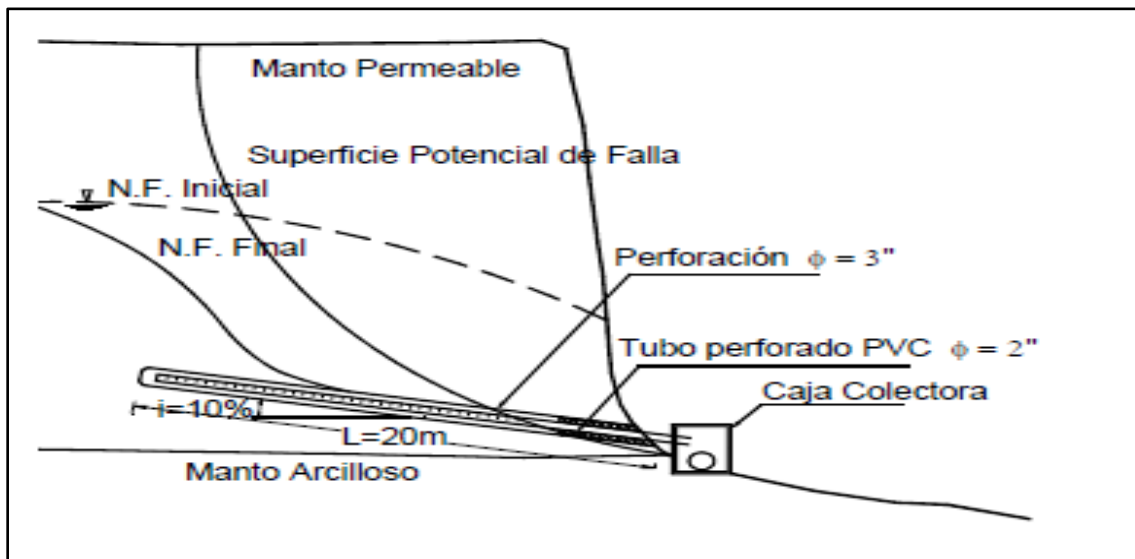


Figura 7: Detalle Típico de subdren horizontal o de penetración.

Fuente: Deslizamiento: Técnicas de Remediación. Suarez, J (2007).

2.2.14. Componentes del Sistema de Subdrenaje Pluvial.

Se debe garantizar la seguridad de todo tipo de obras civiles, conociendo el daño causado por la infiltración de aguas en estas, al no tener un adecuado sistema de subdrenaje se genera una amenaza hacia la estabilidad y el rendimiento de cualquier proyecto vial por lo cual se debe tener principal cuidado en los materiales involucrados en el diseño para asegurar correctamente las funciones de filtración y drenaje, aparte del material existen una serie de elementos y componentes que se deben tomar en cuenta a la hora de la realización de un sistema de subdrenaje pluvial, como lo son:

- Geotextiles.
- Geodrenes.
- Tuberías de drenaje.

2.2.15. Geotextiles.

El geotextil es un material textil sintético plano formado por fibras poliméricas, similar a una tela de gran deformidad, estas garantizan la capacidad de drenaje en su propio plano y además funcionan como un material de filtro y separación lo cual ayuda a evitar el paso de partículas y dejarle el paso libre al agua, estos cuentan con la ventaja de evitar la colmatación del material drenante y aumentan la capacidad de evacuación de los líquidos. Los geotextiles que se definen como un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural) que puede ser No Tejido, Tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas. Geotextil.

2.2.16. Clasificación de los geotextiles según su método de fabricación

2.2.17. Geotextil Tejido.

Son aquellos formados por cintas entrecruzadas en una máquina de tejer. Pueden ser Tejidos de calada o tricotados. Los Tejidos de calada son los formados por cintas de urdimbre (sentido longitudinal) y de trama (sentido transversal). Su resistencia a la tracción es de tipo biaxial (en los dos sentidos de su fabricación) y puede ser muy elevada (según las características de las cintas empleadas). Su estructura es plana.

Los tricotados están fabricados con hilo entrecruzado en máquinas de tejido de punto. Su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial según estén fabricados en máquinas tricotasas y circulares, o Ketten y Raschel. Su estructura es tridimensional.

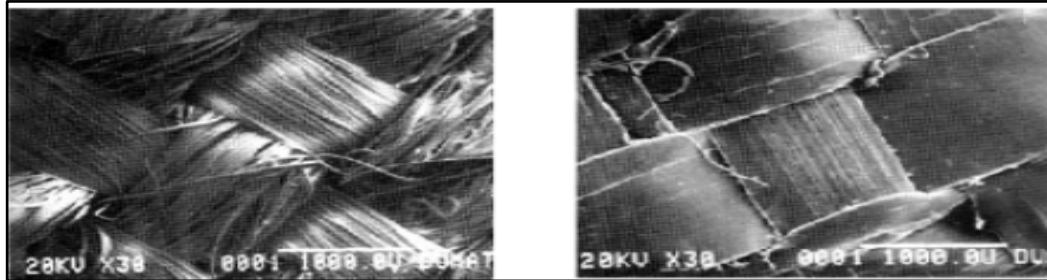


Figura 8: Vista macroscópica de algunos tipos de geotextiles tejidos

Fuente: Manual de diseño con geosintéticos. PAVCO (2012).

2.2.18 Geotextil No Tejido.

Están formados por fibras o filamentos superpuestos en forma laminar, consolidándose esta estructura por distintos sistemas según cual sea el sistema empleado para unir los filamentos o fibras. Los geotextiles No Tejidos se clasifican a su vez en:

- Geotextiles No Tejidos ligados mecánicamente o punzonados por agujas.
- Geotextiles No Tejidos ligados térmicamente o termosoldados.
- Geotextiles No Tejidos ligados químicamente o resinados.

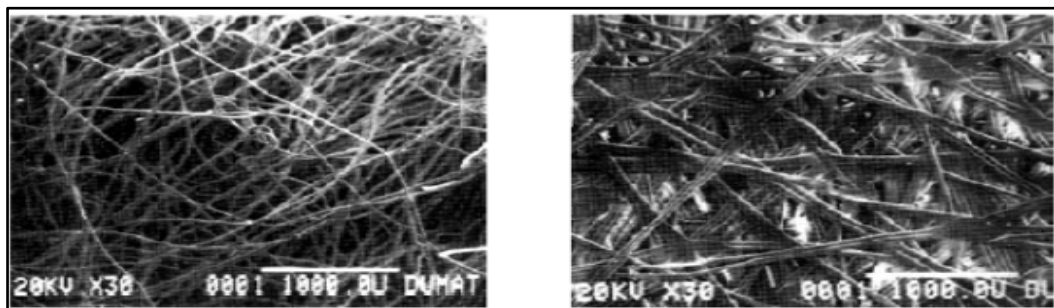


Figura 9: Vista macroscópica de algunos tipos de geotextiles no tejidos.

Fuente: Manual de diseño con geosintéticos. PAVCO (2012)

2.2.19 Clasificación de los geotextiles según su composición.

Según su composición las fibras que más se emplean son las sintéticas, siendo por ello que siempre se tiende a asociar al geotextil con fibras o filamentos sintéticos. Sin

embargo, al existir gran diversidad de aplicaciones, también se fabrican con fibras naturales y artificiales.

2.2.20. Fibras naturales.

Pueden ser de origen animal (lana, seda, pelos), vegetal (algodón, yute, coco, lino) que se utilizan para la fabricación de geotextiles biodegradables utilizados en la revegetación de taludes, por ejemplo, en márgenes de ríos etc.

✓ **Fibras artificiales.**

Son las derivadas de la celulosa. Son el rayón, la viscosa y el acetato.

✓ **Fibras sintéticas**

Cuando al geotextil se le exige durabilidad, se fabrica con fibras o filamentos obtenidos de polímeros sintéticos. Los geotextiles fabricados con estos polímeros son de gran durabilidad y resistentes a los ataques de microorganismos y bacterias. Los más empleados son el polipropileno, poliéster, polietileno, poliamida y poliacrílico.

2.2.21 Funciones de los geotextiles.

El uso de los geotextiles Tejidos y No Tejidos en los diferentes campos de aplicación pueden definirse mediante las funciones que va a desempeñar. En la mayoría de las aplicaciones el geotextil puede cumplir simultáneamente varias funciones, aunque siempre existirá una principal que determine la elección del tipo de geotextil que se debe utilizar.

A continuación, se describen las distintas funciones que pueden desempeñar los geotextiles, así como las exigencias mecánicas e hidráulicas necesarias para su desarrollo:

✓ **Función de separación.**

Esta función, desempeñada por los geotextiles consiste en la separación de dos capas de suelo de diferentes propiedades geomecánicas (granulometría, densidad, capacidad, etc.) evitando permanentemente la mezcla de material.

✓ **Función refuerzo.**

En esta función se aprovecha el comportamiento a tracción del geotextil para trabajar como complemento de las propiedades mecánicas del suelo, con el fin de

controlan los esfuerzos transmitidos tanto en la fase de construcción como en la de servicio de las estructuras. El geotextil actúa como un elemento estructural y de confinamiento de los granos del suelo, permitiendo difundir y repartir las tensiones locales. Estas acciones aumentan la capacidad portante y la estabilidad de la construcción.

✓ **Función de drenaje.**

Consiste en la captación y conducción de fluidos y gases en el plano del geotextil. La efectividad del drenaje de un suelo dependerá de la capacidad de drenaje del geotextil empleado y del gradiente de presiones a lo largo del camino de evacuación del fluido.

Para realizar el drenaje satisfactoriamente el espesor debe ser suficiente al aumentar la tensión normal al plano de conducción. Adicionalmente el geotextil debe impedir el lavado o transporte de partículas finas, las cuales, al depositarse en él, reducen su permeabilidad horizontal. Además, debe garantizar el transporte de agua en su plano sin ocasionar grandes pérdidas de presión. Se usan como:

✓ **Función filtro.**

Esta función impide el paso a través del geotextil de determinadas partículas del terreno (según sea el tamaño de dichas partículas y el del poro del geotextil) sin impedir el paso de fluidos o gases. En la práctica se utiliza el geotextil como filtro en muchos sistemas de drenaje. En los embalses con sistema de drenaje en la base, a fin de localizar posibles fugas, se utiliza como filtro en los tubos de drenaje a fin de evitar el taponamiento de los orificios de drenaje de dichos tubos.

✓ **Función protección.**

Previene o limita un posible deterioro en un sistema geotécnico. En los embalses impermeabilizados este sistema geotécnico se denomina pantalla impermeabilizante y está formado por el geotextil y la geomembrana.

El geotextil protege a la geomembrana de posibles perforaciones o roturas, al formar una barrera antipunzonante bajo la acción de la presión de la columna de agua durante la explotación del embalse, del paso de personal y maquinaria durante la

construcción, mantenimiento, posibles reparaciones, etc. También evita las perforaciones que podría ocasionar el crecimiento de plantas debajo de la pantalla impermeabilizante. De igual forma, protege a la Geomembrana del rozamiento con el soporte que se produce durante las sucesivas dilataciones y contracciones que experimenta por efecto de las variaciones térmicas. La lámina impermeabilizante se adapta a las irregularidades del terreno.

Las irregularidades pronunciadas implican una tensión en la lámina la cual a su vez causa una pérdida de espesor en la misma dando origen a puntos débiles en los que se podrían producir posibles perforaciones o roturas causadas por objetos punzantes del terreno. La interposición del geotextil evitará la pérdida de estanqueidad que se produciría por todas estas causas.

✓ **Función de impermeabilización.**

Esta función se consigue desarrollar mediante la impregnación del geotextil con asfalto u otro material impermeabilizante sintético. El geotextil debe tener la resistencia y rigidez necesaria para la colocación del mismo, así como la capacidad de deformación suficiente para compensar las tensiones térmicas.

2.2.22 Importancia de un sistema de subdrenaje

El buen diseño de un sistema de subdrenaje que involucre la utilización de geotextiles, en las obras civiles, será sin lugar a duda, un aporte fundamental en la calidad de dichas obras, ya que el exceso de agua en algunos suelos, especialmente los de grano fino, afecta los parámetros de resistencia, susceptibilidad en los cambios volumétricos y los mecanismos de transmisión de presiones aplicadas.

Un sistema de drenaje subsuperficial eficiente y estable, es necesario que esté compuesto por un medio filtrante y otro drenante. Entendiendo por medio filtrante, el elemento que retiene el suelo, pero permite el paso del agua, función que desempeña el geotextil. El medio drenante es el encargado de transportar el agua que pasa a través del filtro, función que desempeña cualquier medio poroso que bien puede ser natural o sintético. Un sistema de drenaje es la suma de los dos procesos anteriores.

2.2.23 Aspectos fundamentales de un sistema de subdrenaje

Para lograr el buen diseño de un subdrenaje, se debe tener en cuenta cuatro aspectos fundamentales:

✓ Determinar la ubicación y profundidad de las líneas de subdrenaje o subdrenes, que pueden correr longitudinal o transversalmente con respecto al eje de la vía. También es conveniente tener en cuenta el diseño de sistemas de captación de agua, que aseguren la rápida llegada del agua al subdren, verificando la velocidad de llegada.

✓ Estimar el caudal más crítico, para una longitud de diseño, el cual es la sumatoria de los caudales de aporte, que provienen del agua subterránea y del agua infiltrada. El agua de infiltración proviene de aguas de lluvia, que se infiltra directamente a través de la carpeta del pavimento a través del suelo aledaño al tramo de vía en consideración.

✓ Dimensionar la sección transversal del subdrenaje capaz de conducir la suma de los caudales de aporte, con una velocidad de evacuación adecuada.

✓ Tener un buen sistema de filtración, lo cual asegura una mayor vida útil del sistema de drenaje y por consiguiente de la estructura del pavimento. El uso de los geotextiles ha venido desplazando los sistemas tradicionales de filtración, debido principalmente al aumento de la vida útil del sistema de drenaje, facilidad de instalación, reducción de costos totales de la construcción y en general por ser un sistema constructivo ambientalmente eficiente.

2.2.24 Metodología de diseño de subdrenajes.

Las líneas de subdrenaje, deben correr de tal manera que intercepten el agua lo más perpendicular posible. Lo anterior quiere decir, que en tramos donde la pendiente longitudinal sea mayor que la pendiente de bombeo, es más eficiente colocar subdrenajes transversales. Esto debido a que el agua se moverá en dirección de la suma vectorial o resultante de las pendientes.

Para ello se deben tomar en cuenta una serie de variables y consideraciones referentes a la mecánica de los suelos, el comportamiento del agua del suelo, el mecanismo de interacción suelo-estructura y el movimiento del agua en el mismo.

Por ejemplo, en un tramo con una pendiente longitudinal del 4% y una pendiente de bombeo del 2%, la resultante forma un ángulo de 63 grados con respecto al eje horizontal, en esa dirección se moverá el agua, ver Figura 9. Si este ángulo es menor a 45 grados las líneas de subdrenaje deben correr paralelas al eje (subdrenes longitudinales), si es mayor a 45 grados las líneas de subdrenaje deben correr normal al eje (subdrenes transversales).

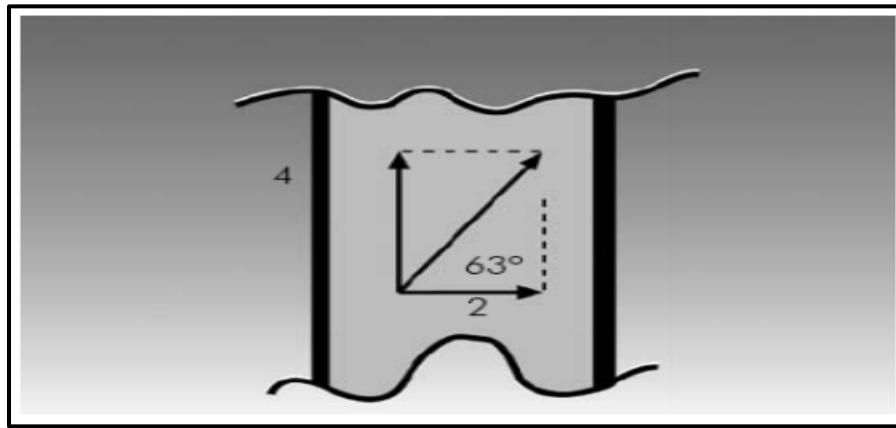


Figura 10: Vista Esquemática del Movimiento del Agua en los Subdrenes.

Fuente: Manual de diseño con geosintéticos. PAVCO (2012).

2.2.25 Estimación del caudal de diseño de sistema de subdrenaje empleando drenes laterales.

Para diseñar subdrenes laterales en una vía, se debe considerar primero la distancia entre alcantarillas, o los sitios donde los subdrenes realizan la descarga del agua. Para establecer las distancias de los tramos de los subdrenes, se debe tener en cuenta que cada tramo conserve, en lo posible, características similares o condiciones geométricas de la vía similar. Por ejemplo, igual pendiente, condiciones geomorfológicas similares o condiciones geométricas de la vía similar. Entre más largo sea el recorrido de agua dentro de un subdren, mayor tendrá que ser su capacidad de transporte, debido a que a lo largo del subdren se van sumando caudales de aporte.

Los posibles caudales de aporte, que conforman el caudal final, los cuales pueden afectar la estructura de un pavimento son:

- El caudal generado por la infiltración de agua de lluvia.

- El caudal generado por abatimiento del nivel de agua subterránea.
- El caudal proveniente de escorrentía superficial.

2.2.26. Caudal de infiltración.

El agua de lluvia cae directamente en la carpeta del pavimento. Una parte de ésta inevitablemente se infiltra en la estructura del pavimento debido a que las carpetas de pavimento, tanto rígido como flexible, no son impermeables.

El caudal de infiltración se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{inf} = I_R$$

TIPO DE CARPETA	Fr
Bases de gradación abierta, en servicio menos de 5 años	1/2

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en el Manual de diseño con geosintéticos. PAVCO (2012)

2.2.27. Caudal de abatimiento por nivel freático

En sitios donde se encuentre nivel freático a una altura tal, que afecte la estructura del pavimento, es necesario abatir este nivel de manera que no genere inconvenientes por exceso de agua.

El cálculo de este caudal se basa en los siguientes parámetros:

$$Q_{NF} = K \ i \ A_a$$

$$i = \frac{N_d - N_f}{B}$$

$$A_a = (N_d - N_f) \ L$$

Dónde:

K : Coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente (cm/s ÷ m/s).

i : Gradiente hidráulico.

N_d : Cota inferior del subdren (m). (Ver Figura 10).

N_f : Cota superior del nivel freático (cm). (Ver Figura 10).

A_a : Área efectiva para el caso de abatimiento del nivel freático (m²).

L : Longitud del tramo de drenaje (m).

Una vez estimados los caudales de aporte al sistema se obtiene el caudal de diseño:

$$Q_t = Q_{inf} + Q_{NF}$$

Cabe recalcar que el caudal por abatimiento del nivel freático en la mayoría de los casos se presenta a los dos lados de la sección transversal del subdren, el caudal de diseño (Q_{NF}) debe ser duplicado.

2.2.28. Caudal de abatimiento por escorrentía superficial.

Este caudal puede ser controlado con métodos de captación, de manera tal, que se minimice la entrada a la estructura del pavimento. En tramos en donde se considere el caudal de agua infiltrada proveniente de escorrentía como un caudal de aporte, se

debe estimar teniendo en cuenta los métodos hidrológicos aplicables para dicho caso y ser considerado en el diseño.

2.2.29. Dimensionamiento de la sección transversal de un sistema de subdrenaje empleando drenes laterales.

Teniendo en cuenta el caudal final Q_T , el cual es la suma de los caudales calculados, se realiza el siguiente procedimiento con la ecuación de continuidad:

$$Q_T = V \ i \ A$$

Dónde:

Q_T = Caudal total.

V = Velocidad de flujo, la cual depende de la pendiente longitudinal y del tamaño del agregado usado en el subdren.

i = Gradiente hidráulico que para el caso de subdrenes es = 1.

A = Área de la sección transversal del subdren, normalmente se fija el ancho y se despeja su altura.

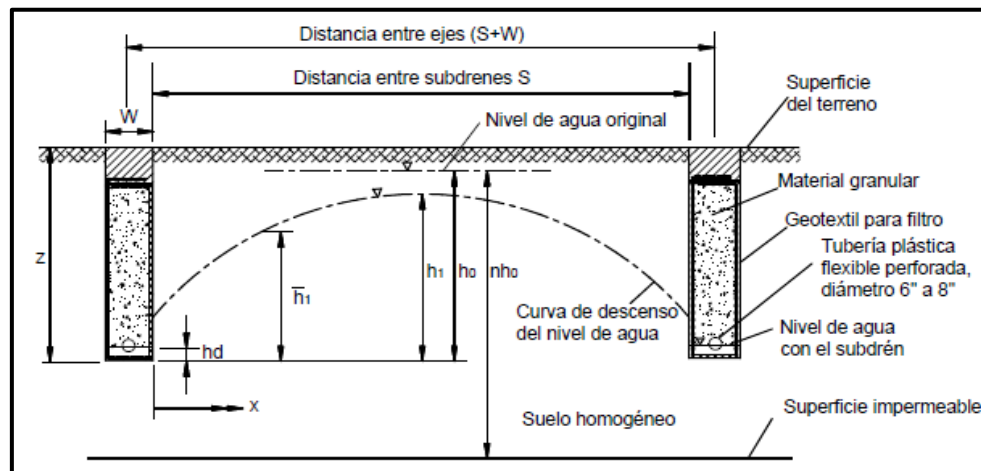


Figura 11: Sección transversal de subdrenaje en una vía

Fuente: Manual de diseño con geosintéticos. Cornforth (2005)

Una vez obtenida la sección transversal del subdren, se puede calcular su perímetro. La longitud de desarrollo del geotextil corresponde al perímetro más el traslape (0.25 m – 0.35 m). Para el caso en que se necesite aumentar la eficiencia de los subdrenes es recomendable usar tubería perforada, forrada con geotextil, dentro del

subdren, de esta manera se aumenta la eficiencia de drenaje, permitiendo el paso a un caudal mayor en una misma sección transversal. El diámetro de la tubería a usar se puede estimar haciendo uso de la ecuación de Manning. Por tanteo se asume un diámetro de tubería y se rectifica si cumple la siguiente igualdad:

$$Q_T = \left(\frac{1}{n}\right) A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

Q_T = Caudal total calculado.

n = Coeficiente de Manning. Para tubería perforada usualmente es 0.013.

A = Área del tubo.

R = AT/Pt (Área total / Perímetro total) A tubo lleno.

R = Pendiente del subdren.

La línea superior de flujo o nivel freático no debe superar en ningún momento la cota de subrasante, con este criterio se debe establecer la profundidad mínima de diseño del subdren N_d .

2.2.30. Sostenibilidad.

Brundtland (1987) asegura que el desarrollo es sostenible cuando se garantiza “Asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”. De esta manera se evidencia que, en el ámbito de la construcción, debe prevalecer dicho precepto, debido a que las generaciones venideras deben tener garantizados los mismos derechos fundamentales de la generación actual, para así preservar la calidad de vida del ser humano. A raíz de esto se origina un concepto específico enfocado al ámbito de la construcción, por lo que, Ramírez (2002) define a la construcción sostenible como:

“Aquella que, teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales”.

De esta manera, queda evidenciada la importancia de emplear las técnicas y mecanismos para que la construcción sea considerada sostenible. Es fundamental realizar un uso eficiente de los recursos que se disponen, ya sean naturales o manufacturados, para reducir el impacto que pudiera generar el desperdicio y mal uso de ellos.

2.2.31. Factibilidad.

Según Varela (2015) “Se entiende por Factibilidad las posibilidades que tiene de lograrse un determinado proyecto”, por consiguiente, antes de realizar inversiones cuantiosas en un proyecto de gran envergadura, es de vital importancia realizar un estudio que avale la factibilidad de dicho proyecto, para así asegurar que los recursos no sean desperdiciados.

Es importante destacar que el estudio de factibilidad está enfocado a evaluar tres aspectos fundamentales, los cuales son el aspecto económico, técnico y ambiental. Varela (1997) explica que dentro de los estudios económicos “Se pueden incluir el análisis de costo y beneficios asociados con cada alternativa del proyecto” lo cual permite comparar cada una de las propuestas y seleccionar la más adecuada en función de la mejor relación “costo-beneficio”.

Por otra parte, los estudios técnicos se encargan, según Baca (2001) de contestar “Preguntas referentes a donde, cuando, cuanto, como y con qué producir lo que se desea, por lo que el aspecto técnico operativo de un proyecto comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del propio proyecto”. Por lo cual, el estudio técnico definirá si es posible realizar el proyecto desde el punto de vista operacional.

Además de los estudios técnicos y económicos, es necesario realizar el estudio de factibilidad ambiental para determinar si el proyecto en cuestión cumple con las limitantes establecidas por los entes reguladores del ambiente, según Vega (2016) algunos de los factores que se consideran en esta clase de estudio son los “Culturales, sociales, políticos, legales, históricos, territoriales y medio ambientales de la zona, y las restricciones que estas características traen consigo”.

2.2.32. Impacto Ambiental.

El impacto ambiental de las vías y los sistemas de drenaje, se inician desde su construcción, por los cortes, pérdidas del suelo vegetal, taludes y nivelaciones del terreno, que son alteraciones permanentes casi imposibles de remediar. También existe la consecuente modificación de patrones naturales de drenaje como pueden ser cambios en la elevación de las aguas subterráneas, deslaves, erosión y sedimentación del terreno, degradación del paisaje e interferencia con la movilización de animales silvestres.

Para la construcción de una carretera, el 100% de los materiales utilizados, son recursos naturales no renovables que provienen de fuentes minerales cuya extracción daña a los ecosistemas.

El impacto ambiental del agua sobre estructuras de drenaje o subdrenaje puede ser afectada en sus propiedades fisicoquímicas por las descargas de los residuos sólidos generados en las diferentes etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento y el abandono de las estructuras drenantes.

2.3 Bases Legales.

Según Villafranca D. (2002) “Las bases legales no son más que se leyes que sustentan de forma legal el desarrollo del proyecto” explica que las bases legales “Son leyes, reglamentos y normas necesarias en algunas investigaciones cuyo tema así lo amerite”. En el siguiente texto se explicarán artículos de diferentes leyes que respaldan de forma legal el progreso de dicho proyecto.

El Congreso de la República de Venezuela, realizó la Ley Orgánica de Ordenación Urbanista (1987), que como señala el artículo 1:

“La presente Ley tiene por objeto la ordenación del desarrollo urbanístico en todo el territorio nacional con el fin de procurar el crecimiento armónico de los centros poblados. El desarrollo urbanístico salvaguarda los recursos ambientales y la calidad de vida en los centros urbanos”.

En el artículo se señala el objetivo principal de dicha ley, brindar calidad de vida, confort, seguridad y comodidad a los ciudadanos, además, resguardar el medio ambiente. La Gestión Ambiental es de suma importancia al realizar un proyecto civil,

de igual manera que la ordenación urbanística, así como lo marca el artículo 2 de la misma ley “La ordenación urbanística comprende el conjunto de acciones y regulaciones tendentes a la planificación, desarrollo, conservación y renovación de los centros poblados”.

En la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). Esta representa la mayor de las leyes aplicadas dentro de la propuesta de mejoramiento en los sistemas de drenaje urbano, en su artículo 127 del Capítulo IX De los Derechos Ambientales expone:

“Artículo 127: es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bióticos regulará la materia”.

La Ley Orgánica del Ambiente:

Establece las disposiciones para la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del estado y de la sociedad, para contribuir a la seguridad y al logro del máximo bienestar de la población y al sostenimiento del planeta.

Con respecto a la ley de las aguas, donde refleja la prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes, El análisis de riesgos estará orientado a la prevención y control de inundaciones, inestabilidad de laderas, movimientos de masa, flujos torrenciales, sequías, subsidencia y otros eventos físicos que pudieran ocasionarse por efecto de las aguas, como lo establecen los artículos 14, 15 y 16.

2.3 Definición de Términos Básicos.

Anegamiento: inundación de un terreno agrícola ya sea por un aumento del nivel freático (capa superior del agua subterránea) o por una irrigación excesiva.

Ahuellamiento: es una forma de deterioro en la capa superficial de rodadura, asociada con las condiciones de carga y climáticas a las que está sometido el pavimento.

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

Capacidad de infiltración: velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo La capacidad de infiltración depende de muchos factores; un suelo desagregado y permeable tendrá una capacidad de infiltración mayor en relación a un suelo arcilloso y compacto.

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

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

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

Erosión: es el desgaste que se produce en la superficie de un cuerpo por la acción de agentes externos o por la fricción continua de otros cuerpos.

Escurrimiento: se refiere al volumen de las precipitaciones que cae sobre una cuenca, va en función de la intensidad de la precipitación y la permeabilidad del suelo.

Escurrimiento superficial: ocurre cuando el agua entra en el canal o estructura de captación luego de haber recorrido la superficie del suelo en ruta hacia el canal. El escurrimiento va siempre en retraso de las características del área drenable, es decir, el escurrimiento es un componente residual de la lluvia.

Estancamiento: Efecto de estancar. Excesos de agua acumulada.

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

Filtración: movimiento y paso de agua alrededor de estructuras.

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

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

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

Geomecánicas: implica el estudio geológico del comportamiento del suelo y rocas. Las dos principales disciplinas de la geomecánica son la mecánica de suelos y la mecánica de rocas.

Geomembrana: Son un recubrimiento, una membrana o barrera de muy baja permeabilidad aplicada a la ingeniería geotécnica para controlar la migración de fluidos.

Geotextil: material textil sintético plano, formado por fibras de diferentes materiales (vegetales, artificiales, sintéticos).

Granulometría: Relación de porcentajes en que se encuentran los distintos tamaños de granos de un árido respecto al total. El tamaño de los granos del suelo tiene una gran influencia sobre la compacidad, impermeabilidad y resistencias mecánicas.

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

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

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

Nivel freático: Lugar geométrico de los puntos donde la presión del agua es la atmosférica. Por debajo de él, las presiones son positivas (agua freática) y por encima negativas (agua capilar, si está en comunicación con el agua freática, o agua de contacto si no lo está).

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

Pendiente: cuesta o declive de un terreno.

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

Permeabilidad: Capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable.

Punzonamiento: Es un esfuerzo producido por tracciones en una pieza debidas a los esfuerzos tangenciales originados por una carga localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de hormigón, alrededor de su soporte.

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

Subdrenaje: Es todo tipo de maniobras y materiales destinados a controlar el flujo del agua de una obra vial, evitando que fluya hacia la superficie y así restringir los cambios volumétricos del material y orientar favorablemente las corrientes de filtración.

Tubificación: Se da cuando el agua reacciona con un suelo disolviendo sus partículas y generando un espacio hueco en una capa del suelo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se indican los procedimientos y métodos que se utilizarán para la ejecución de la investigación, con la finalidad de lograr los objetivos propuestos. Tamayo y Tamayo (2003) definen al marco metodológico como “Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”.

3.1 Tipo de la investigación.

A propósito de la tipología desarrollada en esta investigación conocida como proyecto factible (Balestrini, 2002; 9) menciona que “Los proyectos factibles son aquellos proyectos o investigaciones que proponen la formulación de modelos, sistemas entre otros, que dan soluciones a una realidad o problemática real planteada, la cual fue sometida con anterioridad o estudios de las necesidades a satisfacer”.

La investigación está enmarcada dentro de la modalidad de proyecto factible, el manual de trabajos de grado de especialización maestría y tesis doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (1.990), indica que un proyecto factible “Es una proposición sustentada en un modelo operativo factible, orientado a resolver un problema planteado o a satisfacer las necesidades en una institución o campo de interés nacional”. En la presente investigación se plantea el manejo de las aguas pluviales subsuperficiales, adicionalmente de proponer una opción adecuada para la implementación de un sistema de subdrenaje que se adecue en función de las variables presentes en el tramo de estudio.

Este proyecto se considera una investigación de un proyecto tipo factible, ya que el mismo es una propuesta viable, destinada para tener en cuenta necesidades específicas a partir de un análisis de la investigación.

3.2 Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación se refiere a las estrategias y herramientas que emplea el investigador para dar respuesta al planteamiento del problema, esto de acuerdo a lo expresado por Arias, F. (2006): “El diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental”. (p. 26)

En base a lo citado, la investigación en curso, se establece con un diseño documental, debido a que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos y electrónicos u otros tipos de documentos. De acuerdo con Arias, F. (2006), que expone: “Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”,

Del mismo modo se enmarca en un diseño de campo que Arias, F. (2006), lo define como:

Aquella que consiste en 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. De allí su carácter de investigación no experimental. (Pág. 31)

Lo que quiere decir que se adquieren los datos sin alterar ninguna de sus variables, empleando datos primarios tomados por los investigadores directamente y sin alterar sus variables.

Por lo tanto, bajo esta premisa se afirma que el presente proyecto de investigación responde a un diseño de Campo y Documental, dado que se efectuará el diagnóstico, análisis y estudio del tramo de la Ciclovía tramo e estudio Urbanización El Morro I- Urbanización El Remanso del Municipio San Diego, Estado Carabobo, en un momento específico del tiempo y sin llegar a modificar las condiciones ni procesos naturalmente existentes por cuanto en ningún momento se manipula la variable en estudio.

3.3 Nivel de investigación.

Para Fidias G. Arias (2012), el nivel de investigación responde al grado de desarrollo de conocimientos que se pretenda lograr con un trabajo científico, idea que complementan Baptista et al. (2014), señalando que también se ha de tomar en cuenta la calidad y profundidad de la información con que se cuente al inicio del proceso. De esta manera, existen tres niveles de investigación: descriptivo, explicativo y correlacional-causal (Baptista et al., 2014).

Este trabajo de grado desarrollado estará basado en una investigación descriptiva ya que se examinará un tema de investigación que ha sido poco estudiado y únicamente existen ideas vagas relacionadas con el tema.

3.4 Población y Muestra.

Tamayo y Tamayo, (2003), indican que “La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”. Sierra, (2004). “La muestra es un subconjunto de la población, es decir es una parte de la población. Debe ser representativa de la población de donde procede”. En algunos casos tanto la población como la muestra pueden ser la misma, esto ocurre por ser un objeto único de estudio. Respetando los planteamientos anteriores, se consideró como población y muestra para el siguiente trabajo de grado, a la ciclovía correspondiente al tramo Urb. El Morro I – Urb. El Remanso en el municipio San Diego, Estado Carabobo, la cual es el objeto de estudio para el diseño de un sistema de subdrenajes de aguas pluviales.

3.5 Técnicas de Recolección de Datos.

3.5.1 Observación Directa.

Es un método de recolección de datos que consiste básicamente en observar el objeto de estudio dentro de una situación particular. Todo esto se hace sin necesidad de intervenir o alterar el ambiente en el que se desenvuelve el objeto. De lo contrario, los datos que se obtengan no van a ser válidos.

Al respecto los autores (Hernández, Fernández y Baptista, 2006; 316), expresan que: “la observación directa consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conducta manifiesta”.

Para efectos de este estudio la observación directa tendrá como fin recolectar en primera persona por parte del investigador, todos los factores asociados a la situación planteada en el tramo en pesquisa.

3.5.2 Revisión Documental

Según Arias, F. (2006), lo define como: “El análisis documental es la operación que consiste en seleccionar las ideas informativamente relevantes de un documento a fin de expresar su contenido sin ambigüedades para recuperar la información en él contenida”.

A través del análisis documental, se recopiló la información con la cual se sustenta la investigación, por medio de artículos de prensa, estudios previos, leyes, decretos entre otros.

3.6 Técnica de Análisis de Datos.

3.6.1 Tabulación.

Para Sabino (1992) la tabulación “Significa hacer tablas, listados de datos que los muestren agrupados y contabilizados. Para ello es preciso contar cada una de las respuestas que aparecen, distribuyéndolas de acuerdo a las categorías o códigos previamente definidos” (p.141). Esta técnica resultó útil para el presente proyecto de investigación en la representación de los datos obtenidos mediante observación directa, revisión documental y levantamientos topográficos, por cuanto facilitó su comprensión y su uso como base para el trabajo.

3.7 Instrumentos de Recolección de Datos.

3.7.1 Google Earth.

Google Earth permite introducir el nombre de un hotel, colegio o calle y obtener la dirección exacta, un plano o vista del lugar. También se pueden visualizar imágenes vía satélite del planeta. Ofrece características 3D como dar volumen a valles y montañas, y en algunas ciudades incluso se han modelado los edificios. La forma de

moverse en la pantalla es fácil e intuitiva, con cuadros de mandos sencillos y manejables.

Además, es posible compartir con otros usuarios enlaces, medir distancias geográficas, ver la altura de las montañas, ver fallas o volcanes y cambiar la vista tanto en horizontal como en vertical. Google Earth también dispone de conexión con GPS (Sistema de Posicionamiento Global), alimentación de datos desde fichero y base de datos en sus versiones de pago.

3.7.2 Microsoft Excel.

Excel es un programa informático desarrollado y distribuido por Microsoft Corp. Se trata de un software que permite realizar tareas contables y financieras gracias a sus funciones desarrolladas específicamente para ayudar a crear y trabajar con hojas de cálculo. Se distingue de todos los programas ofimáticos porque permite trabajar con datos numéricos, con los números que se almacenan en Excel se pueden realizar cálculos aritméticos básicos y también aplicar funciones matemáticas de mayor complejidad, o utilizar funciones estadísticas.

Excel facilita en gran medida el trabajo con números y permite analizarlos fácilmente y generar reportes con herramientas como los gráficos y las tablas dinámicas.

3.7.3 AutoCAD.

Es un programa, como su nombre lo dice, para diseñar, CAD significa Computer Aid Design, en el que se puede realizar todo tipo de diseños técnicos, muy útil para ingenieros y arquitectos, pudiendo crear diseños de todo tipo en 2D y 3D, planos, objetos, cortes de objetos entre otros.

3.7.4 Listas de Cotejo (Cuadros Comparativos)

Arias (2012) señala que las listas de cotejo o chequeo son instrumentos empleados para la recopilación de datos obtenidos por observación planificada, en los cuales se plasma la presencia o ausencia de alguna característica o comportamiento particular en las unidades estudiadas. Considerando lo anterior, se llevará a cabo por medio de este instrumento la inspección del estado del tramo objetado.

3.8 Fases Metodológicas.

La presente investigación, se llevará a cabo mediante las siguientes fases:

Fase I: Diagnóstico de la situación actual del sistema de drenaje en la ruta propuesta de la ciclovía.

En esta fase se recopila mediante diversas fuentes bibliográficas, y aplicaciones de instrumentos las condiciones actuales, en cuanto a las condiciones del sistema de drenaje existente en la ruta propuesta de la ciclovía tramo de estudio.

Fase II: Determinación de los parámetros básicos y valores críticos para la implementación y diseño del subdrenaje.

En la presente fase de determinan las variables y parámetros necesarios para llevar a cabo el proyecto de subdrenaje. Se describe la ubicación espacial del proyecto, obteniendo información geológica, topográfica, datos relativos a la hidrología del área de estudio, entre otros; lo que permitirá, que la opción de diseño sea acorde a las características y adaptada a las necesidades reales.

Fase III: Análisis de diferentes tipos de sistemas de subdrenajes de aguas pluviales para seleccionar el más adecuado.

En esta fase se estudian y analizan diferentes sistemas de subdrenajes, identificando las alternativas que mejor se ajusten a las condiciones y parámetros de la zona, la cual servirá de base para la determinación de la opción que se diseñara como estructura de subdrenaje para la ciclovía, garantizando la durabilidad y eficiencia de la misma.

Fase IV: Diseño del sistema de subdrenaje para la propuesta de estructura vial tipo ciclovía, en el Municipio San Diego, estado Carabobo.

En esta última fase se presentan los criterios adoptados, así como los métodos empleados para el diseño del sistema de subdrenaje. De igual manera se muestran los cálculos, detalles de interés de acuerdo a la naturaleza del objeto del presente estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo, se desarrollan detalladamente los objetivos específicos planteados iniciando con el diagnóstico de las condiciones actuales en el área de estudio, el mismo contiene los resultados obtenidos a través de las técnicas y procedimientos antes descritos, incluye los estudios desde el punto de vista técnico, y finalmente expone la propuesta a implementar en el tramo objeto de la presente investigación. A continuación, se detalla el estudio en el mismo orden expuesto para los objetivos específicos.

4.1. Diagnóstico de la situación actual del sistema de drenaje del proyecto de la ciclovía.

En orden de importancia es imprescindible analizar los riesgos naturales y antropogénicos potenciales en el tramo de estudio y sus adyacencias, a fin de considerar todas las posibles amenazas y generar un proyecto seguro, desde su etapa de concepción. Se considera válido para ello la revisión documental apoyándose en el Trabajo de Grado presentado por Sanjuan (2019), titulado “Evaluación de riesgos naturales y antropogénicos, un instrumento para la prevención de desastres. Zona Norte del Municipio San Diego, Estado Carabobo”.

A raíz de estos riesgos naturales como pueden ser las inundaciones, que han ocurrido a través de los años, arrastrando una cantidad de sedimentos los cuales se van acumulando en los drenajes existentes en nuestra zona en estudio y por la carencia de planes de mantenimiento preventivo y correctivo, tienden a obstruirse y a colapsar la red de los drenajes de aguas pluviales.

Debido a la pandemia que presenta el mundo por el COVID-19 durante el 2020, período de desarrollo de este trabajo, no se materializó una visita de campo para una evaluación a profundidad del drenaje en la zona de estudio, sin embargo, en el estudio presentado por Loaiza y Mesa (2019) base de este trabajo, se realizó una inspección vial que fue dividida por tramos en dicha zona, en la cual se constató el estado de los

drenajes; además en el mismo se indica y se constata en mapas satelitales que en las zonas de la Urb. Monte de Sinaí y el desarrollo comercial del Hipermercado HyperLíder San Diego no se respetan las distancias mínimas al cauce del Río Cúpira.

A fin de efectuar un replanteo de los espacios de derecho vial de la arterial 01 (ART 01: Av. Internacional Don Julio Centeno) en el tramo Urbanización El Morro I- Urbanización El Remanso del Municipio San Diego, Estado Carabobo, y además verificar las condiciones de este sistema de drenaje. Se realizó una revisión bibliográfica del tramo vial señalado, tomando a las intersecciones semaforizadas existentes como puntos de referencia para la definición de tramos parciales de análisis.

Tabla 4: Tramos inspeccionados en la propuesta de ciclovía

TRAMO	INTERSECCIONES DE REFERENCIA		PROGRESIVA	LONGITUD TRAMO (m)
	INICIO	FIN		
I0-I1	I0: Entrada Campo Solo	I1: Urb. El Morro 1	0+476,91	476,91
I1-I2	I1: Urb. El Morro 1	I2: Embotelladora Municipal	1+601,53	1.124,62
I2-I3	I2: Embotelladora Municipal	I3: Urb. La Esmeralda	1+985,67	384,14
I3-I4	I3: Urb. La Esmeralda	I4: Olga Bayone	2+897,22	911,55
I4-I5	I4: Olga Bayone	I5: Montemayor Residencial	3+550,31	653,09
I5-I6	I5: Montemayor Residencial	I6: Monteserino	5+073,4	1.523,09
I6-I7	I6: Monteserino	I7: Urb. El Remanso	6+047,49	974,09
			Total Tramo I0-I7	6.047,49

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en el estudio de Loaiza y Mesa (2019)

La conformación del sistema de drenaje superficial del tramo en estudio en la vía inspeccionada consta de la superficie de pavimento para la recepción del agua de lluvia, la cual por medio del bombeo (pendiente transversal) conduce el agua a los laterales de la vía, eso considerando las curvas de pavimento presentes en los diferentes tramos; luego se detalla la presencia del brocal-cuneta en los laterales de la vía, que permite mantener un ancho de inundación permisible en la calzada, pero a su vez funciona como componente del sistema superficial conduciendo el gasto recolectado en función de las pendientes longitudinales de la vía hacia los puntos bajos. Se dispone además de

estructuras de captación lateral (sumideros) que captan el agua de escorrentía superficial para por intermedio de un sistema conducirla hasta la disposición en un cuerpo receptor. Finalmente se encuentra la presencia de canales laterales en ciertos tramos de la vía en el lateral izquierdo en el sentido Sur-Norte (Campo Solo- El Remanso) cuya función es conducir el agua de escorrentía superficial que recibe de los componentes antes mencionados.

En referencia al sistema de subdrenaje no se detallan componentes a simple vista más que se evidencia la presencia de áreas verdes en la isla central y laterales de la vialidad donde se infiltra parte de la escorrentía no pudiendo cuantificarse el área correspondiente a las mismas. No se encuentran otros elementos de Sistemas de Drenajes Urbanos Sostenibles (SDUS).

En el tramo correspondiente a la ubicación de la ciclovía, Urbanización El Morro I-Urbanización El Remanso del Municipio San Diego, Estado Carabobo, en referencia al estado de las estructuras de captación lateral (sumideros) gran parte de ellos se encuentran en condiciones precarias y obstruidas por sedimentos lo que evidencia una marcada falta de mantenimiento. De igual manera (Loaiza y Mesa 2019) detallan en su estudio: “Se evidencian sumideros de ventana en el tramo I4: U. E Olga Bayone hasta I5: Montemayor Residencial. Vale mencionar que se consideran escasas las unidades de drenaje lateral en el tramo de estudio”.

Por lo tanto, en base a la situación actual se debe considerar la implementación de nuevos sistemas de drenajes para complementar los ya existentes, empleando para ello propuestas basadas no solo en los elementos de drenaje convencional, sino en la inclusión de sistemas sostenibles que se integren con el entorno.

4.2. Determinación de los parámetros básicos y valores críticos para la implementación y diseño del subdrenaje.

El diseño de un sistema de subdrenaje depende principalmente de las diferentes características de la zona y las necesidades de la localidad, por ello es necesario conocer las características físicas del lugar de estudio como: hidrología, topografía y condiciones del terreno, necesarias para el correcto dimensionamiento de los

principales elementos encontrados dentro del sistema de recolección de aguas pluviales, siendo estas las principales variables a considerar.

4.2.1. Caracterización del tramo de estudio.

El Municipio San Diego se encuentra ubicado en la Región (centro- este) del Estado Carabobo formando parte del Área Metropolitana de Valencia. Se encuentra

una superficie de 106,00 km² y una población de 93.257 habitantes según el Censo Nacional 2011. Limita hacia el Norte con el Municipio Puerto Cabello, por el Sur con los Municipios Valencia y Los Guayos, al Este con el Municipio Guacara, y hacia el Oeste con los Municipios Valencia y Naguanagua.

4.2.2 Topografía de la Zona de Estudio.

El Municipio San Diego está ubicado al Nor-Este de la Ciudad de Valencia, en terrenos de origen sedimentario aluvial, pertenecientes a la cuenca del Lago de Valencia. Su composición y patrón topográfico varía entre zonas de serranía y en valles de piedemonte.

En términos generales, la topografía del municipio San Diego presenta grandes variaciones de altitud, constatando que en el área de estudio las elevaciones de terreno varían entre 456.39 - 471.20 metros sobre el nivel del mar (msnm), con un promedio de 464.01 msnm contando con una elevación en el tramo de estudio. Para tal proceso se emplearon las aplicaciones software Google Earth y AutoCAD esto para la obtención y manejo de la data de georreferencia correspondiente al tramo de estudio. En referencia a la información de elevaciones generales del Municipio San Diego se refleja lo siguiente:

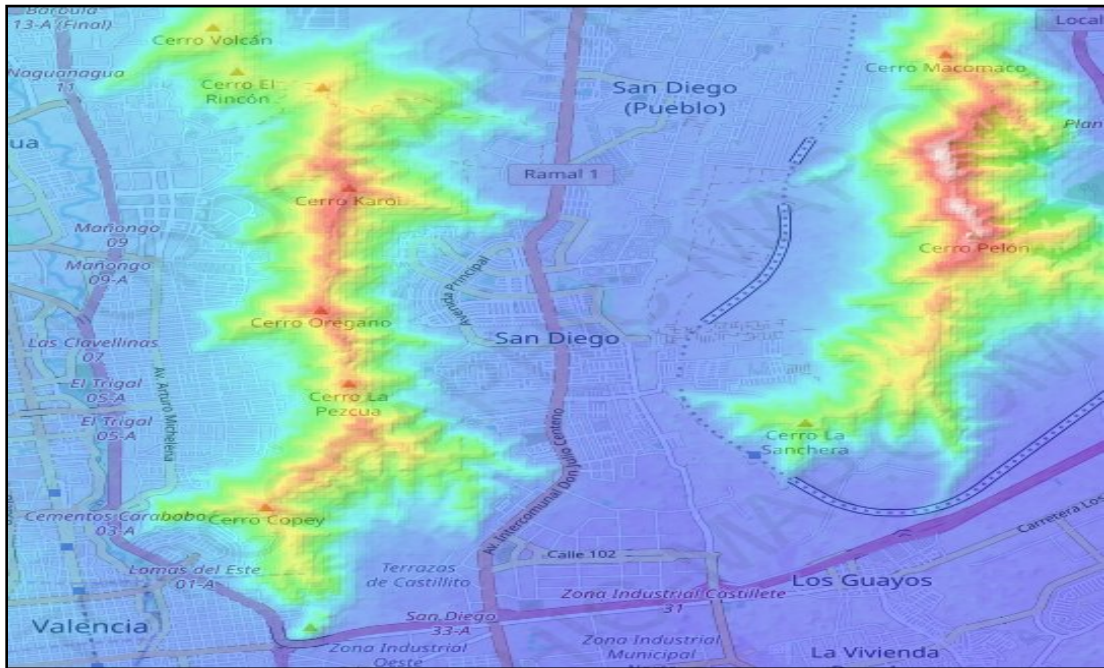


Figura 12: Vista de planta de elevación del Municipio San Diego.

Fuente: Topographic/San Diego.

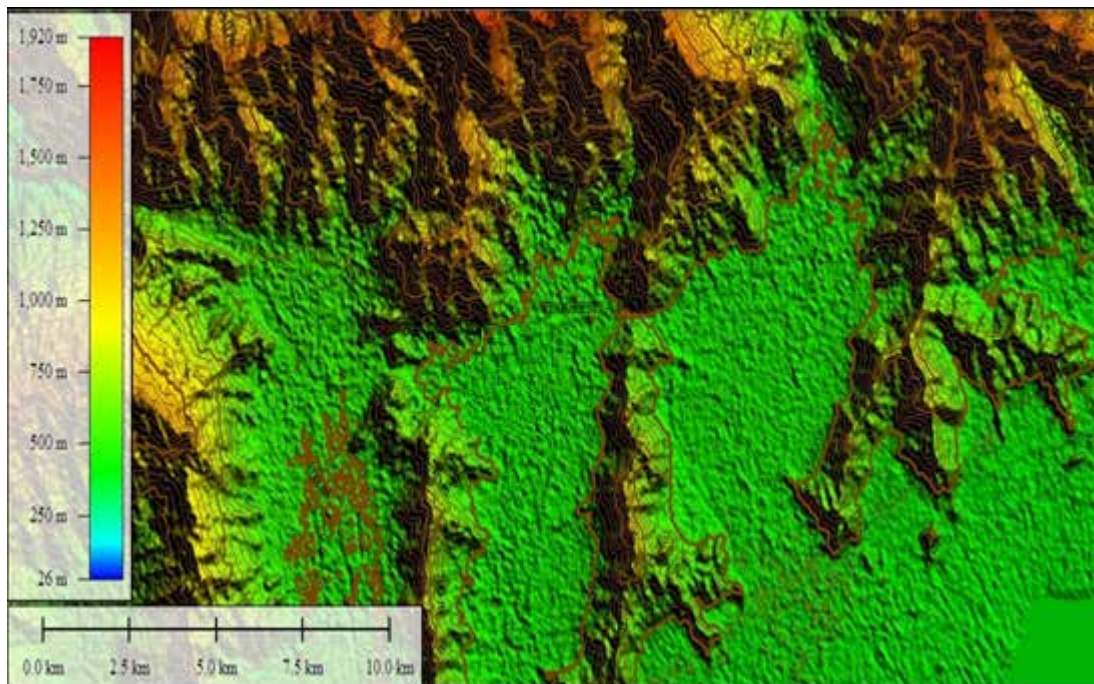


Figura 13: Mapa de superficie de elevación del Municipio San Diego.

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

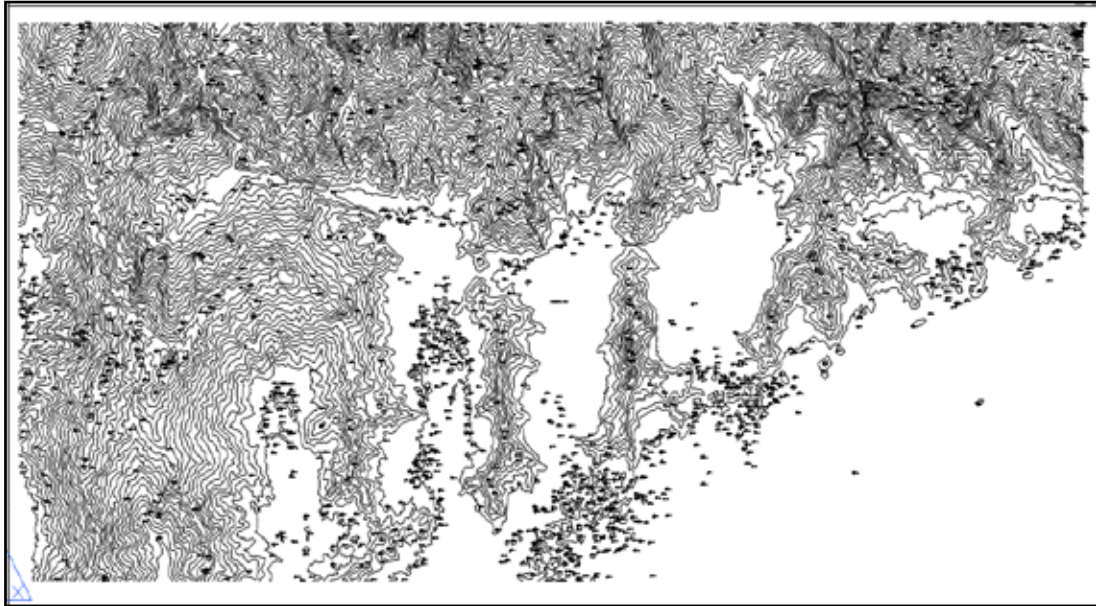


Figura 14: Curvas de nivel del tramo en estudio.

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

4.2.3 Geología de la Zona de Estudio.

El Municipio San Diego se encuentra ubicado sobre terrenos de origen sedimentario aluvial, pertenecientes a la cuenca del Lago de Valencia. Su origen edafológico, composición y patrón topográfico varía según se trate de zonas de serranía o de espacios ubicados en valles de piedemonte.

En el primer caso, se habla de formaciones geológicas surgidas hacia el Mesozoico, compuestas principalmente por “Esquistos cuarzo-micáceos con intercalaciones de conglomerados, intrusivas ácidas (granitos) y calizas” (INE, 2011, p. 144). son resaltantes la Fila El Orégano, la Fila Macomaco y la Fila de Cúpira, así como el Cerro Pelón, Cerro Montemayor, Cerro El Dique y Cerro Cambural. Por su parte, los materiales conformantes del área de valle datan del Cuaternario.

A través del estudio de suelos realizado por Martínez y Párraga (2010) en las adyacencias del Río Cúpira perteneciente al municipio San Diego, se estableció que el estrato posee cuatro capas de espesor y resistencia variable, las cuales aumentan de manera proporcional a la profundidad.

Se puede concluir que el suelo analizado se caracteriza por presentar material de relleno cerca de la superficie, a su vez se encuentra constituido por capas de arenas que de acuerdo a su plasticidad pueden ser limosas o arcillosas. (Ver Tabla 5)

Tabla 5: Estratigrafía correspondiente a las adyacencias del Río Cúpira, Municipio San Diego. Estado Carabobo

ESTRATO	RANGO DE ESPESOR (m)	COMPOSICIÓN GENERAL	CONSISTENCIA Y RESISTENCIA	GRADO DE SATURACIÓN
1	0.96-1.20	Relleno granular y capa vegetal	No existen registros	No existen registros (se comienzan a manifestar aguas de infiltración hasta los 10,00 m de profundidad).
2	4.80-5.04	Limo con contenido variable de arena (ML).	Semidura a dura, soportando entre 10-20 golpes/pie.	Varía de parcial a elevado (se ubica el Nivel freático a 2,00-3,00 m de profundidad).
3	6.00	Arenas limosas o arcillosas (SM o SC).	Variable según la composición del material. En general, consistencia compacta, con resistencia entre 20-55 golpes/pie.	Saturado
4	8.00	Arenas arcillosas	Variable según la composición del material. En general, consistencia muy compacta o rígida, con resistencia entre 52-69 golpes/pie.	Saturado

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en el estudio Martínez y Párraga (2010)

4.2.4 Hidrología.

En concordancia con su clima tropical lluvioso seco, el Municipio San Diego atraviesa el periodo de lluvias entre mayo y octubre, con una precipitación anual acumulada de 1111.00 milímetros (mm); febrero presenta los valores mínimos, con un valor promedio de 6.0 mm de precipitación, mientras que julio presenta el máximo promedio, con 183.00 mm de precipitación (Climate Data, 2018).

En el Municipio San Diego se encuentran ubicados tres (3) cursos de agua importantes: Río Cúpira, Río Los Guayos y Río San Diego; haciendo énfasis en el Río Cúpira, dado que la propuesta de estructura vial y el subdrenaje tienen adyacencias a este dicho curso de agua, se dice que el mismo nace en la cordillera de la costa, con sentido Norte-Sur por el costado Oeste del Municipio. (Castillo, 2001; citada en Araque y Chirinos, 2019).

Se evidencia que en las zonas montañosas donde el cauce está bien definido y las pendientes son considerables, existen pocos problemas de inundación del Río Cúpira, pero en las zonas bajas del valle, donde el cauce referido se encuentra menos definido y con pendientes bajas, tiende a rebasar su capacidad con cierta frecuencia, desbordándose, según el grado de definición de su cauce y de la pendiente del terreno.

De allí que las zonas más vulnerables a inundaciones en las adyacencias del Río Cúpira, para efectos del Trabajo de Grado desarrollado (es decir, en el tramo Urbanización El Morro I-Urbanización El Remanso), estuviesen representadas por los espacios correspondientes al Parque Central Metropolitano de San Diego y la zona Oeste de la Urb. Valle de Oro, considerando la presencia de numerosos meandros y la condición topográfica de desnivel entre ambas márgenes del Río, siendo necesario realizar estudios adicionales en las zonas ubicadas al Norte de la Urb. Valle de Oro, por carecer de información suficiente y pertinente.

Respecto al desnivel referido, el estudio de Castillo (2001; citada en Araque y Chirinos, 2019) indicó que el margen izquierdo del Río Cúpira, en sentido de

circulación Norte-Sur, se ubica en cotas inferiores al margen derecho, en toda su extensión.



Figura 15: Ríos Existentes en el Municipio San Diego, Estado Carabobo.

Fuente: (Araque y Chirinos, 2019)



Figura 16: Perfil Longitudinal del Río Cúpira, Municipio San Diego, Estado Carabobo

Fuente: Loaiza y Mesa (2019)

4.2.5. Información Pluviométrica.

Para determinar los caudales se utilizarán las intensidades de lluvia obtenidas de las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, dada a la ubicación del sector en estudio

y las características altimétricas ello en base a los estudios efectuados por Valencia, F (2012).

4.2.6. Periodo de Retorno.

En el presente estudio se considera que el sistema de drenaje debe permitir el normal desenvolvimiento del tránsito peatonal y de vehículos. El periodo de retorno debe ser fijado en función del uso de los terrenos en el caso de drenaje urbano o en función al tipo de vialidad, en el caso de drenaje vial.

4.2.7. Coeficiente de Escorrentía.

La escorrentía puede definirse como la relación entre la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, generalmente depende de la duración de las lluvias y la intensidad de las mismas. De igual forma, involucra diversos factores entre los cuales se puede hacer mención la humedad inicial del suelo, el tipo de terreno y la cobertura vegetal existente.

Tabla 6: Coeficiente de escorrentía.

COBERTURA DE SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTE (%)				
		> 50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin vegetación	Impermeables	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeables	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.50
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetación ligera	Impermeables	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba	Impermeables	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10

COBERTURA DE SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTE (%)				
		> 50	20-50	5-20	1-5	0-1
Bosques, vegetación densa	Impermeables	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en (Lemus & Navarro, 2003)

4.2.8. Delimitación del Perfil Longitudinal por Cambio de Pendiente.

Se delimita el perfil longitudinal en los cambios de pendiente existentes. (Ver tabla 7).

Tabla 7: Tramos de estudio de acuerdo a la variación de pendiente.

ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE PENDIENTE EN EL TRAMO					
I0-I1 (Campo Solo - Morro I)					
Progresiva	Km	Distancia (m)	Cota (msnm)	S m/m	S %
0+000	0	0,00	463,41	-	-
0+145,69	0,1456915	145,69	460,95	-0,01688517	-1,689
0+203,03	0,2030293	203,03	460,32	-0,01098709	-1,099
0+290,15	0,2901537	290,15	461,04	0,00826446	0,826
0+374,37	0,3743664	374,37	460,62	-0,00498694	-0,499
0+476,91	0,4769083	476,91	460,89	0,00263312	0,263

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020).

Ver Apéndice A. Tablas de los tramos de estudio de acuerdo a la variación de pendiente.

4.2.9. Dirección del Sentido de Drenaje.

Una vez definido el perfil longitudinal, se procedió a determinar la dirección del sentido de flujo de agua por donde escurrirá en cada uno de los tramos establecidos de acuerdo a la variación de pendiente. (Ver tabla 8).

Dónde:

Pendiente Media S:

$$S = \frac{L1 \ S1 + L2 \ S2 + \dots + Ln \ Pn}{L \ total}$$

m (Francisco Camacho, Diseño de Obras de Drenaje Volumen I).

L: Longitud Total de Cada Tramo (m)

Tabla 8: Dirección del sentido de Drenaje.

DIRECCIÓN DEL SENTIDO DEL FLUJO VIALIDAD TRAMO I0-I1						
I0: Entrada Campo Solo-I1: Urb. El Morro 1						
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	S (m/m)	L*S (m/m)	S Media (m/m)
	0+000	0,00	-			-0,00817
1	0+145,69	145,69	-1,69	-0,0169	-2,46216	
2	0+203,03	57,34	-1,10	-0,0110	-0,63074	
3	0+290,15	87,12	0,83	0,0083	0,72310	0,00830
4	0+374,37	84,22	-0,50	-0,0050	-0,42110	-0,00500
5	0+476,91	102,54	0,26	0,0026	0,26660	0,00260
		476,91				

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

Ver Apéndice A. Tablas de los tramos de estudio de acuerdo a la dirección del sentido del drenaje.

4.2.10. Tiempo de Concentración.

Corresponde al tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca aporten de manera simultánea agua a través de la escorrentía, al punto de salida o desagüe. Se encuentra determinado por el tiempo que tarda en llegar el agua que procede del punto hidrológico más alejado.

Por lo tanto, el tiempo de concentración sería el tiempo de equilibrio o duración necesaria para que con una intensidad de escorrentía constante se alcance el caudal máximo. (Ver tabla 10).

$$T_c = T_v + T_{cs}$$

$$T_{cs} = \frac{\Delta L}{(M \bar{s})}$$

Tcs: Tiempo de concentración superficial

recorrido superficial del agua.

M: Factor de cobertura superficial

s: Raíz cuadrada de la pendiente media del tramo recorrido.

Para este caso se tomó $M = 400$ por pavimentos ubicado en el libro de Diseño de Obras de Drenaje, por el Ingeniero Francisco Camacho. (Ver tabla 9).

$$Tv = 0,0195 \left(\frac{L}{S} \right)^{0,77}$$

Tv: Tiempo de viaje (min).

s: Raíz cuadrada de la pendiente media del tramo recorrido en el cauce.

L: Longitud máxima de recorrido.

Tabla 9: Cobertura superficial.

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

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

Tabla 10: Calculo del tiempo de concentración.

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL Tc						
I0: Entrada Campo Solo-I1: Urb. El Morro 1						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	S media (m/m)		S	S
	0+000	203,03	-0,00817	25,00	276,59	2.246,20
1	0+145,69					
2	0+203,03	87,12	0,00830		274,41	956,27
4	0+374,37	84,22	-0,00500		353,55	1.191,05
5	0+476,91	102,54	0,00260		490,29	2.010,97

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020).

Ver Apéndice A. Tablas de Cálculo de los tramos de estudio de acuerdo al tiempo de concentración.

4.2.11. Caudal de Diseño Total.

En base a lo expuesto en el Capítulo II (Marco Teórico) puede definirse como la suma de los caudales de infiltración y de abatimiento del nivel freático, por lo tanto, se expresa de la siguiente forma:

$$Q_{total} = Q_{inf} + Q_{NF}$$

De acuerdo al informe realizado por HVM Ingenieros (Bogotá, mayo de 2011), la estimación del caudal en cuanto a infiltración se realiza asumiendo una porción fija de la precipitación que cae sobre el pavimento. De tal manera, la ecuación que expresa la cantidad de agua por infiltración es:

$$Q_{in} = I_R \cdot B \cdot L \cdot F_i \cdot F_R$$

I_R = Precipitación máxima horaria de frecuencia anual, registrada en la zona del proyecto.

B = Para subdrenajes longitudinales, B es la semibanca de la vía (ancho de la vía).

L = Longitud del tramo de drenaje

F_i = Factor de infiltración (Ver Tabla 2).

F_R = Factor de retención de la base, refleja el hecho de que las bases dado su tiempo de servicio disminuyen su permeabilidad. (Ver Tabla 3).

Para obtener el valor de I_R se consideró una precipitación en milímetros por hora (mm/h), determinada a través de los datos de precipitaciones máximas registrados en la estación San Diego, suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) - Ministro del Ambiente, los cuales fueron obtenidos por Federico Valencia (Caracas, febrero de 2012) y se expresan en la tabla de Intensidad, Duración y Frecuencia en la Estación San Diego.

De acuerdo a las normativas internacionales se consideró una precipitación anual con una duración de 120 minutos y un periodo de retorno de 10 años, debido a la importancia de la vida útil de la vialidad y a su vez como un factor de seguridad.

A través de la tabla 11 se puede concluir un valor de I_R perteneciente a una precipitación de 91,3 mm/hora, dicho valor será utilizado para determinar el gasto de infiltración.

$$I_R = \frac{\frac{91,3 \text{ mm}}{1000 \text{ m}}}{3600 \text{ seg/ ora}} = 0,0000253611 \text{ m/s}$$

Tabla 11: Intensidad, Duración y Frecuencia adaptada para la Estación San Diego.

Tr (año)	Duraciones (minutos)								
	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
200	60,20	85,00	111,00	155,00	156,00	161,00	163,00	172,00	196,00
100	54,80	77,30	101,00	140,00	142,00	146,00	148,00	156,00	178,00
50	49,40	69,60	90,90	126,00	127,00	131,00	133,00	140,00	160,00
20	42,10	59,30	77,20	106,00	107,00	112,00	113,00	118,00	136,00
10	36,50	51,40	66,70	91,30	92,30	96,40	97,90	102,00	117,00
5	30,70	43,10	55,70	75,60	76,60	80,50	91,80	84,40	97,70
2,33	23,97	32,86	43,33	57,55	57,81	62,07	63,18	64,28	74,60

Fuente: (Federico Valencia)

El tipo de ciclovía propuesta por Loaiza y Mesa (2019), corresponde a una estructura vial unidireccional; los drenajes serán ubicados de forma paralela al carril de la ciclovía, cuyo ancho corresponde a una distancia de 2 metros.

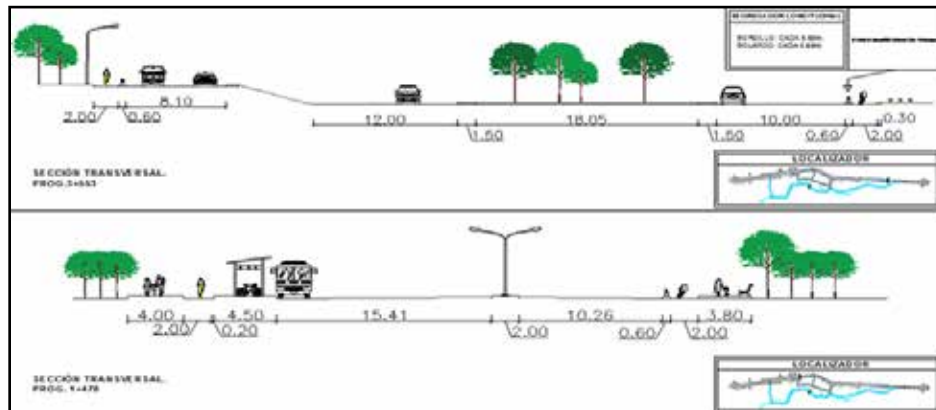


Figura 17: Sección Transversal de la Ciclovía.

Fuente: Loaiza y Mesa (2019)

4.2.12. Gasto por infiltración

$$Q_{in} = 0,0000253611 \text{ m/s} \cdot 2\text{m} \cdot 50\text{m} \cdot 0,40 \cdot 0,33 = 0,000335 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

El resultado obtenido corresponde al gasto de infiltración que es capaz de soportar cada subdrenaje perteneciente a la ciclovía; de igual forma se puede obtener el gasto de infiltración total por tramos, tomando el valor de L como la longitud de cada intervalo de estudio. Se decidió estudiar cada tramo de estudio a una distancia correspondiente a 50 m, con la finalidad de mantener la uniformidad del sistema de subdrenaje tanto para los cálculos como para la fase constructiva.

Por lo tanto, el gasto de infiltración total obtenido será igual en cada uno de los intervalos estudiados. (Ver Tabla 12).

Tabla 12: Gasto de infiltración por cada tramo de estudio

GASTO DE INFILTRACIÓN POR TRAMOS DE SUBDRENAJE TIPO						
Tramos	Longitud (m)	B (m)	Ir (m/s)	Fi	Fr	Qinf (m3/s)
IO-I7	50,00	2,00	2,53611E-05	0,40	0,33	3,35E-04

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

Ver Apéndice A. Tablas de los tramos de estudio de acuerdo al gasto por infiltración.

En referencia al gasto de abatimiento del nivel freático en base al estudio de suelos, se establece que el mismo se encuentra por debajo del nivel proyectado tanto de la estructura vial por lo cual no será considerado en el presente estudio.

Gasto Total de Diseño: Una vez estimados los caudales de aporte del sistema, es decir, el caudal por infiltración y caudal por abatimiento de nivel freático, se obtiene el caudal total del diseño. (Ver Tabla 13).

$$Q_T = (0,000335 + 0) \text{ m}^3 / \text{seg} = 0,000335 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

Tabla 13: Gastos total de diseño.

GASTO TOTAL DE DISEÑO POR TRAMOS SUBDRENAJE TIPO			
Tramos	Qinf (m3/s)	Qnf (m3/s)	Qtotal (m3/s)
IO-I7	3,35E-04	0,00	3,35E-04

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020)

Ver Apéndice A: Tablas de los tramos de estudio de acuerdo al gasto total de diseño.

4.3. Análisis de Sistemas de Subdrenaje con los Requerimientos Necesarios para el Correcto Funcionamiento del Proyecto.

Es necesario demostrar y garantizar que un proyecto sea duradero y sustentable para que todas las estimaciones de diseño realizadas sean las adecuadas para cumplir de manera satisfactoria con las necesidades de la topografía de la zona, su hidrología y su geotecnia, en el tramo Urbanización El Morro I- Urbanización El Remanso del Municipio San Diego, Estado Carabobo para un correcto funcionamiento de la ciclovía en estudio.

4.3.1. Elección del Tipos de Subdrenaje a emplear.

Efectuando un análisis en base a las características topográficas, geotécnicas, así como la importancia de las mismas se consideró la elección del subdrenaje tradicional con recubrimiento de la zanja con geotextil y tubería perforada en la propuesta de la ciclovía tramo Urbanización El Morro I- Urbanización El Remanso del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

Para el correcto funcionamiento de este tipo de subdrenaje, es necesario la implementación de geotextiles; los cuales trabajan dependiendo de la resistencia de las fibras poliméricas y las resinas, a los ataques ambientales. Los principales problemas de las telas filtrantes corresponden a su baja resistencia a la exposición a los rayos solares, (los cuales las descomponen), a las altas temperaturas y al ataque de productos químicos. Al emplear un geotextil en la construcción de filtros se asegura la retención de partículas finas con una adecuada resistencia a los esfuerzos presentes en la interacción suelo-estructura y se garantiza el drenaje de los excesos de agua nocivos para la estabilidad de la obra.

Gracias a la resistencia a la colmatación, las obras de subdrenaje se mantienen funcionales durante mayores periodos y no requieren mantenimiento, garantizando un adecuado drenaje, lo que se traduce en mejores condiciones de seguridad y durabilidad de las obras a proteger.

Los geotextiles con una mayor resistencia a la colmatación, son los geotextiles no tejidos punzonados por agujas, en los cuales el riesgo a que se taponen gran parte de sus orificios es muy bajo debido al espesor que poseen y a los altos valores de porosidad que presentan.

Los geotextiles tejidos tienen baja porosidad y el riesgo de colmatación muy alto, con la consecuencia de una pérdida súbita en la permeabilidad, razón por la cual no se recomienda usar como filtros en esta propuesta de sistemas de subdrenaje.

Por lo antes expuesto en el presente diseño se considerará el empleo de geotextil no tejido (NT).

4.3.2. Dimensionamiento del Dren.

Se procedió a establecer las dimensiones del dren a partir de los resultados obtenidos; con la finalidad de adquirir las medidas necesarias y que estas a su vez cumplan con las normativas existentes. Se utilizó como material drenante, grava con tamaño uniforme de 19 mm (3/4”), este material se emplea para rellenar adecuadamente las zanjas drenantes; con la finalidad hidráulica de prevenir la invasión de suelos en caso de utilizarse tuberías drenantes

$$Q_{Total} = V \cdot i \cdot A$$

Q_{Total} : Caudal expresado en la Tabla 13.

V: Velocidad de flujo, depende absolutamente de la pendiente longitudinal y el material drenante.

i: Corresponde al gradiente hidráulico, se define como la pérdida de energía experimentada por unidad de longitud. Para el presente trabajo de grado se consideró un valor de $i=1$, de manera que se pueda optimizar el funcionamiento del subdrenaje.

A: Área de la sección transversal.

$$A = \frac{Q_{Total}}{V \cdot i}$$

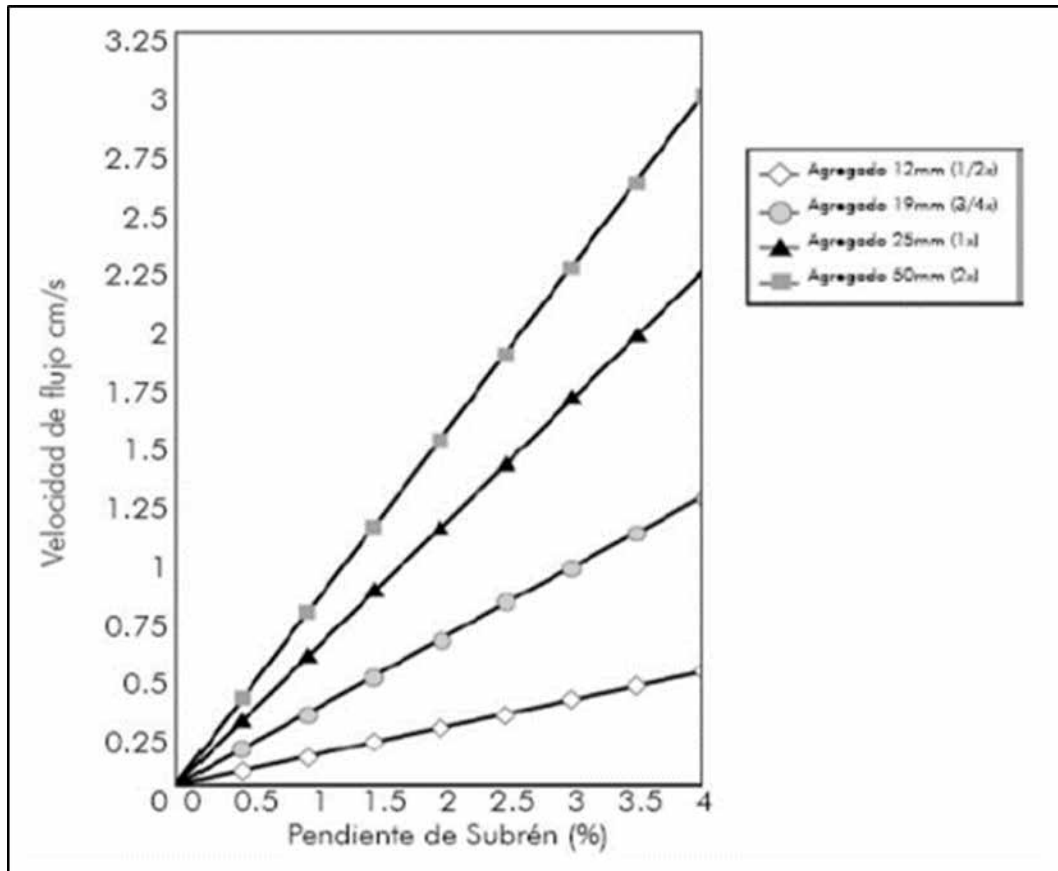


Figura 18: Velocidad de acuerdo a la pendiente y el material drenante

Fuente: PAVCO (2012).

Tabla 14: Área transversal de la zanja de subdrenaje.

ÁREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I0-I1							
I0: Entrada Campo Solo-I1: Urb. El Morro 1							
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	V (m/s)	i	Qt (m3/s)	A (m2)
	0+000	0,00	-				
1	0+145,69	145,69	-1,69	0,0060	1,00000	0,00034	0,06
2	0+203,03	57,34	-1,10	0,0048	1,00000	0,00034	0,07
3	0+290,15	87,12	0,83	0,0042	1,00000	0,00034	0,08
4	0+374,37	84,22	-0,50	0,0025	1,00000	0,00034	0,14
5	0+476,91	102,54	0,26	0,0018	1,00000	0,00034	0,19

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

Ver Apéndice A. Tablas de los tramos de estudio de acuerdo al área transversal de la sección.

4.3.3 Ancho y Profundidad de la zanja.

Para conocer la sección transversal se fija el ancho, el cual corresponde al ancho de la base de la pala de la retroexcavadora, el cual se consideró un ancho de 0,6 ya que es el mínimo a nivel constructivo, y con eso se procede a calcular la profundidad de la zanja del drenaje. (Ver Tabla 15).

Tabla 15: Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje.

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I0-I1				
I0: Entrada Campo Solo-I1: Urb. El Morro 1				
Tramo	Progresiva	A (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
	0+000			
1	0+145,69	0,06	0,60	0,10
2	0+203,03	0,07	0,60	0,12
3	0+290,15	0,08	0,60	0,13
4	0+374,37	0,14	0,60	0,23
5	0+476,91	0,19	0,60	0,32

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

El nivel freático se encuentra ubicado entre 2-3 m, por lo tanto se consideró una profundidad mínima de zanja de 1 m, ya que profundidades más altas podrían generar que los costos de obras sean mucho más elevados, haciendo que el proyecto no sea viable.

4.3.4. Estimación del diámetro de la tubería a utilizar.

Para permitir el paso de un caudal mayor en una misma sección transversal, se debe aumentar la capacidad y eficiencia de los subdrenajes, a través del uso de tuberías perforadas o ranuradas. Por tanteo se asume un diámetro de tubería de 4'' el cual se verifica por medio de la ecuación de Manning. (Ver Tabla 16).

La expresión de Manning es la siguiente:

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

Donde:

Q: Caudal Total drenado (m³/s)

A: Área de la sección transversal de la tubería en m²

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

n: Coeficiente de rugosidad de Manning con un parámetro en función del material de 0.013 para el concreto liso o mayor de acuerdo con las características del canal (Jaime Suárez, Obras de Drenaje y Subdrenaje, 2015).

R: Radio hidráulico de la sección transversal de la tubería (A/ P)

S: Pendiente del subdrenaje.

Tabla 16: Cálculo para el diseño de tubería del subdrenaje.

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE SUBDRENAJE TRAMO I0-I1									
I0: Entrada Campo Solo-I1: Urb. El Morro 1									
Tramo	Progresiva	S %	Qt (m3/s)	n	(mm)			Qcap (m3/s)	Vc (m/s)
	0+000	-							
1	0+145,69	-1,69	0,00034	0,013	100,00	0,00785	0,025	0,0067	0,85
2	0+203,03	-1,10						0,0054	0,69
3	0+290,15	0,83						0,0047	0,60
4	0+374,37	-0,85						0,0048	0,61
5	0+476,91	0,83						0,0047	0,60

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

Ver Apéndice A. Tablas de los tramos de estudio de acuerdo al diseño de tuberías.

4.3.5. Cálculo Hidráulico para la Escogencia del Geotextil

Se deben tomar en cuenta diferentes factores hidráulicos para la escogencia del geotextil a utilizar, debido a que este depende de la cantidad de flujo volumétrico que puede pasar por unidad de área, es decir la tasa de flujo que va a pasar por el mismo, por el cual se deben evaluar los siguientes factores que darán como resultado en geotextil a utilizar:

- Permittividad última.
- Permittividad requerida.
- Permittividad admisible.

Cada uno de estos factores son de sumo interés su evaluación, consideración y chequeo para establecer de forma adecuada el tipo de geotextil requerido en el sistema de subdrenaje en estudio.

✓ **Permitividad Última.**

La Permitividad es un dato por el fabricante, pero también puede ser otorgada por corroboración de la siguiente manera. (Ver Tabla 17).

Dónde:

$$\psi = \frac{K}{t}$$

K: Permeabilidad del Geocompuesto

T: Espesor del Geotextil

Tabla 17: Cálculo de Permitividad última del geotextil.

PERMITIVIDAD ÚLTIMA			
Geotextiles No Tejidos	NT 3000	NT 4000	NT 5000
K	0,27	0,20	0,22
t	1,80	2,00	2,20
	0,15	0,10	0,10

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

✓ **Permitividad Requerida.**

Cuando se usan geotextiles como medios filtrantes para grandes caudales, se debe revisar la cantidad de flujo volumétrico que puede pasar por unidad de área (tasa de flujo), en el plano normal al geotextil, frente a la cantidad de flujo volumétrico a evacuar por metro línea, se debe evaluar la Permitividad requerida en función del caudal total que se requiere pasar por el filtro. (Ver Tabla 18).

Dónde:

$$\psi_{req} = \frac{Qt}{\Delta H L}$$

ψ_{req} : Permitividad requerida.

Qt: Caudal por tramo.

H: Altura del subdren.

L: Longitud del tramo de drenaje.

Tabla 18: Permittividad requerida del geotextil.

PERMITIVIDAD REQUERIDA				
Qt (m3/s)	L (m)	H (m)		
3,35E-04	50,00	0,80	0,80	1,05E-05

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

✓ **Permittividad Admisible.**

Para el cálculo de la permittividad admisible, es necesario tomar en cuenta la permittividad última, que es aportada por el fabricante y los factores de reducción que se disponen según el tipo de proyecto. (Ver Figura 19).

Dónde:

$$\psi_{adm} = \frac{\psi_{ult}}{(FR_{scb} \cdot FR_{cr} \cdot FR_{in} \cdot FR_{cc} \cdot FR_{bc})}$$

ψ_{adm} : Permittividad admisible.

ψ_{ult} : Permittividad última.

FR_{SCB}: Factor de reducción por y taponamiento.

FR_{CR}: Factor de reducción por creep o fluencia.

FR_{IN}: Factor de reducción por intrusión.

FR_{CC}: Factor de reducción por colmatación química.

FR_{BC}: Factor de reducción por colmatación biológica.

Área	Colmatación	Reducción de vacíos por Creep	Intrusión en los vacíos	Colmatación Química	Colmatación Biológica
	FR _{scb}	FR _{cr}	FR _{in}	FR _{cc}	FR _{bc}
Filtros en el espaldón de muros de contención	2.0 a 4.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	1.0 a 1.3
Sistema de subdrenaje	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 4.0
Filtros de control de erosión	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	2.0 a 4.0
Filtros en rellenos sanitarios	2.0 a 10.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 5.0
Drenaje por gravedad	2.0 a 4.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	1.2 a 1.5
Drenaje por presión	2.0 a 3.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3	1.1 a 1.3

Figura 19: Factor de reducción para geotextiles en aplicaciones de drenaje

Fuente: Manual geosintéticos PAVCO (2012)

Luego de obtenidos los valores de la tabla para cada factor de reducción, se procedió al cálculo de la permitividad admisible descrito a continuación.

Tabla 19: Permitividad admisible del geotextil.

PERMITIVIDAD ADMISIBLE			
Geotextiles NT	NT 3000	NT 4000	NT 5000
	0,15	0,10	0,10
FRSCB	2		
FRCR	1,25		
FRIN	1,1		
FRcc	1,25		
FRBC	2		
	0,0218	0,0145	0,0145

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

4.3.6. Factor de Seguridad Global.

Finalmente se compara la permitividad admisible con la requerida para determinar el factor de seguridad global. (Ver Tabla 20).

Dónde:

$$FSg = \frac{\psi_{adm}}{\psi_{req}}$$

FSg: Factor de seguridad global.

ψ_{adm} : Permitividad admisible.

ψ_{req} : Permitividad requerida.

Tabla 20: Factor de seguridad global del geotextil.

FACTOR DE SEGURIDAD GLOBAL			
Geotextil NT			FSg
3000	0,0218	1,05E-05	2,08E+03
4000	0,0145		1,38E+03
5000	0,0145		1,38E+03

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

4.3.7. Evaluación del geotextil a Usar en el Filtro.

El filtro evita una excesiva migración de partículas de suelo y simultáneamente permite el paso del agua, lo anterior implica que el geotextil debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo, cumpliendo simultáneamente con un valor mínimo admisible de permeabilidad que permita el paso del flujo de una manera eficiente a la geored. Para la selección del geotextil hay que tener en cuenta la resistencia a la colmatación y durabilidad.

La metodología de diseño, consiste en revisar, cuál de los geotextiles, satisface las características hidráulicas y mecánicas que resulten de la revisión de los criterios de diseño que se presentan a continuación:

✓ Criterio de Retención

Asegura que las aberturas sean lo suficientemente pequeñas para evitar la migración del suelo hacia el medio drenante o hacia dónde se dirige el flujo. De acuerdo con lo establecido en "Geotextiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administration (FHWA) y basados en los criterios de retención de Christopher y Holtz (1989), Carroll (1983), un geotextil debe cumplir con la siguiente condición. (Ver Tabla 21).

Dónde:

TAA: Es el tamaño de abertura aparente, dato suministrado por el fabricante corresponde a la abertura de los espacios libres (mm).

D₈₅: Tamaño de las aberturas (mm).

B: Coeficiente que depende del tipo de geotextil.

Para geotextiles no tejidos: B= 1,8

Tabla 21: Criterio de retención en la escogencia del geotextil.

CRITERIO DE RETENCIÓN					
Geotextil NT	TAA	D ₈₅	B	D ₈₅ *B	TAA < D ₈₅ *B
3000	0,150	9,50	1,80	17,10	CUMPLE
4000	0,106	9,50	1,80	17,10	CUMPLE
5000	0,125	9,50	1,80	17,10	CUMPLE

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020).

✓ **Criterio de Permeabilidad.**

Se debe permitir un adecuado flujo del agua a través del geotextil considerando su habilidad para esto. Para la estimación del criterio de permeabilidad existen dos condiciones, siendo la primera una condición de flujo estable y la segunda es condiciones de flujo crítico, como se busca un correcto desempeño del diseño a largo plazo reduciendo riesgos la estimación se hará por condiciones de flujo crítico. (Ver Tabla 22).

Dónde:

$$K_g > 10 * K_s$$

K_g : Permeabilidad del geotextil.

K_s : Permeabilidad del suelo.

Tabla 22: Criterio de permeabilidad en la escogencia del geotextil.

CRITERIO DE PERMEABILIDAD				
Geotextil NT	K_g	K_s	$10 * K_s$	$K_g > 10 * K_s$
3000	0,27	2,38E-03	2,38E-02	CUMPLE
4000	0,20	2,38E-03	2,38E-02	CUMPLE
5000	0,22	2,38E-03	2,38E-02	CUMPLE

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

✓ **Criterio de Colmatación.**

Este criterio está relacionado con la porosidad del geotextil, lo cual incide en forma directa en la permeabilidad, por cuanto a menor porosidad el riesgo de incrustación de partículas de material en el geotextil se incrementa. Para este efecto, en general se emplean los geotextiles no tejidos por presentar una mayor resistencia a la colmatación.

Los geotextiles con una mayor resistencia a la colmatación, son los geotextiles no tejidos punzonados por agujas, en los cuales el riesgo a que se taponen gran parte de sus orificios es muy bajo debido al espesor que poseen y a los altos valores de porosidad que presentan. Debido a que el geotextil a utilizar para el diseño del proyecto es un geotextil no tejido la porosidad de los geotextiles no tejidos punzonados por

agujas son superiores al 80%, por lo tanto, este tipo de geotextiles cumplen con este criterio.

✓ **Criterio de Durabilidad.**

Este criterio se basa en la resistencia que debe tener un geotextil en el tiempo, bien sea por ataque químico, biológico o por intemperismo. Los geotextiles por ser un material fabricado de polipropileno, no son biodegradables, son altamente resistentes al ataque químico como por ejemplo en el manejo de lixiviados.

No se recomienda el uso de los geotextiles como sistemas de drenaje en sitios donde vayan a quedar expuestos a los rayos ultravioleta por un tiempo prolongado. Donde por razones de instalación y funcionamiento los geotextiles estén expuestos al ataque de los rayos ultravioleta, estos deberán estar fabricados por compuestos, que le proporcionan una alta resistencia a la degradación UV.

✓ **Criterio de Supervivencia.**

El geotextil en el proceso de instalación y a lo largo de su vida útil puede estar sometido a unos esfuerzos, en los cuales deben ser soportados por el mismo, de tal manera que no afecten drásticamente sus propiedades físicas, hidráulicas y físicas.

El geotextil debe tener unos valores mínimos de resistencia mecánica con el objeto que soporte las actividades de instalación y manipulación. Estas propiedades son: resistencia a la tensión, resistencia al punzonamiento, resistencia al estallido y resistencia al rasgado. (Ver Tabla 23).

Tabla 23: Rango de propiedades representativas de geotextiles

	Resistencia a la Tensión	Elongación Máxima	Caudal de Flujo	Peso Unitario
Geotextil	kN/m	%	l/m2/s	g/m3
TEJIDOS				
Monofilamento	20 a 80	5 a 35	25 a 2000	150 a 300
Hilo	40 a 800	5 a 30	20 a 80	250 a 1300
Cinta	8 a 90	15 a 20	5 a 15	100 a 200
NO TEJIDOS				
Punzonado	7 a 90	50 a 80	25 a 200	150 a 2000
Fundido	3 a 25	20 a 60	25 a 150	70 a 350
Con Resina	4 a 30	30 a 50	20 a 100	130 a 800

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020)

4.3.8. Geotextil Adecuado para el Diseño.

Ahora se procedió a seleccionar el tipo de filtro a utilizar, que garantice suficiente capacidad de descarga como para eliminar rápida y eficazmente las aguas que se colecten, sin que se generen fuerzas de filtración o presiones perjudiciales.

Se ha realizado una comparación de tres geotextiles para verificar cual se adecua mejor al diseño necesario para nuestra vialidad en estudio. Todos los factores verificados cumplen con la condición, pero hemos descartado el geotextil NT 3000 ya que no cumple con la función de estabilización.

Por los cálculos y criterios demostrados se ha seleccionado el geotextil NT 4000, se considera el más adecuado ya que cumple con las propiedades mecánicas, hidráulicas y físicas, para una función óptima de filtración, protección, drenaje, separación y estabilización del tramo en estudio, siendo un diseño más económico ya que el NT 5000 también cubre las necesidades de la vialidad. (Ver Tabla 24).

Tabla 24: Especificaciones Técnicas Geotextiles Rango NT 3000-NT 5000

Método Grab					
Resistencia a la tensión	ASTM D4632	N (lb)	830 (187)	1080 (243)	1165 (262)
Elongación		%	>50	>50	>50
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N (lb)	440 (100)	590 (134)	700 (159)
Método CBR					
Resistencia al punzonamiento	ASTM D6241	kN	2.4	3.1	3.4
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D4533	N (lb)	315 (71)	360 (81)	420 (94)
Método Mullen Burst					
Resistencia al Estallido	ASTM D3786	kPa (psi)	2208 (320)	2829 (410)	3174 (460)
Tamaño de abertura aparente	ASTM D4751	mm (N. tamiz)	0.125 (120)	0.09 (170)	0.09 (170)
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	35x10 ⁻²	26x10 ⁻²	24x10 ⁻²
Permitividad	ASTM D4491	s ⁻¹	1.8	1.2	1.0
Tasa de flujo	ASTM D4491	L/min/m ²	4980	3440	3160
Retención de asfalto	ASTM D6140	L/m ²	N.A	N.A	N.A
Espesor	ASTM D5199	mm	2.0	2.2	2.4
Resistencia UV @ 500 horas	ASTM D4355	%	>70	>70	>70
Punto de fusión	ASTM D276	°C	N.A	N.A	N.A
Rollo ancho	Medido	m	3.5*3.8*4.0	3.5*3.8*4.0	3.5*3.8*4.0
Rollo largo	Medido	m	120	130	120
Rolo área	Calculado	m ²	420*456*480	455*494*520	420*456*480

Filtración			X	X	X
Drenaje			X	X	X
Protección			X	X	X
Separación			X	X	X
Estabilización				X	X
Pavimentación					

Fuente: (Azuaje y Rodríguez, 2020) Basado en el Manual geosintéticos PAVCO (2012).

4.3.9. Consideraciones generales respecto empleo de las tuberías perforadas.

Para el adecuado funcionamiento del subdren, se debe garantizar la cámara de aire a presión atmosférica en la tubería, para que el flujo se desplace al interior del mismo y se mantenga el flujo con superficie libre. El flujo que penetra por los orificios, será conducido por la canaleta inferior del tubo con un ángulo de desarrollo de 90°. (Ver en Figura 20).

La descarga de las aguas de lluvia captadas por sistema de subdrenaje propuesto se efectuará de manera adecuada a través de los siguientes mecanismos: a un cauce natural o área verde inundable donde no genere afectaciones de ningún tipo. Considerando que ya se dispone un sistema de drenaje en la Av. “Don Julio Centeno”, pero por limitaciones no pudo efectuarse un estudio detallado del mismo; se deberá considerar la descarga en el canal de aguas de lluvia o colector de drenaje existente siempre y cuando el mismo se encuentre presente y se posibilite dicha conexión entre los sistemas de drenaje. Además es importante considerar que por el propio mecanismo de funcionamiento de la zanja de subdrenaje, el sistema podría recolectar el agua de tal manera que cuando cese la precipitación por condición propia la misma percole en el suelo adyacente a la zanja de subdrenaje, ya que la pendiente definida en el sistema y la tubería de drenaje proyectada permitirían la conducción del gasto a un punto bajo de acuerdo al perfil longitudinal de la vía; garantizando el objetivo primordial que es el desalojar el agua de la estructura vial.

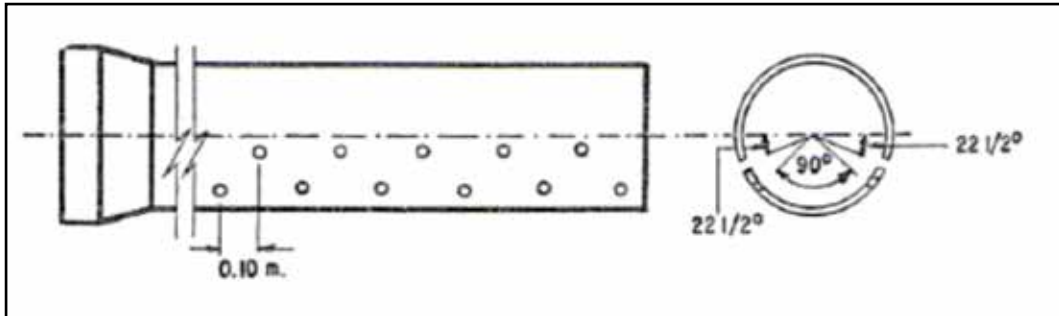


Figura 20: Detalle de tubería perforada para subdrenes.

Fuente: Rico Alfonso (2005)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.4. CONCLUSIONES

La implementación de un sistema de subdrenajes es de suma importancia en la preservación de una vía, pues permite interceptar el agua subterránea, el agua de infiltración e incluso una porción de las aguas superficiales que percolan en el suelo.

Luego de efectuado el presente estudio y analizado las variables pertinentes correspondientes al diseño de un sistema de subdrenaje en la ciclovía tramo de estudio Urbanización El Morro I - Urbanización El Remanso del Municipio San Diego, Estado Carabobo, se evidencia la factibilidad de implementar este tipo de sistema de drenaje profundo, haciendo énfasis en que en función de una inspección preliminar efectuada existe una marcada deficiencia en el sistema de recolección de aguas pluviales en base al sistema de drenaje superficial existente.

En vista de que los sistemas de subdrenajes fácilmente pueden complementar los sistemas de drenaje tradicionales se establece que el diseño objeto de la presente investigación representa una opción adecuada para integrarse con las estructuras existentes, lo cual representa una enorme ventaja para lograr consolidar una adecuada infraestructura en la recolección de aguas pluviales, tanto en el tramo de estudio como a futuro ser implementado en otras vías de interés.

Se efectuó el diagnóstico de la situación actual y el estudio de las variables relacionadas con el desarrollo de un sistema de subdrenaje (topográficas, geológicas, hidrológicas e hidráulicas, factibilidad técnica) presentes en el tramo en estudio esto con la finalidad de lograr un diseño acorde a las necesidades e importancia de la vía. El tramo analizado abarca 6.047,49 m de longitud que inicia desde la primera intersección (I0): Sector Campo Solo y finaliza en la última intersección (I7): Urbanización El Remanso, el cual presenta pendientes variables que se encuentran en

el rango de 0,04% a 4,84%. Se adopta el criterio de efectuar el estudio de tramos de longitud delimitados claramente con el empleo de tanquillas de aguas pluviales, las cuales permitirán la descarga de las aguas al Río Cúpira. El tipo de ciclovía corresponde a una estructura vial unidireccional; el sistema de subdrenaje se ubicará de forma paralela al carril de la ciclovía, cuyo ancho de la calzada corresponde a una distancia de 2,00 metros.

En base al estudio geotécnico de referencia se establece claramente la no presencia del nivel freático hasta una profundidad de 2,00 a 3,00 metros, evidenciando aguas de infiltración en estratos de 10,00 metros de profundidad; considerando la proximidad al Río Cúpira que puede haber variaciones del nivel freático en los meses lluviosos del nivel freático (NF), esto en base a establecer la distancia del estudio de referencia con respecto al área de estudio y a su vez en función del mes donde fue llevado a cabo. En base a este punto se efectuó el diseño no considerando el gasto de abatimiento del nivel freático en vista de que lo reflejado en el estudio y comparando con otros estudios de la zona lo ubican por debajo de la rasante del subdren.

En referencia al estudio hidrológico, se efectuaron los cálculos para la obtención de los tiempos de concentración los cuales son necesarios para el patrón de diseño en el drenaje vial. En la determinación del periodo de retorno para el subdrenaje diferentes autores y bibliografías consideran un rango de valores en función de la naturaleza e importancia del mismo, en el presente estudio se consideró un periodo de retorno (Tr) de 10 años, esto con la finalidad de obtener un dimensionamiento del sistema el cual permite manejar gastos acordes a los generados por eventos de precipitación anteriores registrados en la zona, sin que ello cause impacto apreciable en los factores técnicos y económicos. Respecto a la duración de la lluvia en base a la información del tiempo de concentración y en recopilación de diversas fuentes presentan variabilidad de criterios en el presente estudio se consideró una duración de 120 minutos. Para determinar el valor del Ir se empleó el estudio efectuado por Valencia, F., en el cual se obtiene el valor de la precipitación máxima horaria de 91,3

mm/h para luego proceder a la determinación del gasto de diseño del sistema de subdrenaje.

En la escogencia del sistema de subdrenaje el presente diseño, se estableció emplear un subdrenaje longitudinal del tipo zanja drenante. La razón del mismo es la facilidad de construcción, eficiencia y simplicidad; estando conformado por una excavación, la colocación de un geotextil como medio de filtro, un medio drenante conformado por grava y en la parte inferior una tubería perforada para evacuar el agua captada.

La longitud de los tramos de estudio se determinó en 50,00 m lo cual permite uniformizar los gastos que se manejan para establecer dentro del diseño una sección transversal constante para la zanja del subdren la cual será de un ancho de 0.60 m y una profundidad de 0,80 metros, la consideración de uniformizar el sistema es mantener una sección mínima que simplifique la construcción. El ancho viene determinado por el valor mínimo de la pala del equipo retroexcavador y la profundidad mínima para garantizar la seguridad de la tubería del subdren. El material drenante será grava con tamaño uniforme de 19 mm (3/4") lo cual representa un material drenante acorde a las necesidades del sistema. A su vez la tubería del subdren arrojó un diámetro de 4" (110 mm) la cual será del tipo perforada. Respecto a este particular podría emplearse una tubería de menor diámetro, pero se considera este valor debido a la importancia de la "Avenida Don Julio Centeno", esto permitiría manejar gastos mayores a los proyectados sirviendo como sistema primario para la vía en estudio, y a su vez, complemento a las estructuras de drenaje existentes en la zona.

En referencia al tipo de geotextil determinado en el diseño luego de evaluar los diferentes parámetros (retención, permeabilidad, colmatación y supervivencia) para la escogencia del mismo, será del tipo no tejido NT 4000 en base al criterio de que otros modelos de geotextil igualmente cumplen; pero este en base a criterios técnicos y económicos es el más adecuado para el sistema propuesto. Los geotextiles no tejidos no intervienen en la permeabilidad del tipo de suelo que se presente.

En el diseño vial, la consecuencia de la ausencia de sistemas de subdrenaje eficientes y estables conlleva a la saturación de la estructura de pavimento. Los subdrenajes no son diseñados ni construidos en la mayoría de los casos, porque se asume que las carpetas del pavimento son impermeables, cuando en realidad dejan pasar un porcentaje apreciable del agua de lluvia precipitada sobre ellas. El agua infiltrada, sumada a la subterránea, pueden llegar a inundar la estructura vial; condición que conduce el deterioro acelerado de los pavimentos.

Finalmente se puede concluir que un buen manejo del agua en las estructuras viales conlleva a una reducción notable de los costos por mantenimiento de la misma, recalcando la importancia que el subdrenaje tiene independientemente de los costos que acarrea la implementación de dicho sistema.

4.5. RECOMENDACIONES.

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se establecen las siguientes recomendaciones:

- Establecer mecanismos de actualización de documentos técnicos que permitan el desarrollo de sistemas de drenaje integrales (superficial y la inclusión de drenajes profundos) con la finalidad de adaptar normativas acordes con la necesidades y requerimientos que ameritan las estructuras viales siendo posible su aplicabilidad tanto a vías que se encuentran en servicio, como aquellas que se proyecten a futuro.
- Adoptar un plan de gestión para la implementación de sistemas de drenaje integrales, con la integración de los organismos con competencia en la materia para su puesta en marcha para cubrir las necesidades en base a los requerimientos de la infraestructura de recolección de agua pluviales en el Municipio San Diego.
- Elaborar un estudio de factibilidad técnica con la inclusión de diversas propuestas de sistemas de recolección de aguas pluviales, como por ejemplo los SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible), lo cual sumado a estudios

económicos y de impacto socio-ambiental, puedan sustentar adecuadamente el presente diseño para su materialización.

- Por la cercanía que presenta la estructura de la ciclovía respecto a la Avenida “Don Julio Centeno” así como al cauce del Río Cúpira, se hace necesario un estudio detallado que corresponda al análisis de áreas de inundación; para con ello efectuar un estudio integral de todos los sistemas de drenaje existentes, y proyectar las estructuras requeridas para minimizar los impactos causados por la crecida.
- Según se constata en inspecciones efectuadas se evidencia un marcado deterioro y deficiencia de los sistemas de drenaje existentes en el tramo de estudio, por lo cual se hace necesario establecer planes de mantenimiento preventivo y/o correctivo aplicable a la infraestructura hidráulica de recolección de aguas pluviales.
- Es común que si bien es cierto y se coincide en el punto de que un sistema de subdrenaje es conveniente y beneficioso, se hace marcada la tendencia de indicar que el mismo representa un costo y en muchos casos se establece que es elevado, por lo cual se omite su inclusión en un proyecto de vialidad la mayoría de las veces; por lo cual se recomienda un estudio detallado para que independiente del costo del mismo, sea proyectado y forme parte de la vialidad si las condiciones del sitio así lo requieren.
- Para garantizar la funcionalidad del sistema de subdrenaje propuesto como complemento del sistema de drenaje de la vialidad en estudio, es necesario mantener un control estricto de calidad de la obra, tanto de los materiales usados como del proceso constructivo empleado en caso de materializar el presente diseño.
- En el marco de la sostenibilidad ambiental, establecer el estudio e inclusión de los SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) los cuales permitirían dar una respuesta hidrológica con lo cual, la zona afectada sea lo más parecida

posible a la que tenía en su estado original, la cual ha sido modificada por diferentes factores entre ellos los de naturaleza antropogénica.

- La adecuada ejecución en campo para garantizar que el sistema funcione en condiciones óptimas exige cuidadosos levantamientos topográficos y un seguimiento muy estricto para que la colocación de los componentes del sistema se construya en las condiciones técnicamente exigidas.

Apéndice A: Tablas de Resultados del Diseño de Sistema de Sub – drenajes de aguas pluviales para la ciclovia. Tramo de Estudio: Urbanización El Morro I – Urbanización El Remanso en el Municipio San Diego, Edo. Carabobo

**DISEÑO DE SISTEMA DE SUB – DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES
PARA LA CICLOVÍA. TRAMO DE ESTUDIO: URBANIZACIÓN EL
MORRO I – URBANIZACIÓN EL REMANSO EN EL MUNICIPIO SAN
DIEGO, EDO. CARABOBO.**

Autor (es): Rodríguez C. Sinaí.
C.I: V - 24.904.497
Azuaje B. Pedro M.
C.I: V- 21.004.173

San Diego, Junio de 2020.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pág.
A - 1 Variación de pendiente (Tramo I0 - I1).....	89
A - 2 Variación de pendiente (Tramo I1 - I2).....	89
A - 3 Variación de pendiente (Tramo I2 - I3).....	90
A - 4 Variación de pendiente (Tramo I3 - I4).....	90
A - 5 Variación de pendiente (Tramo I4 - I5).....	90
A - 6 Variación de pendiente (Tramo I5 - I6).....	91
A - 7 Variación de pendiente (Tramo I6 - I7).....	91
A - 8 Dirección del sentido de drenaje (Tramo I0 - I1)	92
A - 9 Dirección del sentido de drenaje (Tramo I1 - I2).....	92
A - 10 Dirección del sentido de drenaje (Tramo I2 - I3)	93
A - 11 Dirección del sentido de drenaje (Tramo I3 - I4)	93
A - 12 Dirección del sentido de drenaje (Tramo I4 - I5)	94
A - 13 Dirección del sentido de drenaje (Tramo I5 - I6).....	94
A - 14 Dirección del sentido de drenaje (Tramo I6 - I7)	95
A - 15 Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I0 - I1)....	95
A - 16 Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I1 - I2)....	95
A - 17 Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I2 - I3)....	96
A - 18 Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I3 - I4)....	96
A - 19 Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I4 - I5)....	97
A - 20 Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I5 - I6)....	97
A - 21 Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I6 - I7)....	98
A - 22 Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I0 - I1).....	99
A - 23 Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I1 - I2)	99
A - 24 Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I2 - I3).....	100
A - 25 Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I3 - I4)	100
A - 26 Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I4 - I5)	101
A - 27 Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I5 - I6)	101

A - 28	Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I6 – I7).	102
A - 29	Gasto total de infiltración	102
A - 30	Gasto total de diseño.	103
A - 31	Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I0 – I1).....	103
A - 32	Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I1 – I2).....	103
A - 33	Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I2 – I3).....	104
A - 34	Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I3 – I4).....	104
A - 35	Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I4 – I5).....	104
A - 36	Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I5 – I6).....	105
A - 37	Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I6 – I7).....	106
A - 38	Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I0 – I1)	106
A - 39	Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I0 – I1).	106
A - 40	Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I0 – I1).	107
A - 41	Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I0 – I1)	107
A - 42	Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I0 – I1).	108
A - 43	Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I0 – I1).	108
A - 44	Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I0 – I1)	109
A - 45	Cálculo para el diseño de tuberías del subdrenaje (Tramo I0 – I1).....	110
A - 46	Cálculo para el diseño de tuberías del subdrenaje (Tramo I1 – I2).....	110
A - 47	Cálculo para el diseño de tuberías del subdrenaje (Tramo I2 – I3).....	111
A - 48	Cálculo para el diseño de tuberías del subdrenaje (Tramo I3 – I4).....	111
A - 49	Cálculo para el diseño de tuberías del subdrenaje (Tramo I4 – I5).....	112
A - 50	Cálculo para el diseño de tuberías del subdrenaje (Tramo I5 – I6).....	112
A - 51	Cálculo para el diseño de tuberías del subdrenaje (Tramo I6 – I7).....	113

A1. Variación de pendiente (Tramo I0 – I1).

ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE PENDIENTE EN EL TRAMO					
I0-I1 (Campo Solo - Morro I)					
Progresiva	Km	Distancia (m)	Cota (msnm)	S m/m	S %
0+000	0	0,00	463,41	-	-
0+145,69	0,1456915	145,69	460,95	-0,01688517	- 1,689
0+203,03	0,2030293	203,03	460,32	-0,01098709	- 1,099
0+290,15	0,2901537	290,15	461,04	0,00826446	0,826
0+374,37	0,3743664	374,37	460,62	-0,00498694	- 0,499
0+476,91	0,4769083	476,91	460,89	0,00263312	0,263

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A2. Variación de pendiente (Tramo I1 – I2).

ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE PENDIENTE EN EL TRAMO					
I1 - I2 (Morro I - Embotelladora)					
Progresiva	Km	Distancia (m)	Cota (msnm)	S m/m	S %
0+476,91	0	0,00	460,87	-	-
0+576,07	0,099162	99,16	460,83	-0,00040339	- 0,040
0+656,51	0,1795979	179,60	461,01	0,00223769	0,224
0+772,57	0,2956551	295,66	461,65	0,00551439	0,551
0+860,78	0,3838744	383,87	460,00	-0,01870536	- 1,871
0+992,52	0,5156138	515,61	458,56	-0,01093062	- 1,093
1+093,91	0,616998	617,00	457,61	-0,00936976	- 0,937
1+273,46	0,79655	796,55	459,53	0,0106934	1,069
1+399,61	0,922698	922,70	458,92	-0,00483551	- 0,484
1+521,11	1,0442037	1.044,20	459,65	0,00600823	0,601
1+601,53	1,124617	1.124,62	460,46	0,01007212	1,007

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A3. Variación de pendiente (Tramo I2 – I3).

ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE PENDIENTE EN EL TRAMO					
I2 -I3 (Embotelladora - Urb. La Esmeralda)					
Progresiva	Km	Distancia (m)	Cota (msnm)	S m/m	S %
1+601,53	0	0,00	460,45	-	-
1+686,18	0,084648	84,65	461,60	0,01358535	1,359
1+804,71	0,2032304	203,23	464,58	0,02513071	2,513
1+875,13	0,2735966	273,60	464,67	0,00127895	0,128
1+985,67	0,38414	384,14	464,89	0,00199023	0,199

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A4. Variación de pendiente (Tramo I3 – I4).

ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE PENDIENTE EN EL TRAMO					
I3 - I4 (Urb. La Esmeralda - Olga Bayone)					
Progresiva	Km	Distancia (m)	Cota (msnm)	S m/m	S %
1+985,67	0	0,00	464,89	-	-
2+127,51	0,1418444	141,84	463,96	-0,00655668	-0,656
2+264,98	0,2793075	279,31	463,55	-0,00298247	-0,298
2+344,73	0,3590639	359,06	464,50	0,01191223	1,191
2+413,28	0,4276142	427,61	464,95	0,00656455	0,656
2+482,00	0,4963254	496,33	464,86	-0,00130966	-0,131
2+553,22	0,5675462	567,55	464,21	-0,00912665	-0,913
2+617,81	0,6321353	632,14	462,19	-0,03127419	-3,127
2+748,42	0,7627458	762,75	459,22	-0,02273945	-2,274
2+809,62	0,8239467	823,95	462,18	0,04836601	4,837
2+865,47	0,8797991	879,80	463,69	0,02703671	2,704
2+897,22	0,9115549	911,55	463,92	0,00724409	0,724

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A5. Variación de pendiente (Tramo I4 – I5).

ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE PENDIENTE EN EL TRAMO					
I4 - I5 (Olga Bayone - Montemayor Res)					
Progresiva	Km	Distancia (m)	Cota (msnm)	S m/m	S %
2+897,22	0	0,00	463,98	-	-
2+930,51	0,0332892	33,29	464,14	0,00480625	0,481
3+089,52	0,1922952	192,30	461,39	-0,01729451	-1,729
3+213,4	0,3161792	316,18	463,42	0,01638683	1,639

ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE PENDIENTE EN EL TRAMO					
I4 - I5 (Olga Bayone - Montemayor Res)					
Progresiva	Km	Distancia (m)	Cota (msnm)	S m/m	S %
3+213,4	0,3161792	316,18	463,42	0,01638683	1,639
3+347,45	0,4502311	450,23	463,84	0,00313316	0,313
3+438,39	0,5411687	541,17	463,34	-0,00549813	-0,550
3+520,67	0,6234505	623,45	465,37	0,02467185	2,467
3+550,31	0,6530877	653,09	465,44	0,00236167	0,236

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A6. Variación de pendiente (Tramo I5 – I6).

ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE PENDIENTE EN EL TRAMO					
I5 – I6 (Montemayor Res – Monteserino)					
Progresiva	Km	Distancia (m)	Cota (msnm)	S m/m	S %
3+550,31	0	0,00	465,45	-	-
3+615,31	0,065003	65,00	465,55	0,00153846	0,154
3+715,05	0,164744	164,74	465,27	-0,0028073	-0,281
3+801,38	0,251069	251,07	466,05	0,0090351	0,904
3+888,02	0,337711	337,71	466,09	0,00046168	0,046
3+987,19	0,436876	436,88	466,79	0,00705859	0,706
4+039,25	0,488943	488,94	467,02	0,00441798	0,442
4+069,75	0,519435	519,44	467,15	0,0042623	0,426
4+107,77	0,5574617	557,46	467,47	0,00841662	0,842
4+156,87	0,6065614	606,56	467,67	0,00407332	0,407
4+250,06	0,6997526	699,75	468,05	0,00407769	0,408
4+368,66	0,8183498	818,35	468,64	0,0049747	0,497
4+447,93	0,8976222	897,62	466,98	-0,02094109	-2,094
4+514,26	0,9639537	963,95	466,19	-0,01191015	-1,191
4+573,03	1,0227207	1.022,72	466,00	-0,00323294	-0,323
4+717,64	1,1673304	1.167,33	467,86	0,01286218	1,286
4+850,84	1,3005296	1.300,53	466,92	-0,00705706	-0,706
4+948,95	1,3986426	1.398,64	467,80	0,00896952	0,897
5+043,72	1,4934396	1.493,44	469,00	0,01265823	1,266
5+073,40	1,52309	1.523,09	469,00	0	0,000

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A7. Variación de pendiente (Tramo I6 – I7).

ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE PENDIENTE EN EL TRAMO					
I6 - I7 (Monteserino - Remanso)					
Progresiva	Km	Distancia (m)	Cota (msnm)	S m/m	S %
5+073,40	0	0,00	469,00	-	-
5+175,02	0,1016158	101,62	470,81	0,01781145	1,781
5+359,53	0,2861891	286,19	468,27	-0,01376172	-1,376
5+522,74	0,4493383	449,34	470,57	0,01409746	1,410
5+647,35	0,5739529	573,95	471,99	0,01139555	1,140
5+755,31	0,6819125	681,91	472,57	0,00537236	0,537
5+822,59	0,7491877	749,19	474,61	0,03032105	3,032
5+876,26	0,802861	802,86	474,10	-0,00950252	-0,950
5+935,24	0,8618412	861,84	473,12	-0,0166158	-1,662
5+985,72	0,9123213	912,32	473,59	0,00931062	0,931
6+010,60	0,9372026	937,20	473,77	0,00723473	0,723
6+047,49	0,9740881	974,09	473,80	0,00081323	0,081

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A8. Dirección del sentido de drenaje (Tramo I0 – I1).

DIRECCIÓN DEL SENTIDO DEL FLUJO VIALIDAD TRAMO I0-I1						
I0: Entrada Campo Solo-I1: Urb. El Morro 1						
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	S (m/m)	L*S (m/m)	S Media (m/m)
	0+000	0,00	-			-0,00817
1	0+145,69	145,69	-1,69	-0,0169	-2,46216	
2	0+203,03	57,34	-1,10	-0,0110	-0,63074	
3	0+290,15	87,12	0,83	0,0083	0,72310	0,00830
4	0+374,37	84,22	-0,50	-0,0050	-0,42110	-0,00500
5	0+476,91	102,54	0,26	0,0026	0,26660	0,00260
		476,91				

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A9. Dirección del sentido de drenaje (Tramo I1 – I2).

DIRECCIÓN DEL SENTIDO DEL FLUJO VIALIDAD TRAMO I1-I2						
I1: Urb. El Morro 1-I2: Embotelladora Municipal						
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	S (m/m)	L*S (m/m)	S Media (m/m)
	0+476,91	0,00	-			-0,00040
6	0+576,07	99,16	-0,04	-0,0004	-0,03966	
7	0+656,51	80,44	0,22	0,0022	0,17697	0,00415
DIRECCIÓN DEL SENTIDO DEL FLUJO VIALIDAD TRAMO I1-I2						
I1: Urb. El Morro 1-I2: Embotelladora Municipal						
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	S (m/m)	L*S (m/m)	S Media (m/m)
8	0+772,57	116,06	0,55	0,0055	0,63833	-0,01257
9	0+860,78	88,21	-1,87	-0,0187	-1,64953	
10	0+992,52	131,74	-1,09	-0,0109	-1,43597	
11	1+093,91	101,39	-0,94	-0,0094	-0,95307	0,01070
12	1+273,46	179,55	1,07	0,0107	1,92119	
13	1+399,61	126,15	-0,48	-0,0048	-0,60552	-0,00480
14	1+521,11	121,50	0,60	0,0060	0,72900	0,00763
15	1+601,53	80,42	1,01	0,0101	0,81224	
		1.124,62				

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A10. Dirección del sentido de drenaje (Tramo I2 – I3).

DIRECCIÓN DEL SENTIDO DEL FLUJO VIALIDAD TRAMO I2-I3						
I2: Embotelladora Municipal-I3: Urb. La Esmeralda						
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	S (m/m)	L*S (m/m)	S Media (m/m)
	1+601,53	0,00	-			0,01156
16	1+686,18	84,65	1,36	0,0136	1,15124	
17	1+804,71	118,58	2,51	0,0251	2,97636	
18	1+875,13	70,37	0,13	0,0013	0,09148	
19	1+985,67	110,54	0,20	0,0020	0,22108	
		384,14				

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A11. Dirección del sentido de drenaje (Tramo I3 – I4).

DIRECCIÓN DEL SENTIDO DEL FLUJO VIALIDAD TRAMO I3-I4						
I3: Urb. La Esmeralda-I4: Olga Bayone						
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	S (m/m)	L*S (m/m)	S Media (m/m)
	1+985,67	0,00	-			-0,00483
20	2+127,51	141,84	-0,66	-0,0066	-0,93614	
21	2+264,98	137,47	-0,30	-0,0030	-0,41241	
22	2+344,73	79,75	1,19	0,0119	0,94903	0,00640
23	2+413,28	68,55	0,66	0,0066	0,45243	
24	2+482,00	68,72	-0,13	-0,0013	-0,08934	-0,01708
25	2+553,22	71,22	-0,91	-0,0091	-0,64810	
26	2+617,81	64,59	-3,13	-0,0313	-2,02167	
27	2+748,42	130,61	-2,27	-0,0227	-2,96485	
28	2+809,62	61,20	4,84	0,0484	2,96208	0,03158
29	2+865,47	55,85	2,70	0,0270	1,50795	
30	2+897,22	31,75	0,72	0,0072	0,22860	
		911,55				

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A12. Dirección del sentido de drenaje (Tramo I4 – I5).

DIRECCIÓN DEL SENTIDO DEL FLUJO VIALIDAD TRAMO I4-I5						
I4: Olga Bayone-I5: Montemayor Residencial						
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	S (m/m)	L*S (m/m)	S Media (m/m)
	2+897,22	0,00	-			0,00480
31	2+930,51	33,29	0,48	0,0048	0,15979	
32	3+089,52	159,01	-1,73	-0,0173	-2,75087	-0,01730
33	3+213,4	123,88	1,64	0,0164	2,03163	0,00788
34	3+347,45	134,05	0,31	0,0031	0,41556	
35	3+438,39	90,94	-0,55	-0,0055	-0,50017	-0,00550
36	3+520,67	82,28	2,47	0,0247	2,03232	0,01816
37	3+550,31	29,64	0,24	0,0024	0,07114	
		653,09				

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A13. Dirección del sentido de drenaje (Tramo I5 – I6).

DIRECCIÓN DEL SENTIDO DEL FLUJO VIALIDAD TRAMO I5-I6						
I5: Montemayor Residencial-I6: Monteserino						
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	S (m/m)	L*S (m/m)	S Media (m/m)
	3+550,31	0,00	-			0,00150
38	3+615,31	65,00	0,15	0,0015	0,09750	
39	3+715,05	99,74	-0,28	-0,0028	-0,27927	-0,00280
40	3+801,38	86,33	0,90	0,0090	0,77697	-0,00517
41	3+888,02	86,64	0,05	0,0005	0,04332	
42	3+987,19	99,17	0,71	0,0071	0,70411	
43	4+039,25	52,06	0,44	0,0044	0,22906	
44	4+069,75	30,50	0,43	0,0043	0,13115	
45	4+107,77	38,02	0,84	0,0084	0,31937	
46	4+156,87	49,10	0,41	0,0041	0,20131	
47	4+250,06	93,19	0,41	0,0041	0,38208	
48	4+368,66	118,60	0,50	0,0050	0,59300	-0,01289
49	4+447,93	79,27	-2,09	-0,0209	-1,65674	
50	4+514,26	66,33	-1,19	-0,0119	-0,78933	
51	4+573,03	58,77	-0,32	-0,0032	-0,18806	
52	4+717,64	144,61	1,29	0,0129	1,86547	0,01290
53	4+850,84	133,20	-0,71	-0,0071	-0,94572	-0,00710
54	4+948,95	98,11	0,90	0,0090	0,88299	0,00397
55	5+043,72	94,80	1,27	0,0127	1,20396	
56	5+073,40	29,65	0,08	0,0008	0,02372	
		1.523,09				

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A14. Dirección del sentido de drenaje (Tramo I6 – I7).

DIRECCIÓN DEL SENTIDO DEL FLUJO VIALIDAD TRAMO I6-I7						
I6: Monteserino-I7: Urb. El Remanso						
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	S (m/m)	L*S (m/m)	S Media (m/m)
	5+073,40	0,00	-			0,01780
57	5+175,02	101,62	1,78	0,0178	1,80884	
58	5+359,53	184,57	-1,38	-0,0138	-2,54707	-0,01380
59	5+522,74	163,15	1,41	0,0141	2,30042	0,01370
60	5+647,35	124,61	1,14	0,0114	1,42055	
61	5+755,31	107,96	0,54	0,0054	0,58298	

DIRECCIÓN DEL SENTIDO DEL FLUJO VIALIDAD TRAMO I6-I7						
I6: Montserino-I7: Urb. El Remanso						
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	S (m/m)	L*S (m/m)	S Media (m/m)
62	5+822,59	67,28	3,03	0,0303	2,03858	
63	5+876,26	53,67	-0,95	-0,0095	-0,50987	-0,00453
64	5+935,24	58,98	-1,66	-0,0166	-0,97907	
65	5+985,72	50,48	0,93	0,0093	0,46946	0,00604
66	6+010,60	24,88	0,72	0,0072	0,17914	
67	6+047,49	36,89	0,08	0,0008	0,02951	
		974,09				

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A15. Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I0 – I1).

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL Tc						
I0: Entrada Campo Solo-I1: Urb. El Morro 1						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	S media (m/m)		S	S
	0+000	203,03	-0,00817	25,00	276,59	2.246,20
1	0+145,69					
2	0+203,03					
3	0+290,15	87,12	0,00830	25,00	274,41	956,27
4	0+374,37	84,22	-0,00500		353,55	1.191,05
5	0+476,91	102,54	0,00260		490,29	2.010,97

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A16. Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I1 – I2).

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL Tc						
I1: Urb. El Morro 1-I2: Embotelladora Municipal						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	S media (m/m)		S	S
	0+374,37	99,16	-0,00040	25,00	1.250,00	4.958,00
6	0+576,07					
7	0+656,51	196,50	0,00415		388,08	3.050,27
8	0+772,57					
9	0+860,78	321,34	-0,01257	25,00	222,98	2.866,14
10	0+992,52					
11	1+093,91					
15	1+601,53					

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL Tc						
I1: Urb. El Morro 1-I2: Embotelladora Municipal						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	S media (m/m)		S	S
12	1+273,46	179,55	0,01070		241,68	1.735,78
13	1+399,61	126,15	-0,00480		360,84	1.820,82
14	1+521,11	201,92	0,00763		286,21	2.311,62

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A17. Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I2 – I3).

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL Tc						
I2: Embotelladora Municipal-I3: Urb. La Esmeralda						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	S media (m/m)		S	S
	1+601,53	384,14	0,01156	25,00	232,52	3.572,82
16	1+686,18					
17	1+804,71					
18	1+875,13					
19	1+985,67					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020)

A18. Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I3 – I4).

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL Tc						
I3: Urb. La Esmeralda-I4: Olga Bayone						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	S media (m/m)		S	S
	1+985,67	279,31	-0,00483	25,00	359,72	4.018,95
20	2+127,51					
21	2+264,98					
22	2+344,73	148,30	0,00640		312,50	1.853,75
23	2+413,28					
24	2+482,00	335,14	-0,01708		191,29	2.564,38
25	2+553,22					
26	2+617,81					
27	2+748,42					
28	2+809,62	148,80	0,03158		140,68	837,33
29	2+865,47					
30	2+897,22					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A19: Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I4 – I5).

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL T_c						
I4: Olga Bayone-I5: Montemayor Residencial						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	S media (m/m)		S	S
	2+897,22	33,29	0,00480	25,00	360,84	480,50
31	2+930,51					
32	3+089,52	159,01	-0,01730		190,07	1.208,93
33	3+213,4	257,93	0,00788		281,63	2.905,62
34	3+347,45					
35	3+438,39	90,94	-0,00550		337,10	1.226,23
36	3+520,67	111,92	0,01816		185,52	830,52
37	3+550,31					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A20. Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I5 – I6).

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL T_c						
I5: Montemayor Residencial-I6: Monteserino						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	S media (m/m)		S	S
	3+550,31	65,00	0,00150	25,00	645,50	1.678,29
38	3+615,31					
39	3+715,05	99,74	-0,00280		472,46	1.884,91
40	3+801,38	653,61	-0,00517		347,69	9.090,20
41	3+888,02					
42	3+987,19					
43	4+039,25					
44	4+069,75					
45	4+107,77					
46	4+156,87	204,37	-0,01289	220,1980912	1800,075356	
47	4+250,06					
48	4+368,66					
49	4+447,93					
50	4+514,26					
51	4+573,03					
52	4+717,64	144,61	0,0129	220,11	1.273,22	

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL Tc						
I5: Montemayor Residencial-I6: Monteserino						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	S media (m/m)		S	S
53	4+850,84	133,20	-0,0071		296,70	1.580,79
54	4+948,95	222,56	0,00397		396,7754157	3532,25346
55	5+043,72					
56	5+073,40					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A21. Parámetros para el cálculo del tiempo de concentración (Tramo I6 – I7).

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL Tc						
I6: Monteserino-I7: Urb. El Remanso						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	S media (m/m)		S	S
	5+073,40	101,62	0,01780		187,38	761,67
57	5+175,02					
58	5+359,53	184,57	-0,01380	25,00	212,81	1.571,16
59	5+5222,74	463,00	0,01370		213,59	3.955,68
60	5+647,35					
61	5+755,31					
62	5+822,59	463,00	0,01370		213,50	3.955,68
63	5+876,26	112,65	-0,00453		371,44	1.673,72
64	5+935,24					
65	5+985,72	112,25	0,00604	25,00	321,68	1.444,33
66	6+010,60					
67	6+047,49					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A22. Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I0 – I1).

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN						
I0: Entrada Campo Solo-I1: Urb. El Morro 1						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	M	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
	0+000	203,03	400,00	0,69	7,42	8,11
1	0+145,69					
2	0+203,03	87,12		0,69	3,85	4,54
3	0+290,15					
4	0+374,37	84,22		0,88	4,56	5,44
5	0+476,91	102,54	1,23	6,82	8,05	

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A23. Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I1 – I2).

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN						
I1: Urb. El Morro 1-I2: Embotelladora Municipal						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	M	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
	0+374,37	99,16	400,00	3,13	13,66	16,79
6	0+576,07					
7	0+656,51	196,50		0,97	9,40	10,37
8	0+772,57					
9	0+860,78	321,34		0,56	8,96	9,52
10	0+992,52					
11	1+093,91					
12	1+273,46	179,55		0,60	6,09	6,69
13	1+399,61	126,15		0,90	6,32	7,22
14	1+521,11	201,92		0,72	7,59	8,31
15	1+601,53					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020)

A24. Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I2 – I3).

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN						
I2: Embotelladora Municipal-I3: Urb. La Esmeralda						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	M	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
	1+601,53	384,14	400,00	0,58	10,61	11,19
16	1+686,18					
17	1+804,71					
18	1+875,13					
19	1+985,67					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A25. Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I3 – I4).

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN						
I3: Urb. La Esmeralda-I4: Olga Bayone						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	M	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
	1+985,67	279,31	400,00	0,90	11,62	12,52
20	2+127,51					
21	2+264,98					
22	2+344,73	148,30		0,78	6,40	7,18
23	2+413,28					
24	2+482,00	335,14		0,48	8,22	8,70
25	2+553,22					
26	2+617,81					
27	2+748,42					
28	2+809,62	148,80		0,35	3,47	3,82
29	2+865,47					
30	2+897,22					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A26. Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I4 – I5).

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN						
I4: Olga Bayone-I5: Montemayor Residencial						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	M	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
	1+985,67	33,29	400,00	0,90	2,26	3,16
31	2+127,51					
32	2+264,98	159,01		0,48	4,61	5,09
33	2+344,73	257,93		0,70	9,05	9,75
34	2+413,28					
35	2+482,00	90,94		0,84	4,66	5,50
36	2+553,22	111,92		0,46	3,45	3,91
37	2+617,81					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A27. Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I5 – I6).

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN						
I5: Montemayor Residencial-I6: Monteserino						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	M	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
	3+550,31	65,00		1,61	5,93	7,54
38	3+615,31					
39	3+715,05	99,74		1,18	6,49	7,67
40	3+801,38	653,61	400,00	0,87	21,78	22,65
41	3+888,02					
42	3+987,19					
43	4+039,25					
44	4+069,75					
45	4+107,77					
46	4+156,87					
47	4+250,06					
48	4+368,66	204,37		0,55	6,26	6,81
49	4+447,93					
50	4+514,26					
51	4+573,03	144,61		0,55	4,80	5,35
52	4+717,64					

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN						
I5: Montemayor Residencial-I6: Monteserino						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	M	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
53	4+850,84	133,20		0,74	5,66	6,40
54	4+948,95	222,56		0,99	10,52	11,51
55	5+043,72					
56	5+073,40					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A28. Cálculo del tiempo de concentración (Tramo I6 – I7).

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN						
I6: Monteserino-I7: Urb. El Remanso						
TRAMO	PROGRESIVA	LONGITUD	M	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
	5+073,40	101,62	400,00	0,47	3,23	3,70
57	5+175,02					
58	5+359,53	184,57		0,53	5,64	6,17
59	5+5222,74	463,00		0,53	11,48	12,01
60	5+647,35					
61	5+755,31					
62	5+822,59					
63	5+876,26	112,65		0,93	5,92	6,85
64	5+935,24	112,25		0,80	5,28	6,08
65	5+985,72					
66	6+010,60					
67	6+047,49					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A29. Gasto de infiltración.

GASTO DE INFILTRACIÓN POR TRAMOS SUBDRENAJE TIPO						
Tramos	Longitud (m)	B (m)	Ir (m/s)	Fi	Fr	Qinf (m3/s)
I0-I7	50,00	2,00	2,53611E-05	0,40	0,33	3,35E-04

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A30. Gasto total de diseño.

GASTO TOTAL DE DISEÑO POR TRAMOS SUBDRENAJE TIPO			
Tramos	Qinf (m3/s)	QNf (m3/s)	Qttotal (m3/s)
I0-I7	3,35E-04	0,00	3,35E-04

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A31. Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I0 – I1).

ÁREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I0-I1							
I0: Entrada Campo Solo-I1: Urb. El Morro 1							
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	V (m/s)	i	Qt (m3/s)	A (m2)
	0+000	0,00	-				
1	0+145,69	145,69	-1,69	0,0060	1,00000	0,00034	0,06
2	0+203,03	57,34	-1,10	0,0048	1,00000	0,00034	0,07
3	0+290,15	87,12	0,83	0,0042	1,00000	0,00034	0,08
4	0+374,37	84,22	-0,50	0,0025	1,00000	0,00034	0,14
5	0+476,91	102,54	0,26	0,0018	1,00000	0,00034	0,19

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A32. Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I1 – I2).

ÁREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I1-I2							
I1: Urb. El Morro 1-I2: Embotelladora Municipal							
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	V (m/s)	i	Qt (m3/s)	A (m2)
	0+476,91	0,00	-				
6	0+576,07	99,16	-0,04	0,0008	1,00000	0,00034	0,43
7	0+656,51	80,44	0,22	0,0012	1,00000	0,00034	0,28
8	0+772,57	116,06	0,55	0,0027	1,00000	0,00034	0,13
9	0+860,78	88,21	-1,87	0,0062	1,00000	0,00034	0,05
10	0+992,52	131,74	-1,09	0,0048	1,00000	0,00034	0,07
11	1+093,91	101,39	-0,94	0,0043	1,00000	0,00034	0,08
12	1+273,46	179,55	1,07	0,0048	1,00000	0,00034	0,07
13	1+399,61	126,15	-0,48	0,0025	1,00000	0,00034	0,14
14	1+521,11	121,50	0,60	0,0028	1,00000	0,00034	0,12
15	1+601,53	80,42	1,01	0,0047	1,00000	0,00034	0,07

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A33. Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I2 – I3).

ÁREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I2-I3							
I2: Embotelladora Municipal-I3: Urb. La Esmeralda							
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	V (m/s)	i	Qt (m3/s)	A (m2)
	1+601,53	0,00	-				
16	1+686,18	84,65	1,36	0,0053	1,00000	0,00034	0,06
17	1+804,71	118,58	2,51	0,0087	1,00000	0,00034	0,04
18	1+875,13	70,37	0,13	0,0010	1,00000	0,00034	0,34
19	1+985,67	110,54	0,20	0,0012	1,00000	0,00034	0,28

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A34. Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I3 – I4).

ÁREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I3-I4							
I3: Urb. La Esmeralda-I4: Olga Bayone							
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	V (m/s)	i	Qt (m3/s)	A (m2)
	1+985,67	0,00	-				
20	2+127,51	141,84	-0,66	0,0030	1,00000	0,00034	0,11
21	2+264,98	137,47	-0,30	0,0024	1,00000	0,00034	0,14
22	2+344,73	79,75	1,19	0,0049	1,00000	0,00034	0,07
23	2+413,28	68,55	0,66	0,0030	1,00000	0,00034	0,11
24	2+482,00	68,72	-0,13	0,0009	1,00000	0,00034	0,38
25	2+553,22	71,22	-0,91	0,0043	1,00000	0,00034	0,08
26	2+617,81	64,59	-3,13	0,0100	1,00000	0,00034	0,03
27	2+748,42	130,61	-2,27	0,0084	1,00000	0,00034	0,04
28	2+809,62	61,20	4,84	0,0125	1,00000	0,00034	0,03
29	2+865,47	55,85	2,70	0,0086	1,00000	0,00034	0,04
30	2+897,22	31,75	0,72	0,0031	1,00000	0,00034	0,11

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A35 Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I4 – I5).

ÁREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I4-I5							
I4: Olga Bayone-I5: Montemayor Residencial							
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	V (m/s)	i	Qt (m3/s)	A (m2)
	2+897,22	0,00	-				
31	2+930,51	33,29	0,48	0,0025	1,00000	0,00034	0,14
32	3+089,52	159,01	-1,73	0,0060	1,00000	0,00034	0,06
33	3+213,4	123,88	1,64	0,0058	1,00000	0,00034	0,06

ÁREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I4-I5							
I4: Olga Bayone-I5: Montemayor Residencial							
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	V (m/s)	i	Qt (m3/s)	A (m2)
34	3+347,45	134,05	0,31	0,0024	1,00000	0,00034	0,14
35	3+438,39	90,94	-0,55	0,0027	1,00000	0,00034	0,13
36	3+520,67	82,28	2,47	0,0086	1,00000	0,00034	0,04
37	3+550,31	29,64	0,24	0,0015	1,00000	0,00034	0,23

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A36: Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I5 – I6).

ÁREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I5-I6							
I5: Montemayor Residencial-I6: Montaserino							
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	V (m/s)	i	Qt (m3/s)	A (m2)
	3+550,31	0,00	-				
38	3+615,31	65,00	0,15	0,0009	1,00000	0,00034	0,38
39	3+715,05	99,74	-0,28	0,0023	1,00000	0,00034	0,15
40	3+801,38	86,33	0,90	0,0043	1,00000	0,00034	0,08
41	3+888,02	86,64	0,05	0,0009	1,00000	0,00034	0,38
42	3+987,19	99,17	0,71	0,0031	1,00000	0,00034	0,11
43	4+039,25	52,06	0,44	0,0025	1,00000	0,00034	0,14
44	4+069,75	30,50	0,43	0,0025	1,00000	0,00034	0,14
45	4+107,77	38,02	0,84	0,0042	1,00000	0,00034	0,08
46	4+156,87	49,10	0,41	0,0025	1,00000	0,00034	0,14
47	4+250,06	93,19	0,41	0,0025	1,00000	0,00034	0,14
48	4+368,66	118,60	0,50	0,0026	1,00000	0,00034	0,13
49	4+447,93	79,27	-2,09	0,0070	1,00000	0,00034	0,05
50	4+514,26	66,33	-1,19	0,0049	1,00000	0,00034	0,07
51	4+573,03	58,77	-0,32	0,0024	1,00000	0,00034	0,14
52	4+717,64	144,61	1,29	0,0050	1,00000	0,00034	0,07
53	4+850,84	133,20	-0,71	0,0031	1,00000	0,00034	0,11
54	4+948,95	98,11	0,90	0,0043	1,00000	0,00034	0,08
55	5+043,72	94,80	1,27	0,0051	1,00000	0,00034	0,07
56	5+073,40	29,65	0,08	0,0009	1,00000	0,00034	0,38

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A37. Área transversal de la zanja de subdrenaje (Tramo I6 – I7).

ÁREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I6-I7							
I6: Montserino-I7: Urb. El Remanso							
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	S %	V (m/s)	i	Qt (m3/s)	A (m2)
	5+073,40	0,00	-				
57	5+175,02	101,62	1,78	0,0060	1,00000	0,00034	0,06
58	5+359,53	184,57	-1,38	0,0054	1,00000	0,00034	0,06
59	5+5222,74	163,15	1,41	0,0055	1,00000	0,00034	0,06
60	5+647,35	124,61	1,14	0,0048	1,00000	0,00034	0,07
61	5+755,31	107,96	0,54	0,0026	1,00000	0,00034	0,13
62	5+822,59	67,28	3,03	0,0100	1,00000	0,00034	0,03
63	5+876,26	53,67	-0,95	0,0043	1,00000	0,00034	0,08
64	5+935,24	58,98	-1,66	0,0060	1,00000	0,00034	0,06
65	5+985,72	50,48	0,93	0,0043	1,00000	0,00034	0,08
66	6+010,60	24,88	0,72	0,0031	1,00000	0,00034	0,11
67	6+047,49	36,89	0,08	0,0009	1,00000	0,00034	0,38

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A38. Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I0 – I1).

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I0-I1				
I0: Entrada Campo Solo-I1: Urb. El Morro 1				
Tramo	Progresiva	A (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
	0+000			
1	0+145,69	0,06	0,60	0,10
2	0+203,03	0,07	0,60	0,12
3	0+290,15	0,08	0,60	0,13
4	0+374,37	0,14	0,60	0,23
5	0+476,91	0,19	0,60	0,32

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A39. Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I1 – I2).

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I1-I2				
I1: Urb. El Morro 1-I2: Embotelladora Municipal				
Tramo	Progresiva	A (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
	0+476,91			
6	0+576,07	0,43	0,60	0,72
7	0+656,51	0,28	0,60	0,47

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I1-I2				
I1: Urb. El Morro 1-I2: Embotelladora Municipal				
Tramo	Progresiva	A (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
8	0+772,57	0,13	0,60	0,22
9	0+860,78	0,05	0,60	0,08
10	0+992,52	0,07	0,60	0,12
11	1+093,91	0,08	0,60	0,13
12	1+273,46	0,07	0,60	0,12
13	1+399,61	0,14	0,60	0,23
14	1+521,11	0,12	0,60	0,20
15	1+601,53	0,07	0,60	0,12

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A40. Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I2 – I3).

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I2-I3				
I2: Embotelladora Municipal-I3: Urb. La Esmeralda				
Tramo	Progresiva	A (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
	1+601,53			
16	1+686,18	0,06	0,60	0,10
17	1+804,71	0,04	0,60	0,07
18	1+875,13	0,34	0,60	0,57
19	1+985,67	0,28	0,60	0,47

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A41. Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I3 – I4).

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I3-I4				
I3: Urb. La Esmeralda-I4: Olga Bayone				
Tramo	Progresiva	A (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
	1+985,67			
20	2+127,51	0,11	0,60	0,18
21	2+264,98	0,14	0,60	0,23
22	2+344,73	0,07	0,60	0,12
23	2+413,28	0,11	0,60	0,18
24	2+482,00	0,38	0,60	0,63
25	2+553,22	0,08	0,60	0,13
26	2+617,81	0,03	0,60	0,05

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I3-I4				
I3: Urb. La Esmeralda-I4: Olga Bayone				
Tramo	Progresiva	A (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
27	2+748,42	0,04	0,60	0,07
28	2+809,62	0,03	0,60	0,05
29	2+865,47	0,04	0,60	0,07
30	2+897,22	0,11	0,60	0,18

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A42. Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I4 – I5).

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I4-I5				
I4: Olga Bayone-I5: Montemayor Residencial				
Tramo	Progresiva	A (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
	2+897,22			
31	2+930,51	0,14	0,60	0,23
32	3+089,52	0,06	0,60	0,10
33	3+213,4	0,06	0,60	0,10
34	3+347,45	0,14	0,60	0,23
35	3+438,39	0,13	0,60	0,22
36	3+520,67	0,04	0,60	0,07
37	3+550,31	0,23	0,60	0,38

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A43. Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I5 – I6).

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I5-I6				
I5: Montemayor Residencial-I6: Monteserino				
Tramo	Progresiva	A (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
	3+550,31			
38	3+615,31	0,38	0,60	0,63
39	3+715,05	0,15	0,60	0,25
40	3+801,38	0,08	0,60	0,13
41	3+888,02	0,38	0,60	0,63
42	3+987,19	0,11	0,60	0,18
43	4+039,25	0,14	0,60	0,23
44	4+069,75	0,14	0,60	0,23
45	4+107,77	0,08	0,60	0,13
46	4+156,87	0,14	0,60	0,23
47	4+250,06	0,14	0,60	0,23

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I5-I6				
I5: Montemayor Residencial-I6: Monteserino				
Tramo	Progresiva	A (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
48	4+368,66	0,13	0,60	0,22
49	4+447,93	0,05	0,60	0,08
50	4+514,26	0,07	0,60	0,12
51	4+573,03	0,14	0,60	0,23
52	4+717,64	0,07	0,60	0,12
53	4+850,84	0,11	0,60	0,18
54	4+948,95	0,08	0,60	0,13
55	5+043,72	0,07	0,60	0,12
56	5+073,40	0,38	0,60	0,63

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A44. Dimensionamiento de la zanja de subdrenaje (Tramo I6 – I7).

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE TRAMO I6-I7				
I6: Monteserino-I7: Urb. El Remanso				
Tramo	Progresiva	A (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
	5+073,40			
57	5+175,02	0,06	0,60	0,10
58	5+359,53	0,06	0,60	0,10
59	5+522,74	0,06	0,60	0,10
60	5+647,35	0,07	0,60	0,12
61	5+755,31	0,13	0,60	0,22
62	5+822,59	0,03	0,60	0,05
63	5+876,26	0,08	0,60	0,13
64	5+935,24	0,06	0,60	0,10
65	5+985,72	0,08	0,60	0,13
66	6+010,60	0,11	0,60	0,18
67	6+047,49	0,38	0,60	0,63

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A45. Cálculo para el diseño de tubería del subdrenaje (Tramo I0 – I1).

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE SUBDRENAJE TRAMO I0-I1									
I0: Entrada Campo Solo-I1: Urb. El Morro 1									
Tramo	Progresiva	S %	Qt (m3/s)	n	(mm)			Qcap (m3/s)	Vc (m/s)
	0+000	-							
1	0+145,69	- 1,69	0,00034	0,013	100,00	0,00785	0,025	0,0067	0,85
2	0+203,03	- 1,10						0,0054	0,69
3	0+290,15	- 0,83						0,0047	0,60
4	0+374,37	- 0,85						0,0048	0,61
5	0+476,91	- 0,83						0,0047	0,60

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A46. Cálculo para el diseño de tubería del subdrenaje (Tramo I1 – I2).

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE SUBDRENAJE TRAMO I1-I2									
I1: Urb. El Morro 1-I2: Embotelladora Municipal									
Tramo	Progresiva	S %	Qt (m3/s)	n	(mm)			Qcap (m3/s)	Vc (m/s)
	0+476,91	-							
6	0+576,07	- 0,84	0,00034	0,013	100,00	0,00785	0,025	0,0047	0,60
7	0+656,51	- 0,87						0,0048	0,61
8	0+772,57	- 0,88						0,0048	0,61
9	0+860,78	- 1,87						0,0071	0,90
10	0+992,52	- 1,09						0,0054	0,69
11	1+093,91	- 0,94						0,0050	0,64
12	1+273,46	- 1,07						0,0053	0,68
13	1+399,61	- 0,85						0,0048	0,61
14	1+521,11	- 0,89						0,0049	0,62
15	1+601,53	- 1,01						0,0052	0,66

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020)

A47. Cálculo para el diseño de tubería del subdrenaje (Tramo I2 – I3).

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE SUBDRENAJE TRAMO I2-I3									
I2: Embotelladora Municipal-I3: Urb. La Esmeralda									
Tramo	Progresiva	S %	Qt (m3/s)	n	(mm)			Qcap (m3/s)	Vc (m/s)
	1+601,53	-							
16	1+686,18	1,36	0,00034	0,013	100,00	0,00785	0,025	0,0060	0,76
17	1+804,71	2,51						0,0082	1,04
18	1+875,13	0,90						0,0049	0,62
19	1+985,67	0,87						0,0048	0,61

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

Tabla 48: Cálculo para el diseño de tubería del subdrenaje (Tramo I3 – I4).

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE SUBDRENAJE TRAMO I3-I4									
I3: Urb. La Esmeralda-I4: Olga Bayone									
Tramo	Progresiva	S %	Qt (m3/s)	n	(mm)			Qcap (m3/s)	Vc (m/s)
	1+985,67	-							
20	2+127,51	0,85	0,00034	0,013	100,00	0,00785	0,025	0,0048	0,61
21	2+264,98	0,89						0,0049	0,62
22	2+344,73	1,19						0,0056	0,71
23	2+413,28	0,95						0,0050	0,64
24	2+482,00	0,85						0,0048	0,61
25	2+553,22	0,91						0,0049	0,62
26	2+617,81	3,13						0,0091	1,16
27	2+748,42	2,27						0,0078	0,99
28	2+809,62	4,84						0,0114	1,45
29	2+865,47	2,70						0,0085	1,08
30	2+897,22	0,83						0,0047	0,60

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A49. Cálculo para el diseño de tubería del subdrenaje (Tramo I4 – I5).

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE SUBDRENAJE TRAMO I4-I5									
I4: Olga Bayone-I5: Montemayor Residencial									
Tramo	Progresiva	S %	Qt (m3/s)	n	(mm)			Qcap (m3/s)	Vc (m/s)
	2+897,22	-							
31	2+930,51	0,86	0,00034	0,013	100,00	0,00785	0,025	0,0048	0,61
32	3+089,52	1,73						0,0068	0,87
33	3+213,4	1,64						0,0066	0,84
34	3+347,45	0,86						0,0048	0,61
35	3+438,39	0,87						0,0048	0,61
36	3+520,67	2,47						0,0081	1,03
37	3+550,31	0,90						0,0049	0,62

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A50. Cálculo para el diseño de tubería del subdrenaje (Tramo I5 – I6).

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE SUBDRENAJE TRAMO I5-I6									
I5: Montemayor Residencial-I6: Montaserino									
Tramo	Progresiva	S %	Qt (m3/s)	n	(mm)			Qcap (m3/s)	Vc (m/s)
	3+550,31	-							
38	3+615,31	0,89	0,00034	0,013	100,00	0,00785	0,025	0,0020	0,62
39	3+715,05	-0,85						0,0027	0,61
40	3+801,38	0,90						0,0049	0,62
41	3+888,02	0,87						0,0012	0,61
42	3+987,19	0,86						0,0044	0,61
43	4+039,25	0,90						0,0034	0,62
44	4+069,75	0,93						0,0034	0,64
45	4+107,77	0,84						0,0047	0,60
46	4+156,87	0,85						0,0033	0,61
47	4+250,06	0,87						0,0033	0,61
48	4+368,66	0,83						0,0037	0,60
49	4+447,93	-2,09						0,0075	0,96

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE SUBDRENAJE TRAMO I5-I6									
I5: Montemayor Residencial-I6: Monteserino									
Tramo	Progresiva	S %	Qt (m3/s)	n	(mm)			Qcap (m3/s)	Vc (m/s)
50	4+514,26	-1,19	0,00034	0,013	100,00	0,00785	0,025	0,0056	0,71
51	4+573,03	-0,82						0,0029	0,60
52	4+717,64	1,29						0,0059	0,75
53	4+850,84	-0,84						0,0044	0,60
54	4+948,95	0,90						0,0049	0,62
55	5+043,72	1,27						0,0058	0,74
56	5+073,40	0,84						0,0015	0,60

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

A51. Cálculo para el diseño de tubería del subdrenaje (Tramo I6 – I7).

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE SUBDRENAJE TRAMO I6-I7									
I6: Monteserino-I7: Urb. El Remanso									
Tramo	Progresiva	S %	Qt (m3/s)	n	(mm)			Qcap (m3/s)	Vc (m/s)
	5+073,40	-	0,00034	0,013	100,00	0,00785	0,025		
57	5+175,02	1,78						0,0069	0,88
		-							
58	5+359,53	1,38						0,0061	0,78
59	5+5222,74	1,41						0,0061	0,78
60	5+647,35	1,14						0,0055	0,70
61	5+755,31	0,83						0,0047	0,60
62	5+822,59	3,03						0,0090	1,15
		-							
63	5+876,26	0,95						0,0050	0,64
		-							
64	5+935,24	1,66						0,0067	0,85
65	5+985,72	0,93						0,0050	0,64
66	6+010,60	0,89						0,0049	0,62
67	6+047,49	0,85	0,0048	0,61					

Fuente: Azuaje y Rodríguez (2020).

Apéndice B: Data Topográfica del Tramo de Estudio

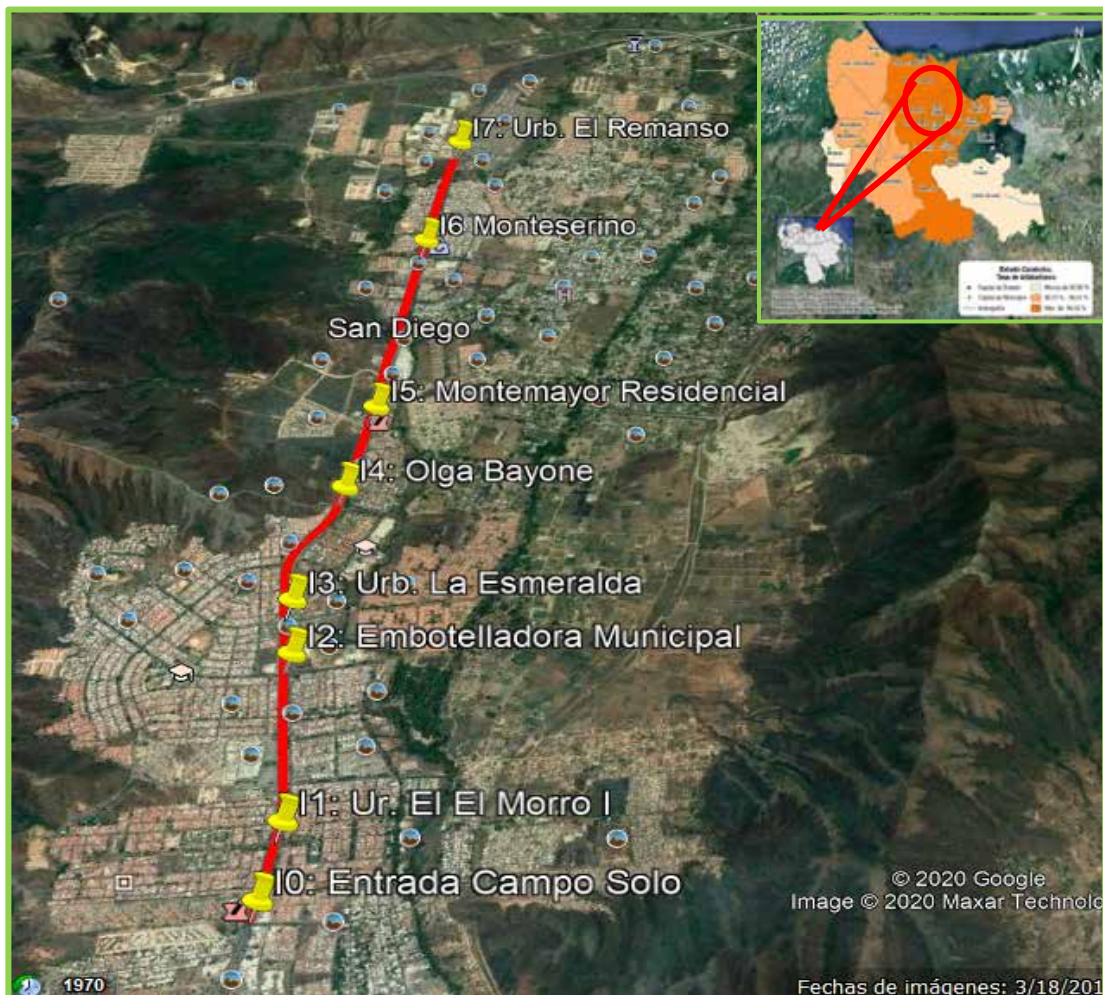
**DISEÑO DE SISTEMA DE SUB – DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES
PARA LA CICLOVÍA. TRAMO DE ESTUDIO: URBANIZACIÓN EL
MORRO I – URBANIZACIÓN EL REMANSO EN EL MUNICIPIO SAN
DIEGO, EDO. CARABOBO.**

Autor (es): Rodríguez C. Sinaí.
C.I: V - 24.904.497
Azuaje B. Pedro M.
C.I: V- 21.004.173

San Diego, Junio de 2020.

B1. Delimitación espacial de la ciclovía, tramo de estudio Urbanización El Morro I- Urbanización El Remanso del Municipio San Diego, Estado Carabobo

DELIMITACIÓN ESPACIAL DE LA VÍA EN ESTUDIO	
Estado	Carabobo
Municipio	San Diego
Vía referencia	Av. Arterial 1 "Don Julio Centeno"



Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

B2. Data topográfica de la ciclovía, tramo de estudio Urbanización El Morro
I- Urbanización El Remanso del Municipio San Diego, Estado Carabobo

TRAMO	COORDENADAS DE REFERENCIA CICLOVÍA			
	INICIO		FIN	
	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD
I0-I7	10,214234	-67,964015	10,26773	-67,962335

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

Coordenadas de referencia ciclovía por tramos desde I0 hasta I7

TRAMO	COORDENADAS DE REFERENCIA PO TRAMOS			
	INICIO		FIN	
	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD
I0-I1	10,214234	-67,964015	10,218507	-67,963703
I1-I2	10,218507	-67,963703	10,228461	-67,965257
I2-I3	10,228461	-67,965257	10,23185	-67,96589
I3-I4	10,23185	-67,96589	10,239522	-67,964529
I4-I5	10,239522	-67,964529	10,245354	-67,963872
I5-I6	10,245354	-67,963872	10,259011	-67,963074
I6-I7	10,259011	-67,963074	10,26773	-67,962335

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

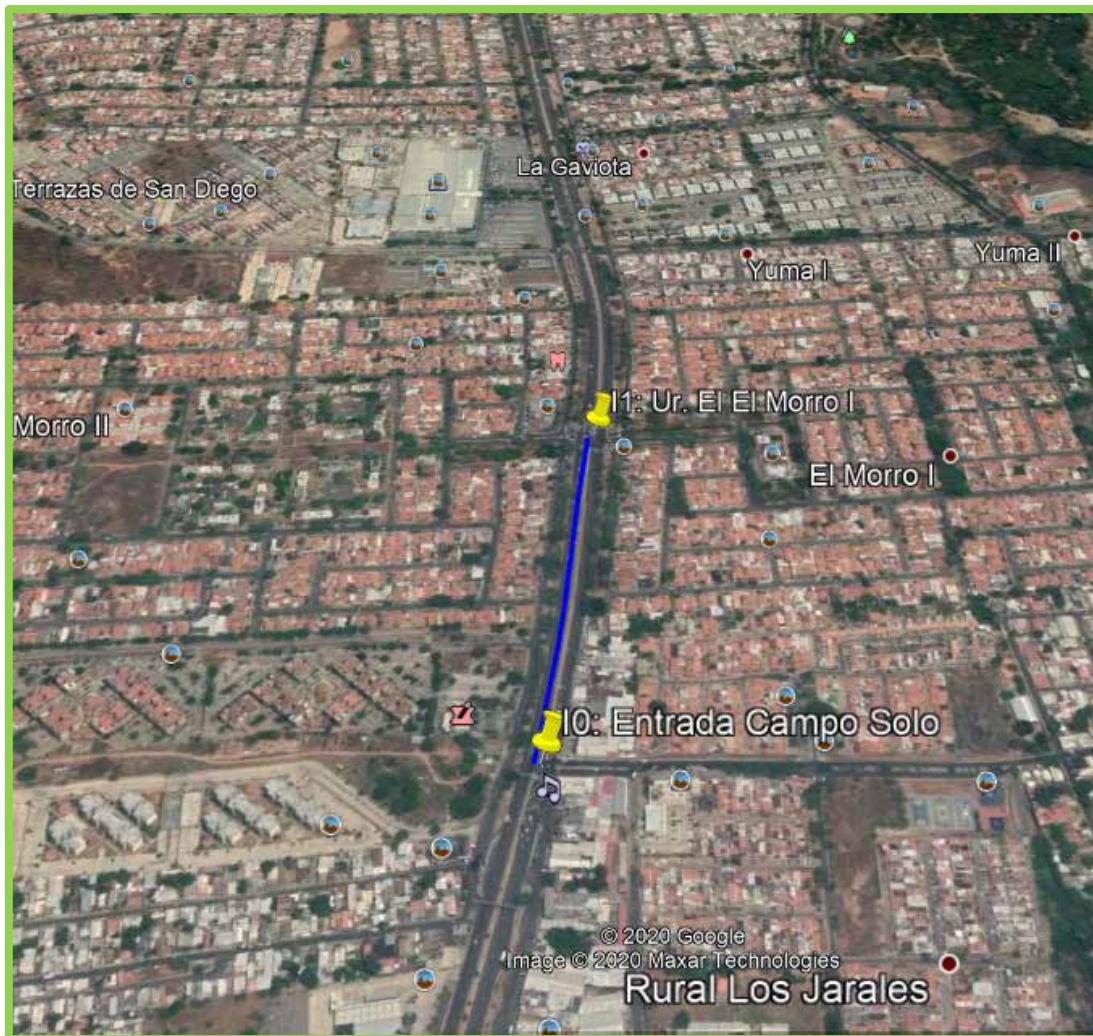
TRAMO	INTERSECCIONES DE REFERENCIA CICLOVÍA		PROGRESIVA	LONGITUD TRAMO(m)
	INICIO	FIN		
I0-I1	I0: Entrada Campo Solo	I1: Urb. El Morro 1	0+476,91	476,91
I1-I2	I1: Urb. El Morro 1	I2: Embotelladora Municipal	1+601,53	1.124,62
I2-I3	I2: Embotelladora Municipal	I3: Urb. La Esmeralda	1+985,67	384,14
I3-I4	I3: Urb. La Esmeralda	I4: Olga Bayone	2+897,22	911,55
I4-I5	I4: Olga Bayone	I5: Montemayor Residencial	3+550,31	653,09
I5-I6	I5: Montemayor Residencial	I6: Monteserino	5+073,4	1.523,09
I6-I7	I6: Monteserino	I7: Urb. El Remanso	6+047,49	974,09
				6.047,49

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

DATA TOPOGRÁFICA CICLOVÍA TRAMO I0-I1					
Progresiva	LAT	LONG	Distancia (m)	Acumulada (m)	Cota (msnm)
0+000	10,214234	-67,964015	0,00	0,00	463,41
0+145,69	10,215536	-67,963879	145,69	145,69	460,95
0+203,03	10,216050	-67,963840	57,34	203,03	460,32
0+290,15	10,216832	-67,963803	87,12	290,15	461,04
0+374,37	10,217588	-67,963769	84,22	374,37	460,62
0+476,91	10,218507	-67,963703	102,54	476,91	460,89

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

VISTA SATELITAL CICLOVÍA TRAMO I0-I1

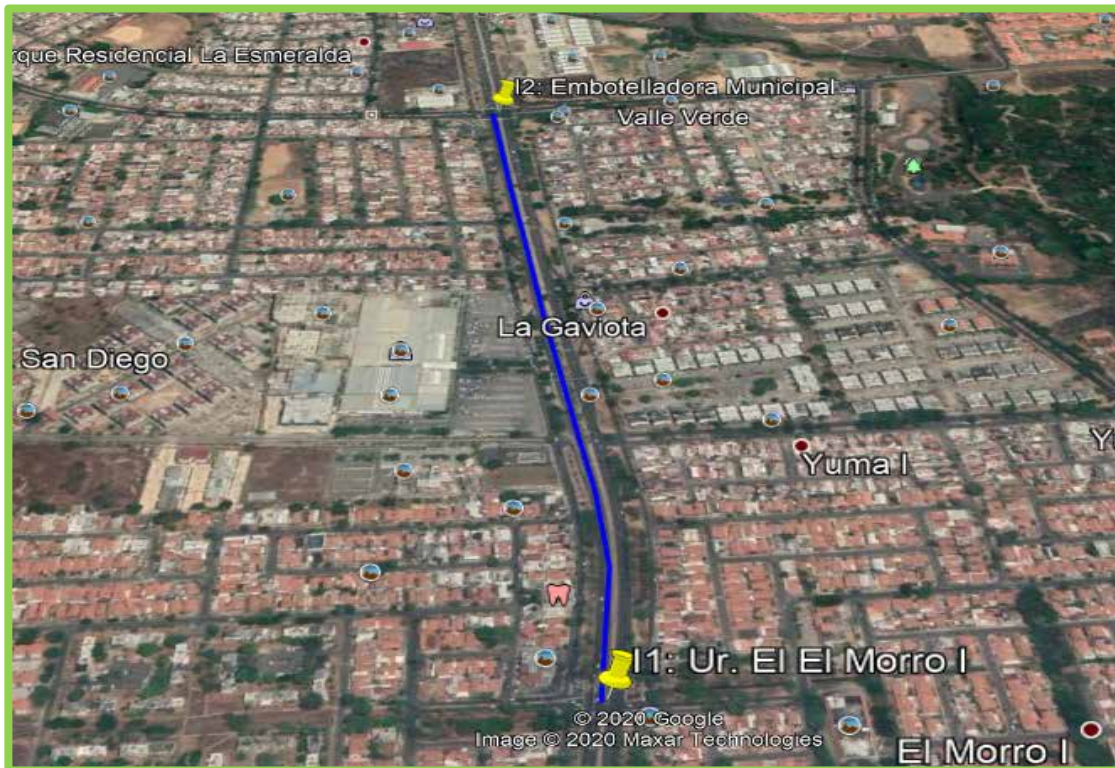


Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

DATA TOPOGRÁFICA CICLOVÍA TRAMO I1-I2					
Progresiva	LAT	LONG	Distancia (m)	Acumulada (m)	Cota (msnm)
0+476,91	10,218502	-67,963697	0,00	0,00	460,87
0+576,07	10,219393	-67,963677	99,16	99,16	460,83
0+656,51	10,220116	-67,963658	80,44	179,60	461,01
0+772,57	10,221149	-67,963807	116,06	295,66	461,65
0+860,78	10,221924	-67,963977	88,21	383,87	460,00
0+992,52	10,223084	-67,964217	131,74	515,61	458,56
1+093,91	10,223976	-67,964406	101,39	617,00	457,61
1+273,46	10,225562	-67,964707	179,55	796,55	459,53
1+399,61	10,226675	-67,964929	126,15	922,70	458,92
1+521,11	10,227751	-67,96512	121,50	1.044,20	459,65
1+601,53	10,228461	-67,965257	80,42	1.124,62	460,46

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

VISTA SATELITAL CICLOVÍA TRAMO I1-I2

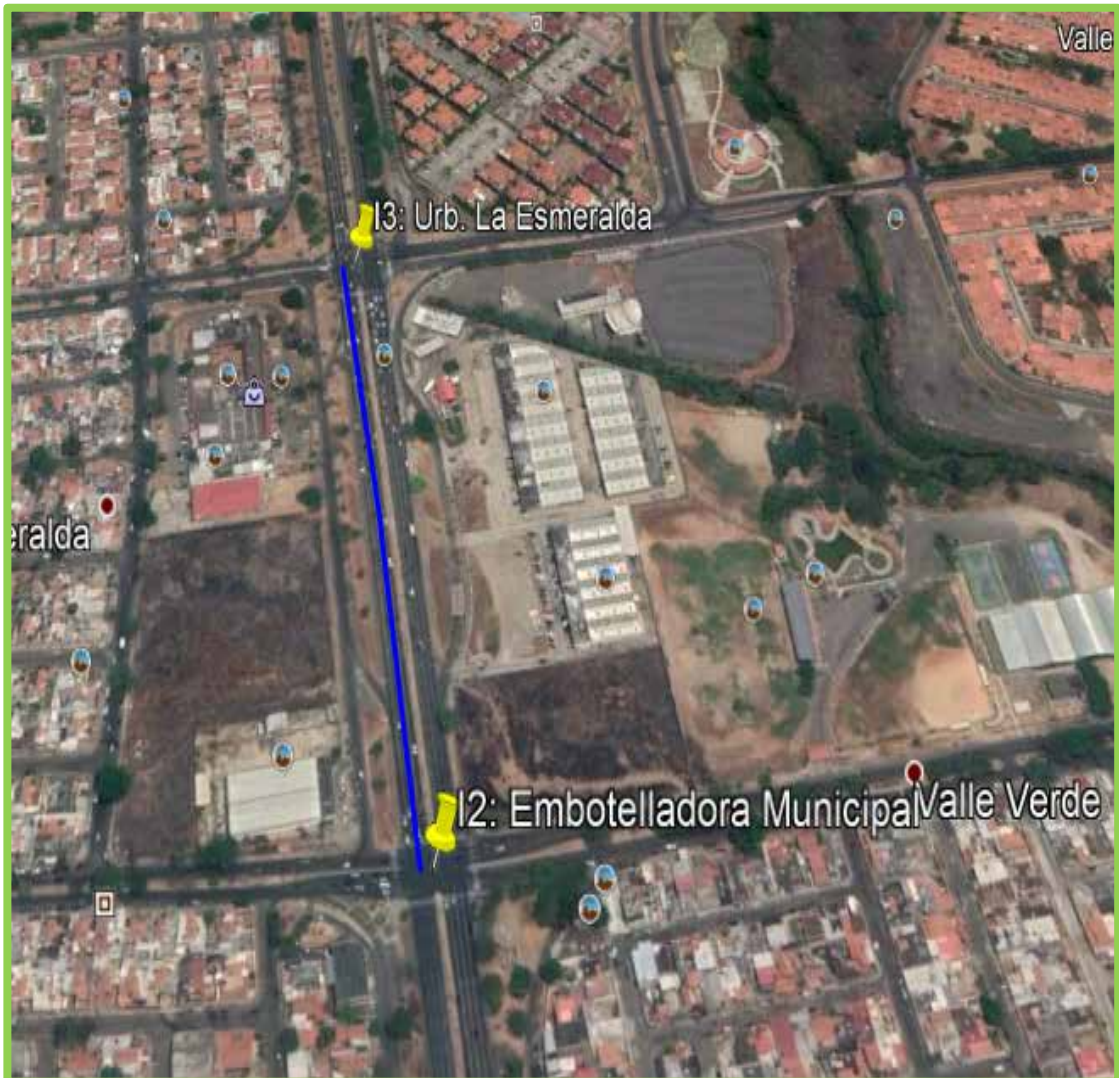


Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

DATA TOPOGRÁFICA CICLOVÍA TRAMO I2-I3					
Progresiva	LAT	LONG	Distancia (m)	Acumulada (m)	Cota (msnm)
1+601,53	10,228455	-67,965252	0	0	460,45
1+686,18	10,229205	-67,965383	84,65	84,65	461,60
1+804,71	10,230255	-67,965565	118,58	203,23	464,58
1+875,13	10,230875	-67,965694	70,37	273,60	464,67
1+985,67	10,23185	-67,96589	110,54	384,14	464,89

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

VISTA SATELITAL CICLOVÍA TRAMO I2-I3

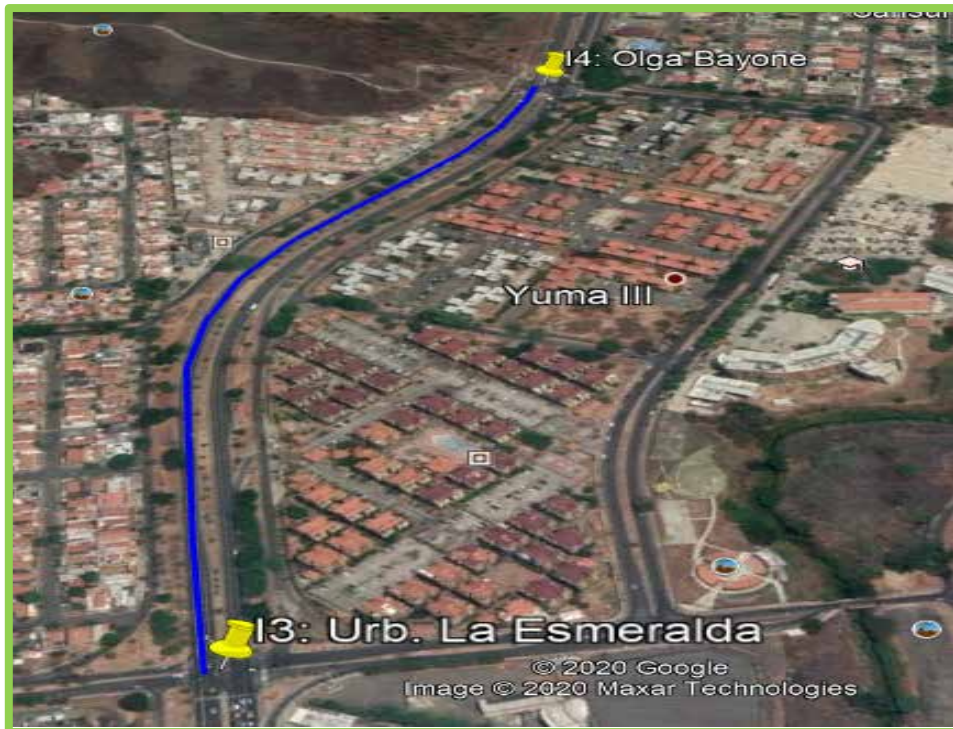


Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

DATA TOPOGRÁFICA CICLOVÍA TRAMO I3-I4					
Progresiva	LAT	LONG	Distancia (m)	Acumulada (m)	Cota (msnm)
1+985,67	10,23185	-67,965888	0,00	0,00	464,89
2+127,51	10,233103	-67,966127	141,84	141,84	463,96
2+264,98	10,234322	-67,966332	137,47	279,31	463,55
2+344,73	10,23503	-67,966445	79,75	359,06	464,50
2+413,28	10,235646	-67,966419	68,55	427,61	464,95
2+482,00	10,236249	-67,966285	68,72	496,33	464,86
2+553,22	10,23683	-67,966012	71,22	567,55	464,21
2+617,81	10,237314	-67,965687	64,59	632,14	462,19
2+748,42	10,23828	-67,965011	130,61	762,75	459,22
2+809,62	10,238769	-67,964755	61,20	823,95	462,18
2+865,47	10,239242	-67,964584	55,85	879,80	463,69
2+897,22	10,239522	-67,964529	31,75	911,55	463,92

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

VISTA SATELITAL CICLOVÍA TRAMO I3-I4

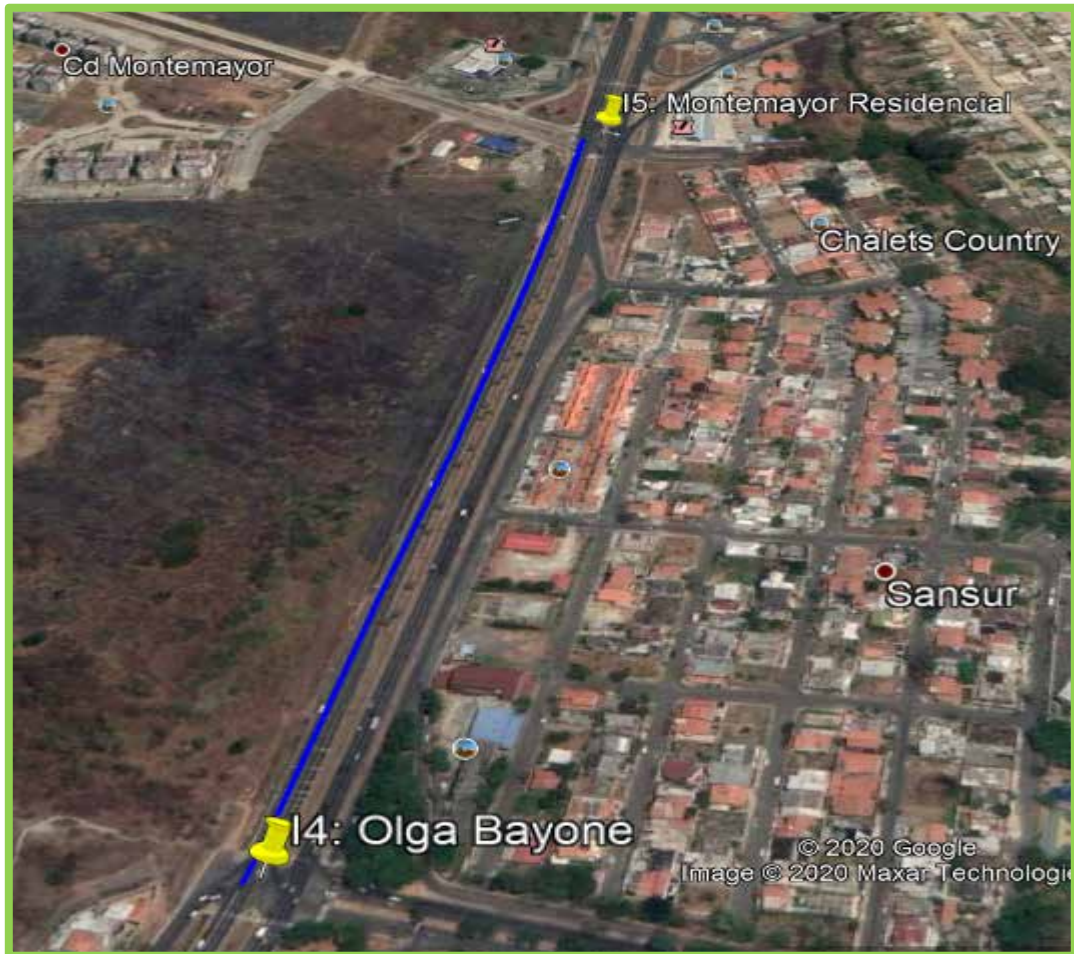


Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

DATA TOPOGRÁFICA CICLOVÍA TRAMO I4-I5					
Progresiva	LAT	LONG	Distancia (m)	Acumulada (m)	Cota (msnm)
2+897,22	10,239522	-67,964536	0	0,00	463,98
2+930,51	10,239818	-67,964488	33,29	33,29	464,14
3+089,52	10,241238	-67,964325	159,01	192,30	461,39
3+213,4	10,24234	-67,964163	123,88	316,18	463,42
3+347,45	10,243537	-67,964024	134,05	450,23	463,84
3+438,39	10,244351	-67,963947	90,94	541,17	463,34
3+520,67	10,245088	-67,963888	82,28	623,45	465,37
3+550,31	10,245354	-67,963872	29,64	653,09	465,44

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

VISTA SATELITAL CICLOVÍA TRAMO I4-I5

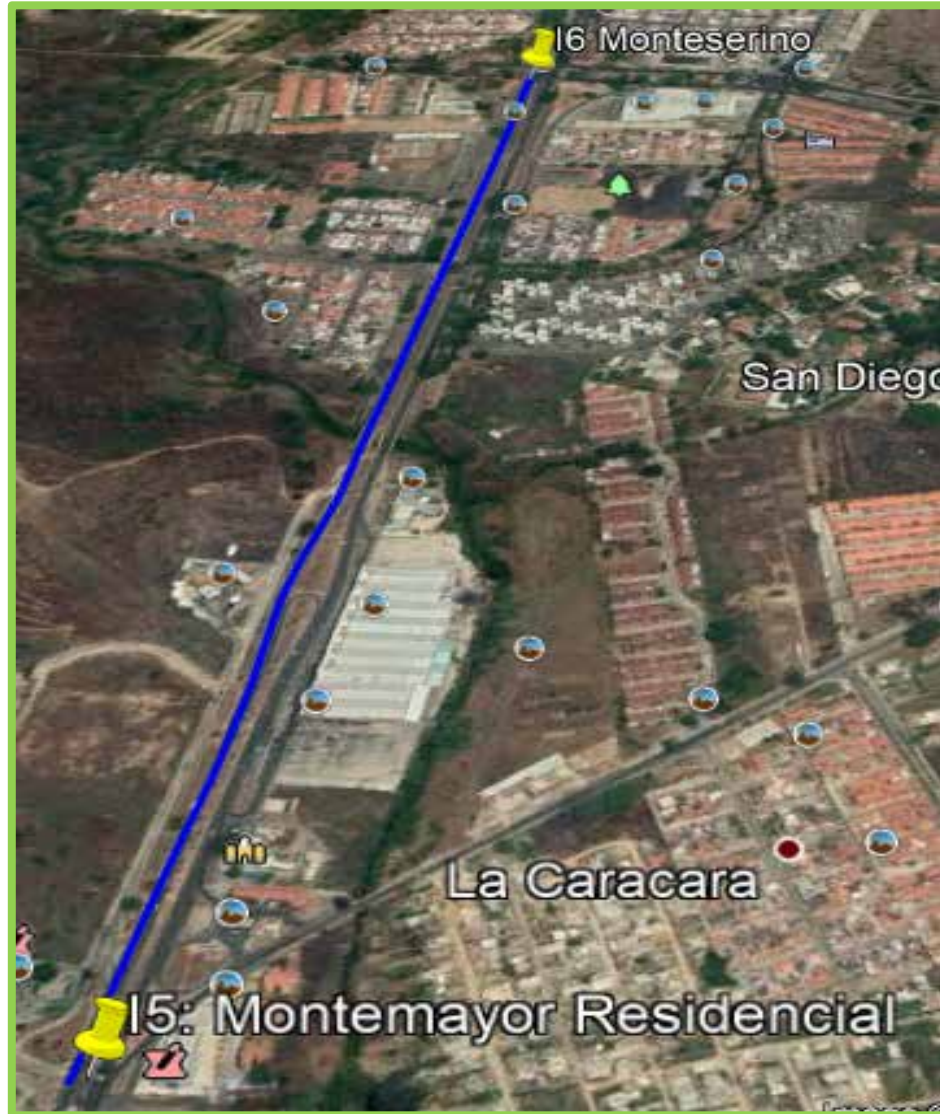


Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

DATA TOPOGRÁFICA CICLOVÍA TRAMO I5-I6					
Progresiva	LAT	LONG	Distancia (m)	Acumulada (m)	Cota (msnm)
3+550,31	10,245352	-67,963874	0	0	465,45
3+615,31	10,245935	-67,963833	65	65	465,55
3+715,05	10,24683	-67,963788	99,74	164,74	465,27
3+801,38	10,247604	-67,963733	86,33	251,07	466,05
3+888,02	10,24838	-67,963673	86,64	337,71	466,09
3+987,19	10,249271	-67,96364	99,17	436,88	466,79
4+039,25	10,249739	-67,96365	52,06	488,94	467,02
4+069,75	10,250013	-67,963649	30,5	519,44	467,15
4+107,77	10,250355	-67,963651	38,02	557,46	467,47
4+156,87	10,250795	-67,963617	49,1	606,56	467,67
4+250,06	10,251623	-67,963487	93,19	699,75	468,05
4+368,66	10,252687	-67,963433	118,6	818,35	468,64
4+447,93	10,253398	-67,963391	79,27	897,62	466,98
4+514,26	10,253994	-67,963361	66,33	963,95	466,19
4+573,03	10,254522	-67,963331	58,77	1022,72	466,00
4+717,64	10,255818	-67,963239	144,61	1167,33	467,86
4+850,84	10,257013	-67,963164	133,2	1300,53	466,92
4+948,95	10,257893	-67,963111	98,11	1398,64	467,80
5+043,72	10,258744	-67,963081	94,8	1493,44	469,00
5+073,40	10,259011	-67,963074	29,65	1523,09	469,00

Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

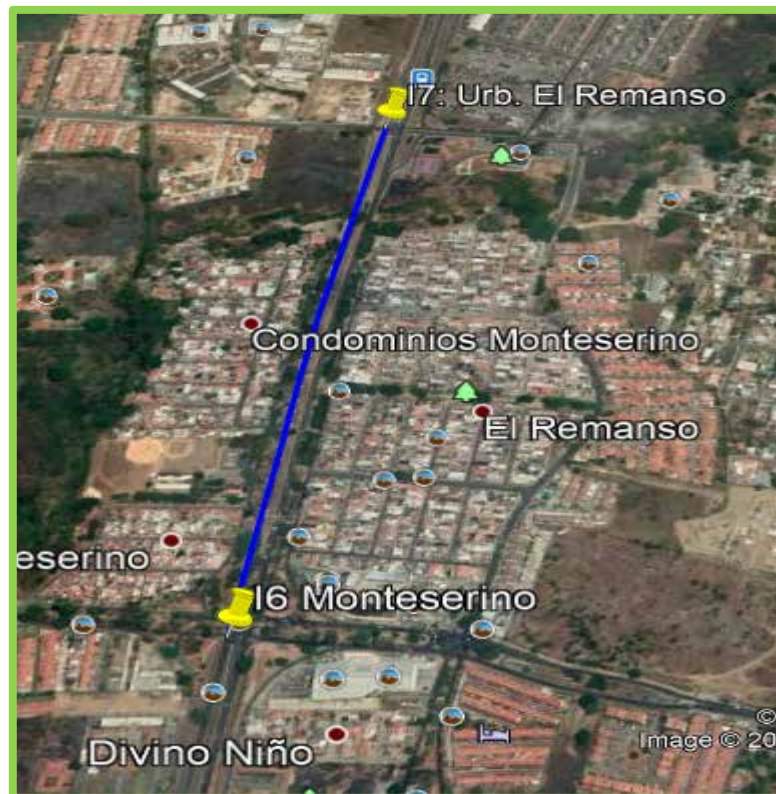
VISTA SATELITAL CICLOVÍA TRAMO I5-I6



Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

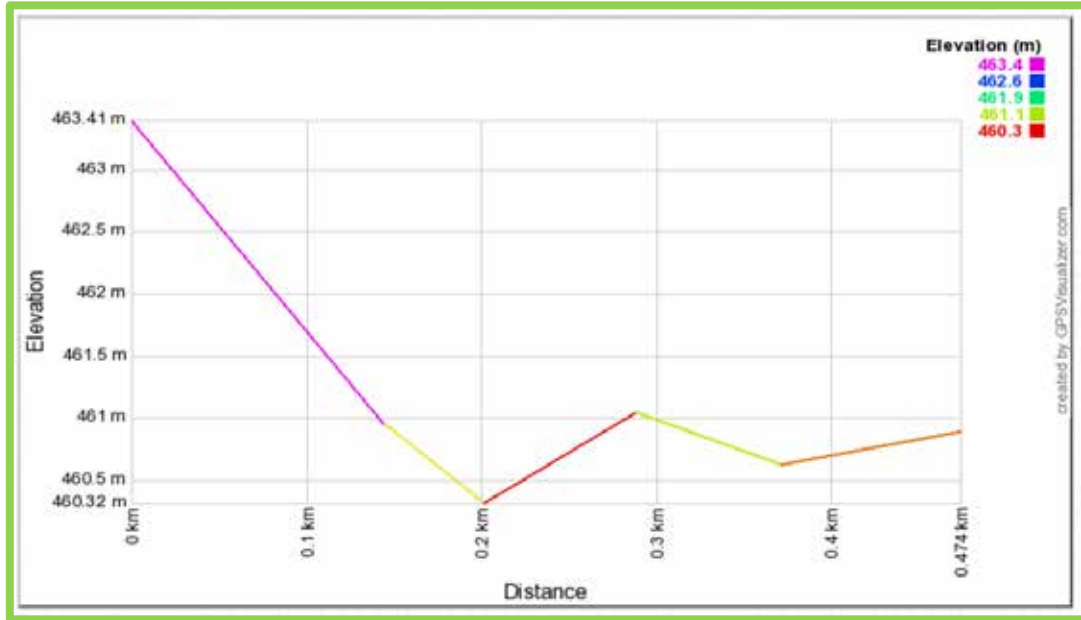
DATA TOPOGRÁFICA CICLOVÍA TRAMO I6-I7					
Progresiva	LAT	LONG	Distancia (m)	Acumulada (m)	Cota (msnm)
5+073,40	10,259008	-67,963074	0	0	469,00
5+175,02	10,259919	-67,963011	101,62	101,62	470,81
5+359,53	10,261575	-67,962913	184,57	286,19	468,27
5+522,74	10,263039	-67,96283	163,15	449,34	470,57
5+647,35	10,264156	-67,962743	124,61	573,95	471,99
5+755,31	10,26512	-67,962635	107,96	681,91	472,57
5+822,59	10,265721	-67,962569	67,28	749,19	474,61
5+876,26	10,266201	-67,962519	53,67	802,86	474,10
5+935,24	10,266728	-67,96246	58,98	861,84	473,12
5+985,72	10,267179	-67,962409	50,48	912,32	473,59
6+010,60	10,267401	-67,962379	24,88	937,2	473,77
6+047,49	10,26773	-67,962335	36,89	974,09	473,80

VISTA SATELITAL CICLOVÍA TRAMO I6-I7



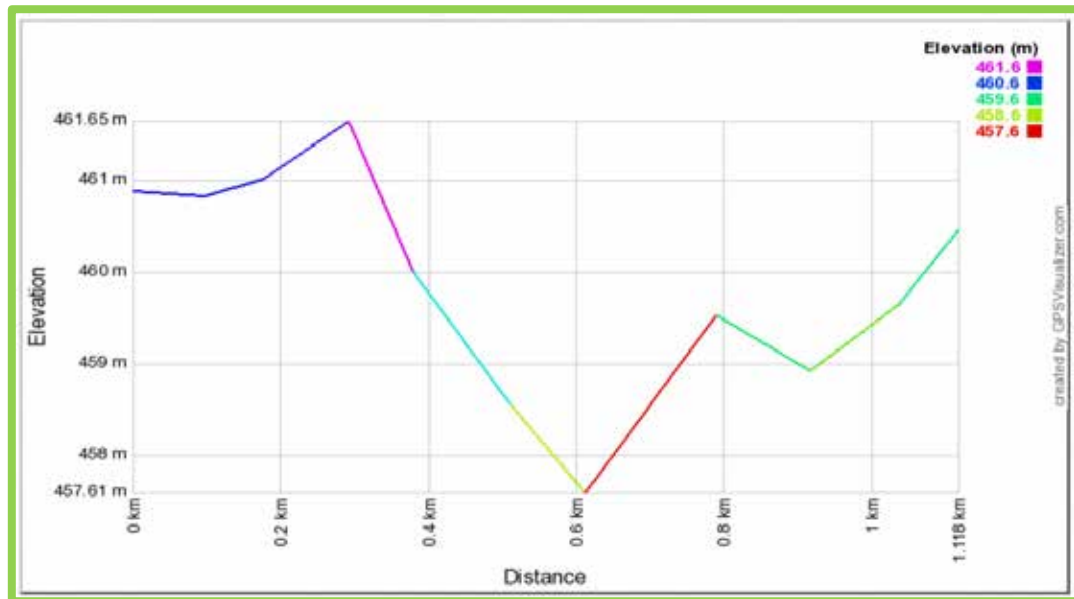
Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

PERFIL TOPOGRÁFICO CICLOVÍA TRAMO I0-I1



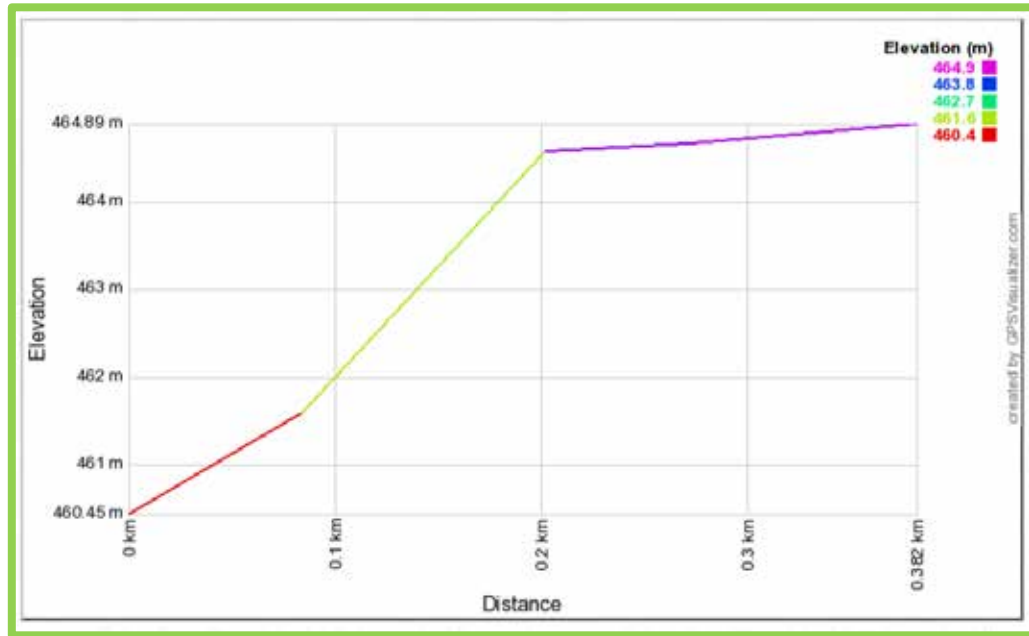
Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

PERFIL TOPOGRÁFICO CICLOVÍA TRAMO I1-I2



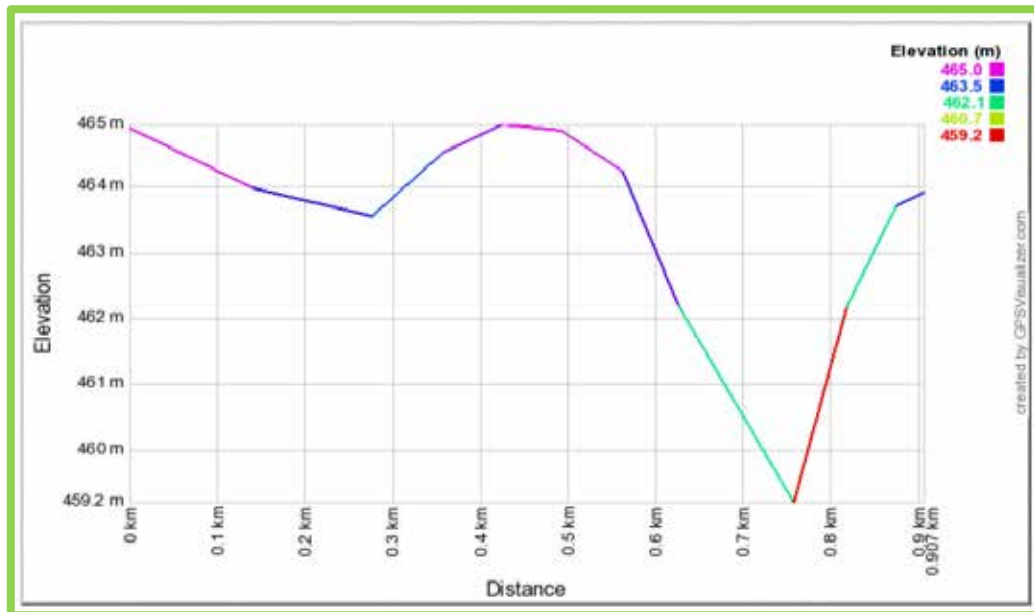
Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

PERFIL TOPOGRÁFICO CICLOVÍA TRAMO I2-I3



Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

PERFIL TOPOGRÁFICO CICLOVÍA TRAMO I3-I4



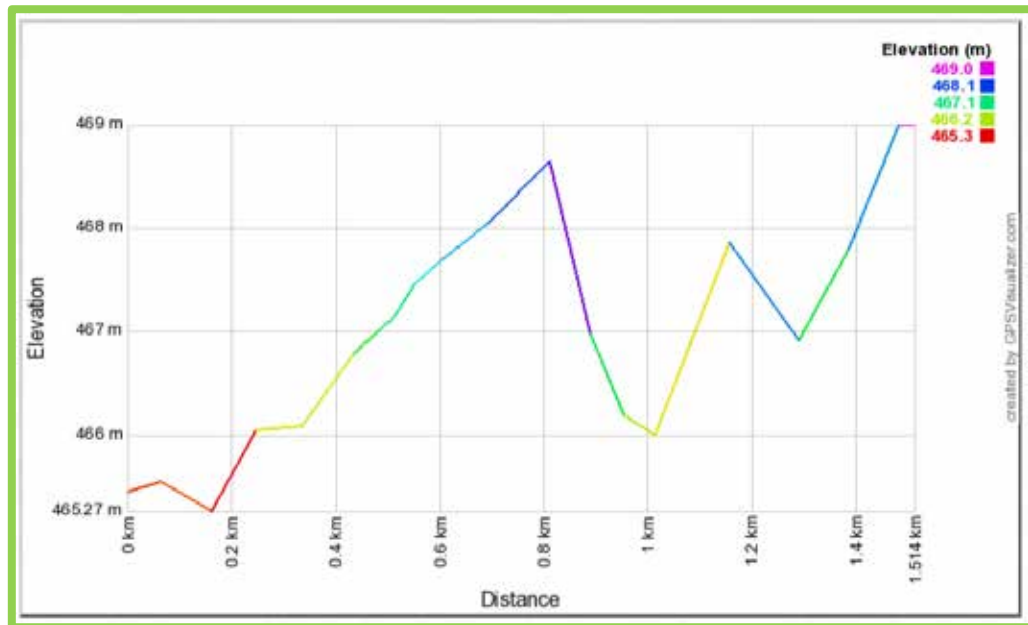
Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

PERFIL TOPOGRÁFICO CICLOVÍA TRAMO I4-I5



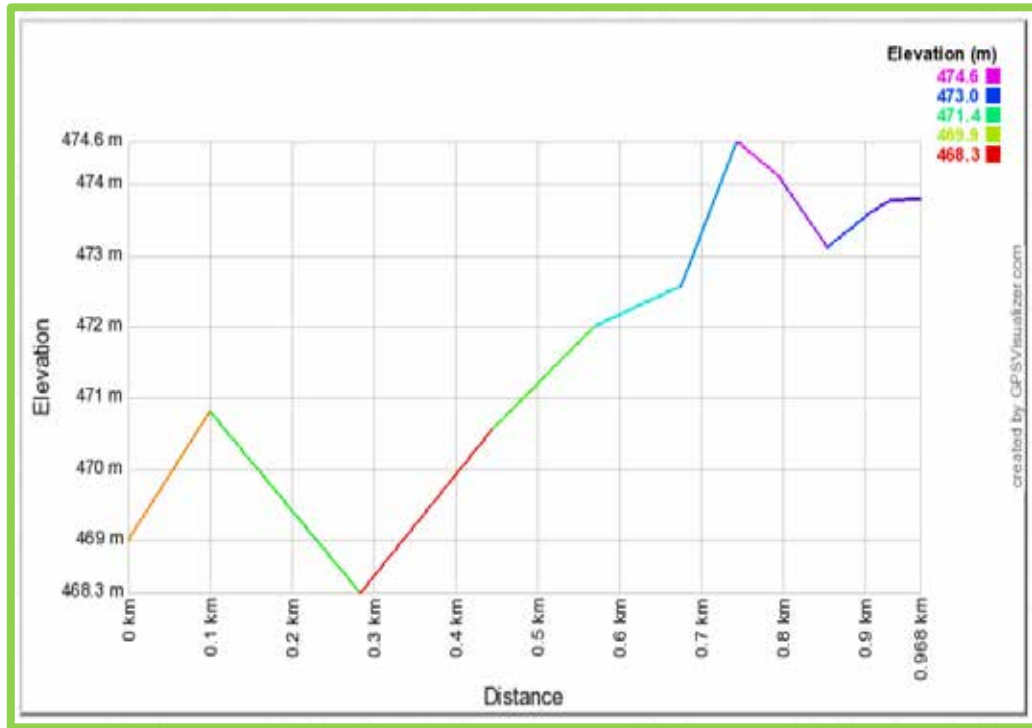
Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

PERFIL TOPOGRÁFICO CICLOVÍA TRAMO I5-I6



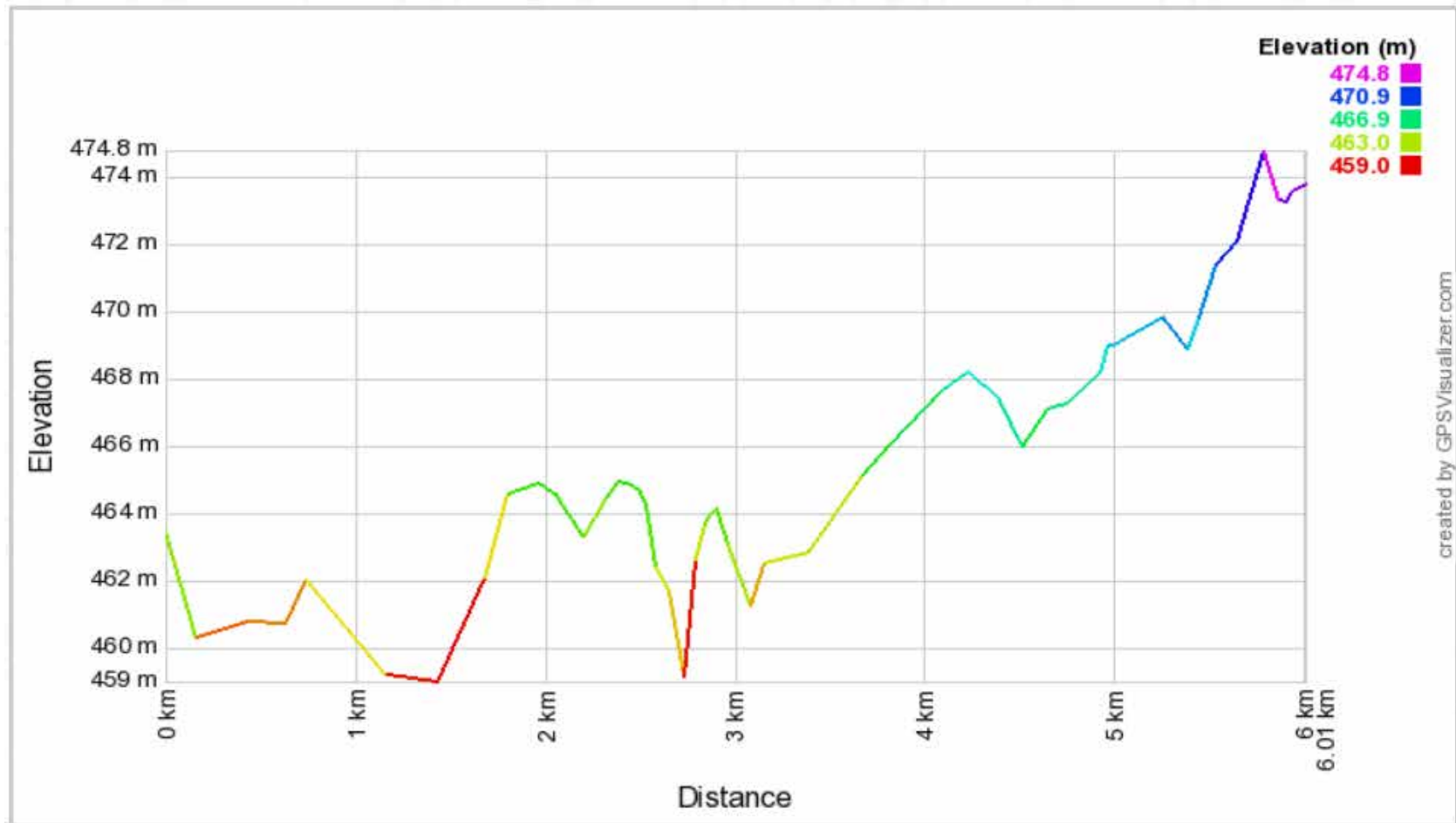
Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

PERFIL TOPOGRÁFICO CICLOVÍA TRAMO I6-I7



Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

PERFIL TOPOGRÁFICO CICLOVÍA TRAMO I0-I7



Fuente: Elaborado por Azuaje y Rodríguez (2020). Basado en Google Earth

Apéndice C: Registro Fotográfico del tramo de estudio.

**DISEÑO DE SISTEMA DE SUB – DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES
PARA LA CICLOVÍA. TRAMO DE ESTUDIO: URBANIZACIÓN EL
MORRO I – URBANIZACIÓN EL REMANSO EN EL MUNICIPIO SAN
DIEGO, EDO. CARABOBO.**

Autor (es): Rodríguez C. Sinaí.
C.I: V - 24.904.497
Azuaje B. Pedro M.
C.I: V- 21.004.173

San Diego, Junio de 2020.

C1. INFORME FOTOGRÁFICO ARTERIAL No. 1 AVENIDA “DON JULIO CENTENO”

Vista Aérea No. 1 Av. Don Julio Centeno Sentido Norte-Sur.

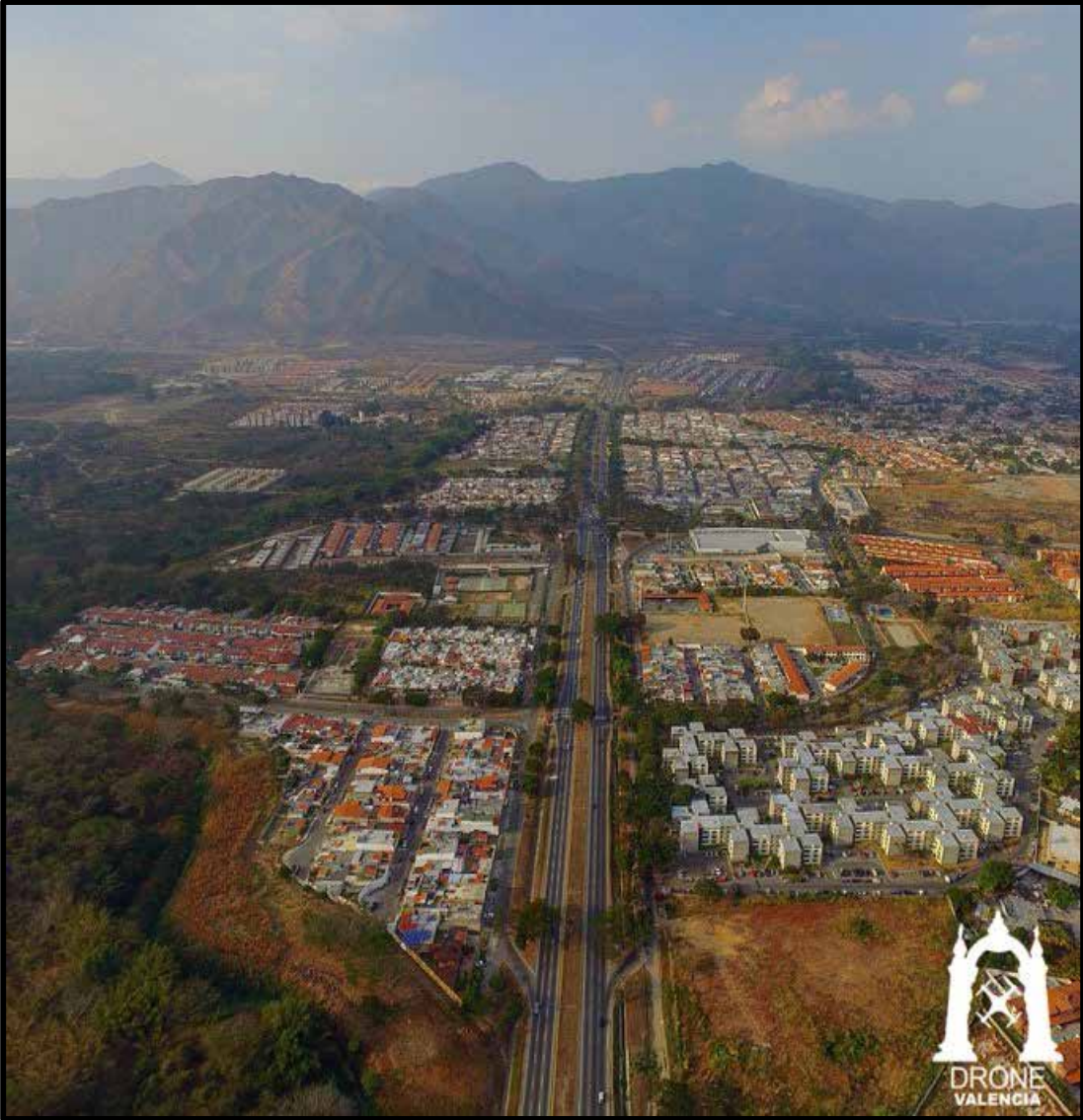
Referencia I4: Olga Bayone



Fuente: Drone Valencia (2016)

Vista Aérea No. 2 Av. Don Julio Centeno Sentido Sur-Norte.

Referencia I6: Montserino



Fuente: Drone Valencia (2016)

Vista de la Arterial No. 1 Av. Don Julio Centeno Sentido Sur-Norte.

Referencia: Tramo I1-I2 (Urb. El Morro I – Embotelladora Municipal)



Fuente: es.wikipedia.org (2010)

Nota: Se detalla sección transversal que cuenta con Isla Central; además se aprecia la existencia de Brocal cuneta en la isla central y partes de laterales de la vía.

Vista de la Arterial No. 1 Av. Don Julio Centeno Sentido Sur-Norte.

Referencia: Tramo I4-I5 (Olga Bayone – Montemayor Residencial)



Fuente: flickr.com

C2. INFORME FOTOGRÁFICO AFECTACIÓN POR INUNDACIONES EN ARTERIAL No. 1 AVENIDA “DON JULIO CENTENO” Y ZONAS ALEDAÑAS

Afectación por anegamiento de la Avenida “Don Julio Centeno. Tramo I1-I2 (Urb. El Morro I- Embotelladora) Avenida “Don Julio Centeno.



Fuente: twitter.com (2016)

Afectación por anegamiento de la Arterial No. 5 vía de Acceso a la Universidad José Antonio Páez (UJAP), paralela Avenida “Don Julio Centeno. Tramo I3-I4 (Urb. La Esmeralda- Olga Bayone)



Fuente: twitter.com (2016)

Afectación por anegamiento de la Avenida “Don Julio Centeno. Tramo I5-I6 (Urb. Montemayor- Monteserino).



Fuente: twitter.com (2016)

Afectación por anegamiento Bloques de Montserino. Tramo I5-I6 (Urb. Montemayor- Montserino).



Fuente: twitter.com (2016)

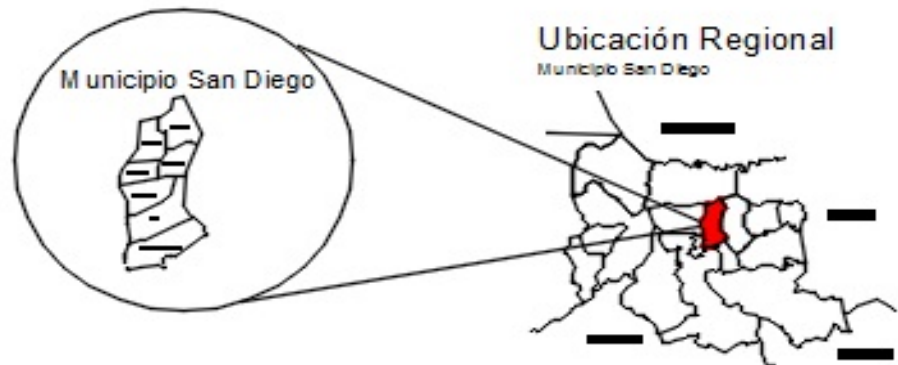
Ubicación Nacional

Edo. Carabobo



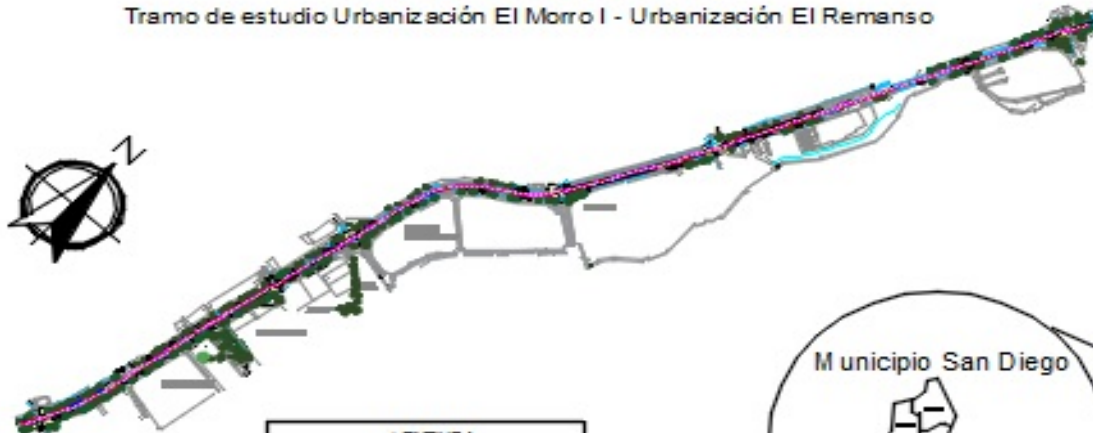
Ubicación Regional

Municipio San Diego



Av. Don Julio Centeno

Tramo de estudio Urbanización El Morro I - Urbanización El Remanso



LEYENDA	
	Ciclovia
	Río Cópica
	Paseo peatonal



Plano de Ubicación

Escala: 1:100

FECHA: Junio de 2020

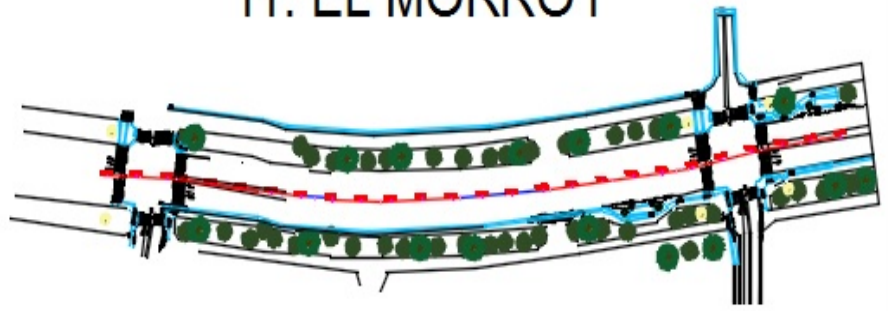
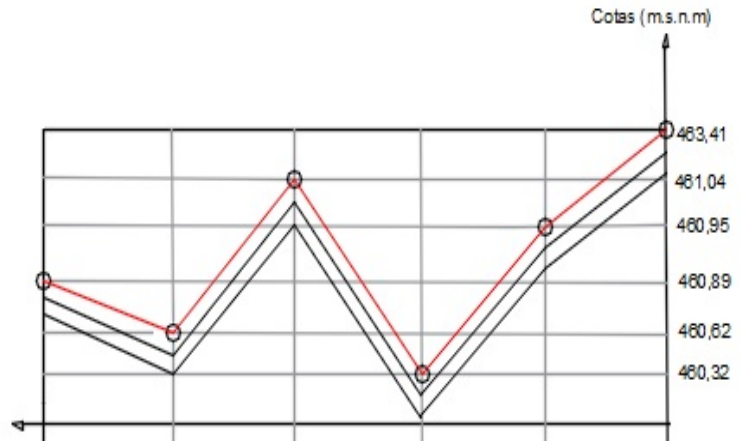
Proyectistas: Sinaí Rodríguez Cl. 24.904.497 y Pedro Azuaje Cl.21.004.173

Tramo de Estudio Urbanización El Morro I - Urbanización El Remanso


Supervisor: Ing. Ángel Medina Cl. 15.299.274



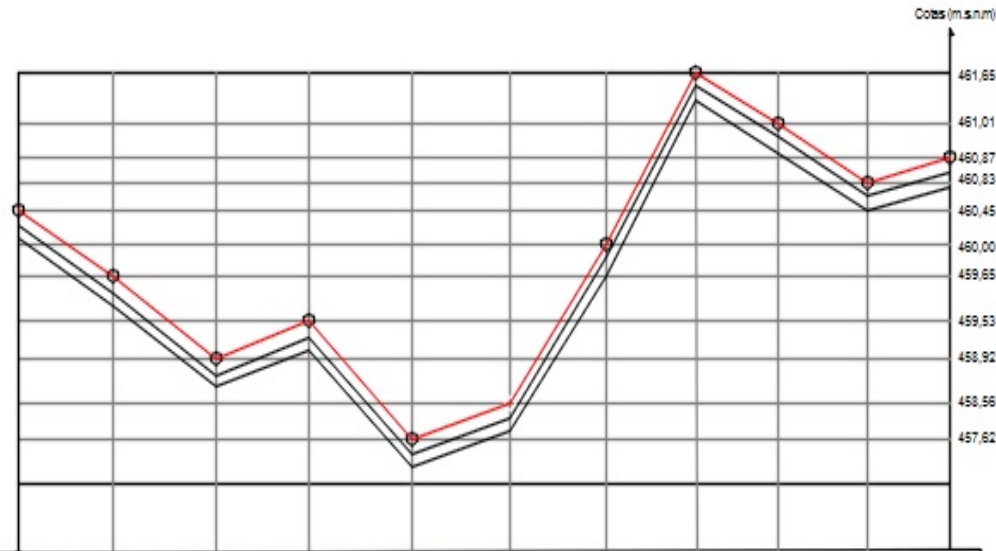
I0: CAMPO SOLO I1: EL MORRO I



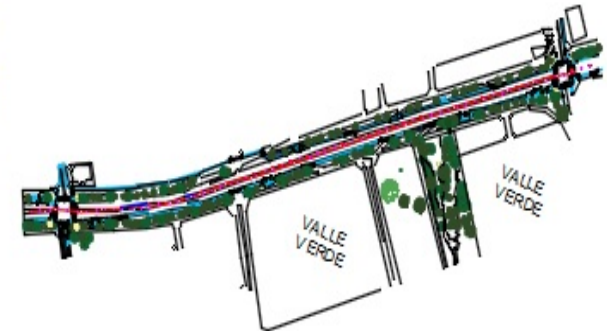
PROGRESIVA	0+476,91	0+374,37	0+290,15	0+203,03	0+145,69	0+000
TERRENO	480,89	480,62	481,04	480,32	480,95	483,41
RASANTE	480,09	480,82	480,24	480,52	480,15	482,61
BANQUEO	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

	Perfil Longitudinal del Sistema de Subdrenaje	TRAMO: I0 Campo solo - I1 El Morro I	
	Esca: 1:100	Fecha: Junio 2020	PROYECTISTAS: Sinaí Rodríguez C.I: 24.904.97 y Pedro Azuaje C.I: 21.004.173
			SUPERVISOR: Ing. Ángel Medina C.I: 15.299.274

I1: EL MORRO I
I2: EMBOTELLADORA



PROGRESIVA	1+400.55	1+421.11	1+430.61	1+473.46	1+480.01	1+562.52	1+600.76	1+772.57	1+806.51	1+876.07	1+875.01
TERRENO	460.46	459.06	458.92	459.53	457.82	458.06	460.00	461.85	461.01	460.83	460.87
RASANTE	459.66	459.86	458.12	458.73	458.80	457.76	459.20	460.85	460.21	460.03	460.01
BANQUED	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80



Perfil Longitudinal del Sistema de Subdrenaje

Escala: 1:100

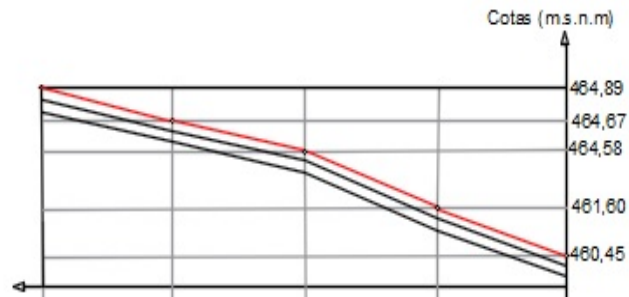
Fecha: Junio 2020

TRAMO: I1 El Morro I - Embotelladora

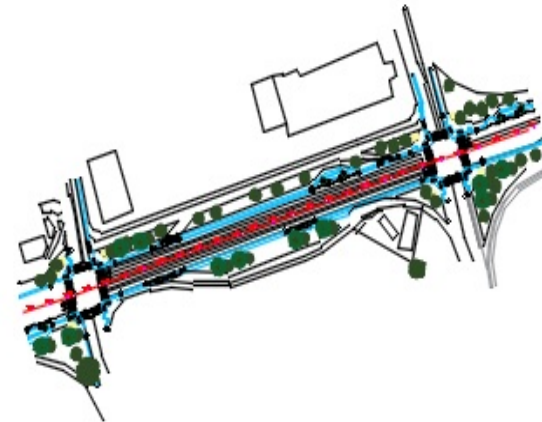
PROYECTISTAS: Sinai Rodríguez C.I: 24.904.97 y Pedro Azuaje C.I: 21.004.173

SUPERVISOR: Ing. Ángel Medina C.I: 15.299.274

I2: EMBOTELLADORA I3: URB. LA ESMERALDA



PROGRESIVA	1+985,67	1+875,13	1+804,71	1+686,18	1+601,53
TERRENO	464,89	464,67	464,58	461,60	460,45
RASANTE	464,09	463,87	463,78	460,8	459,65
BANQUEO	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80



Perfil Longitudinal del Sistema de Subdrenaje

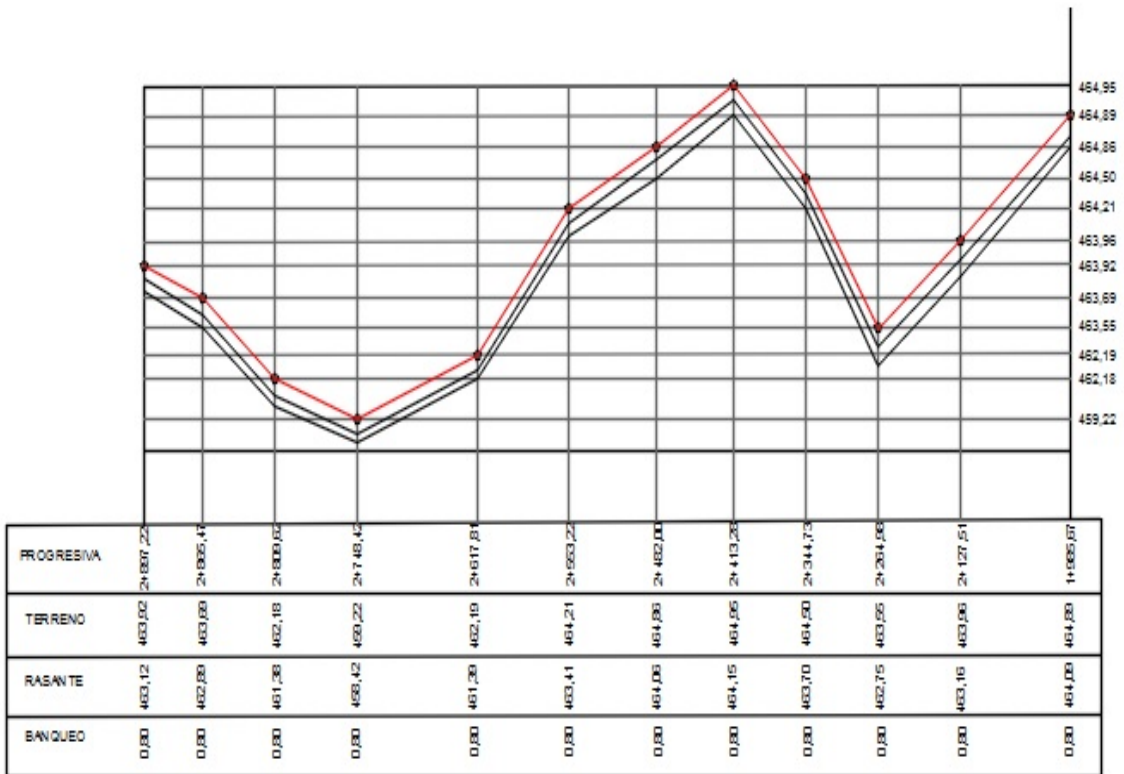
TRAMO: I2 Embotelladora - I3 Urb. La Esmeralda

PROYECTISTAS: Sinaí Rodríguez C.I: 24.904.97 y Pedro Azuaje C.I: 21.004.173

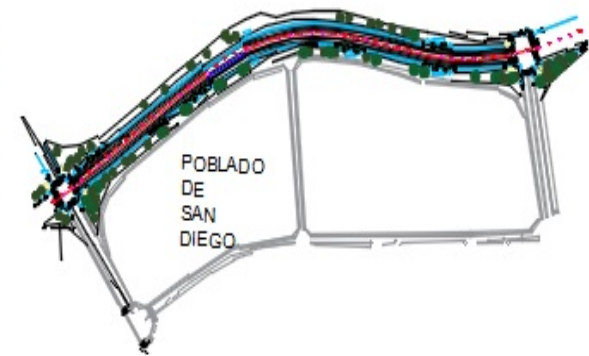
Es cala: 1:100

Fecha: Junio 2020

SUPERVISOR: Ing. Ángel Medina C.I: 15.299.274



13: URB. LA ESMERALDA
14: OLGA BAYONE



POBLADO
DE
SAN
DIEGO



Perfil Longitudinal del Sistema de Subdrenaje

Escala: 1:100

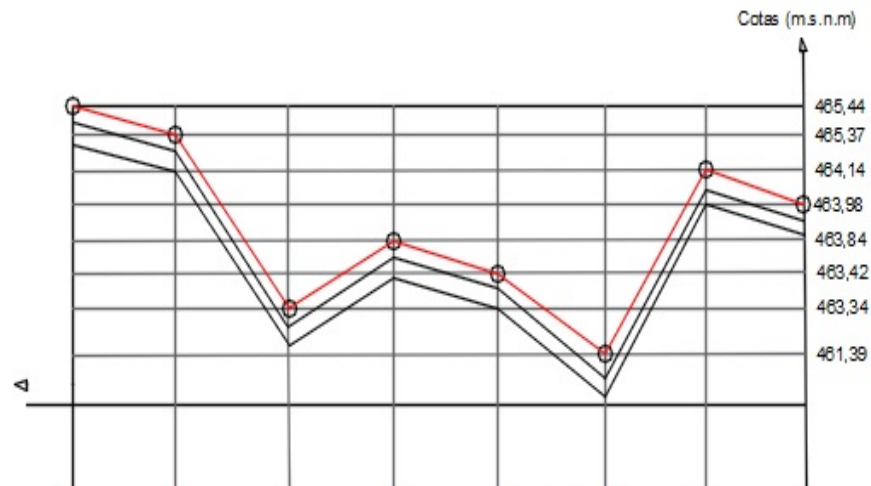
Fecha: Junio 2020

TRAMO: 13 Urb. La Esmeralda - 14 Olga Bayone

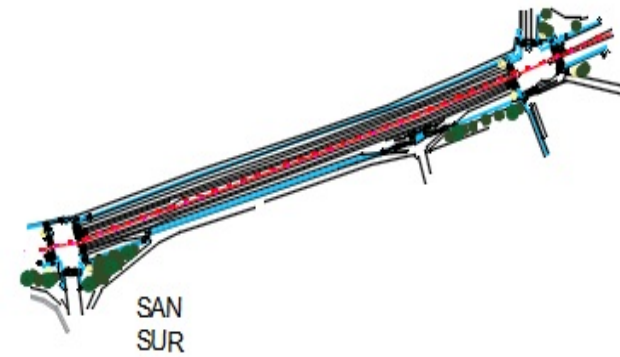
PROYECTISTAS: Sinai Rodríguez C.I: 24.904.97 y Pedro Azuaje C.I: 21.004.173

SUPERVISOR: Ing. Ángel Medina C.I: 15.299.274

I4: OLGA BAYONE I5: MONTE RESIDENCIAL



PROGRESIVA	3+550,31	3+520,67	3+438,39	3+347,45	3+213,4	3+089,52	2+930,51	2+897,22
TERRENO	465,44	465,37	463,34	463,84	463,42	461,39	464,14	463,98
RASANTE	464,64	464,57	462,54	463,04	462,62	460,59	463,34	463,18
BANQUEO	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80



Perfil Longitudinal del Sistema de Subdrenaje

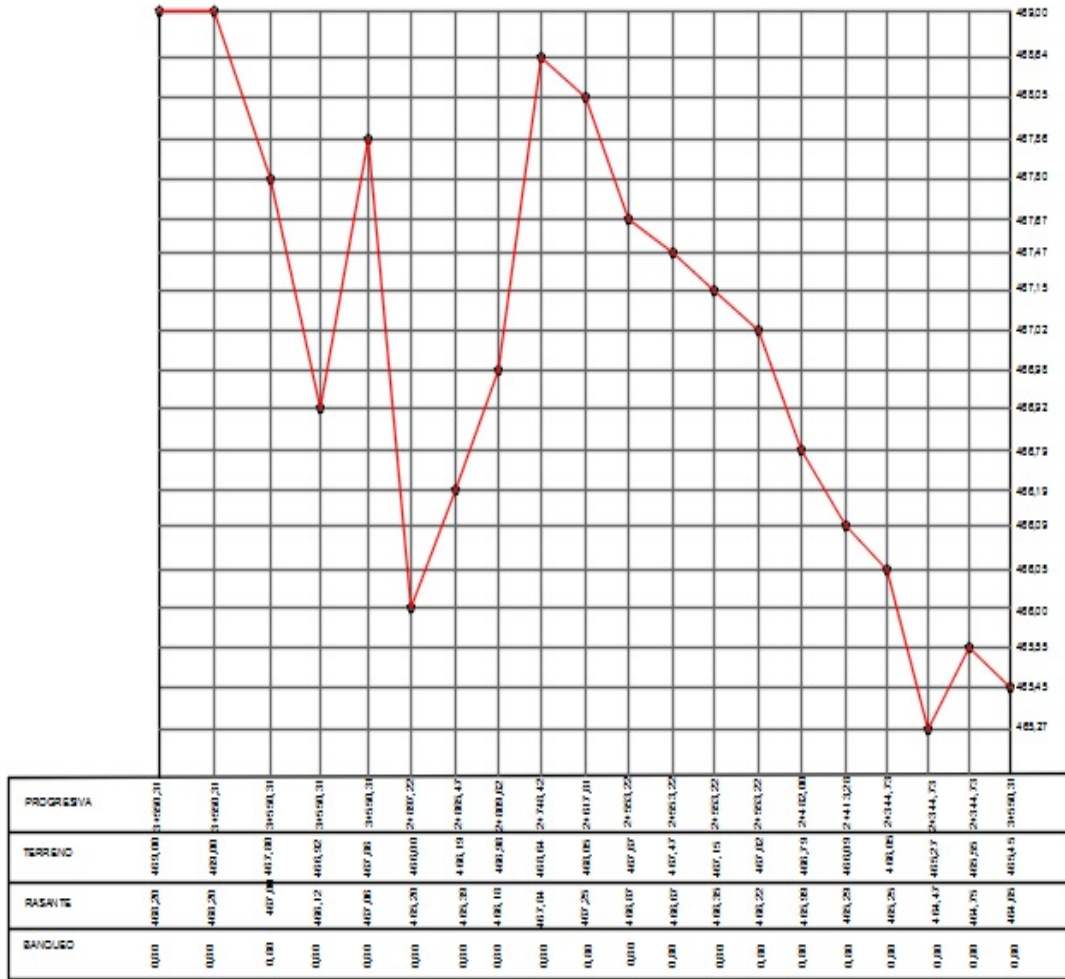
TRAMO: I4 Olga Bayone - I5 Monte Residencial


Escala: 1:100

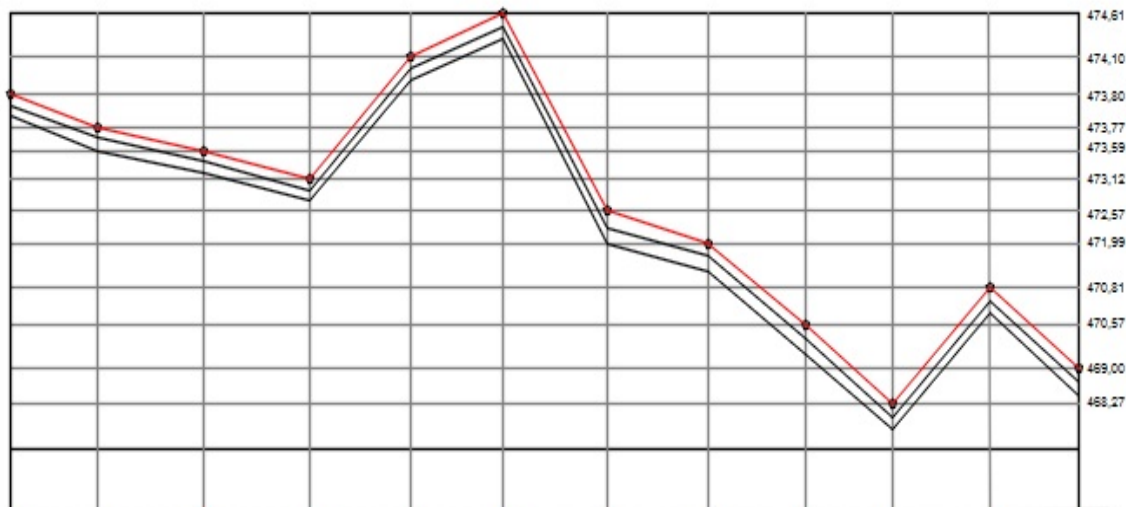
Fecha: Junio 2020

PROYECTISTAS: Sinaí Rodríguez C.I: 24.904.97 y Pedro Azuaje C.I: 21.004.173

SUPERVISOR: Ing. Ángel Medina C.I: 15.299.274



	Perfil Longitudinal del Sistema de Subdrenaje	TRAMO: 15 Monte Residencial - Montaserino
		PROYECTISTAS: Sinaí Rodríguez C.I: 24.904.97 y Pedro Azuaje C.I: 21.004.173
	Escala: 1:100	Fecha: Junio 2020



I6: MONTESERINO
I7: REMANSO

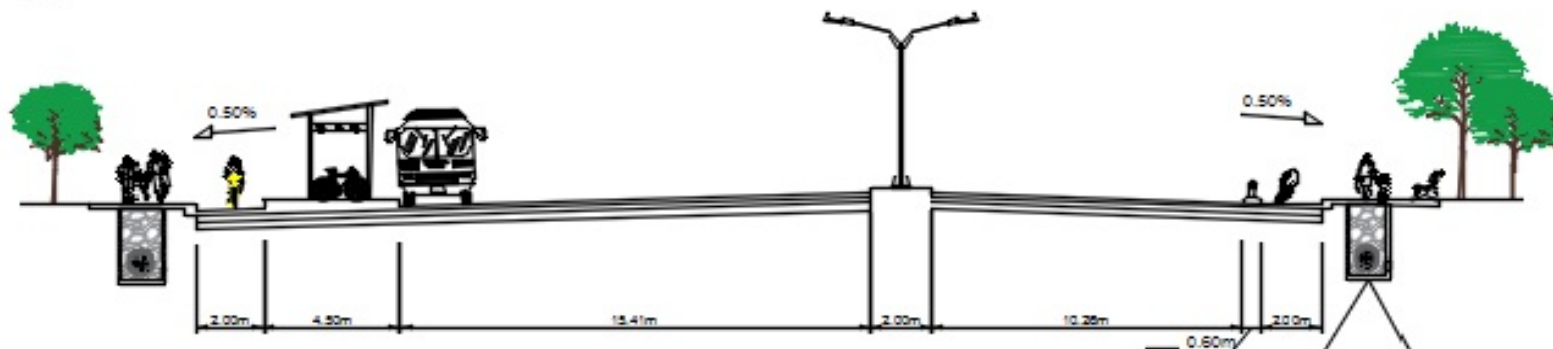
PROGRESIVA	5+047.46	5+010.00	5+066.72	5+036.24	5+076.24	5+022.66	5+766.31	5+647.26	5+522.74	5+360.53	5+175.02	5+073.40
TERRENO	473.80	473.77	473.59	473.12	474.10	474.61	472.57	471.99	470.57	468.27	470.81	469.00
RASANTE	473	472.58	472.78	472.32	473.30	473.81	471.77	469.40	469.77	467.47	470.01	468.2
BANQUEO	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80



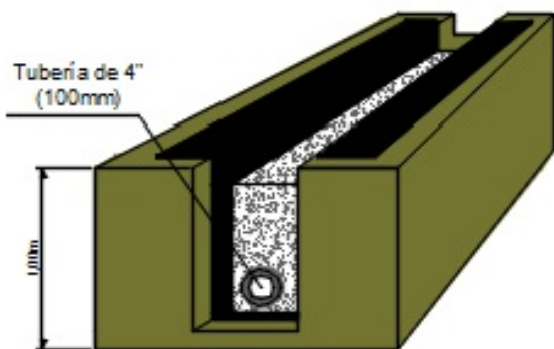
Perfil Longitudinal del Sistema de Subdrenaje Escala: 1:100 Fecha: Junio 2020	TRAMO: 16 Montaserino - 17 Remanso
	PROYECTISTAS: Sinai Rodríguez C.I: 24.904.97 y Pedro Azuaje C.I: 21.004.173
	SUPERVISOR: Ing. Angel Medina C.I: 15.299.274



Sección transversal del tramo en estudio Progresiva 1+478



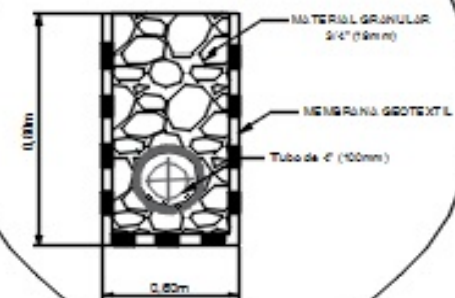
Detalle de Zanja de Drenaje 3D



Detalle de Tubería Perforada



Detalle de zanja 2D



Plano de sección transversal con detalle del subdrenaje

Escala: 1:100

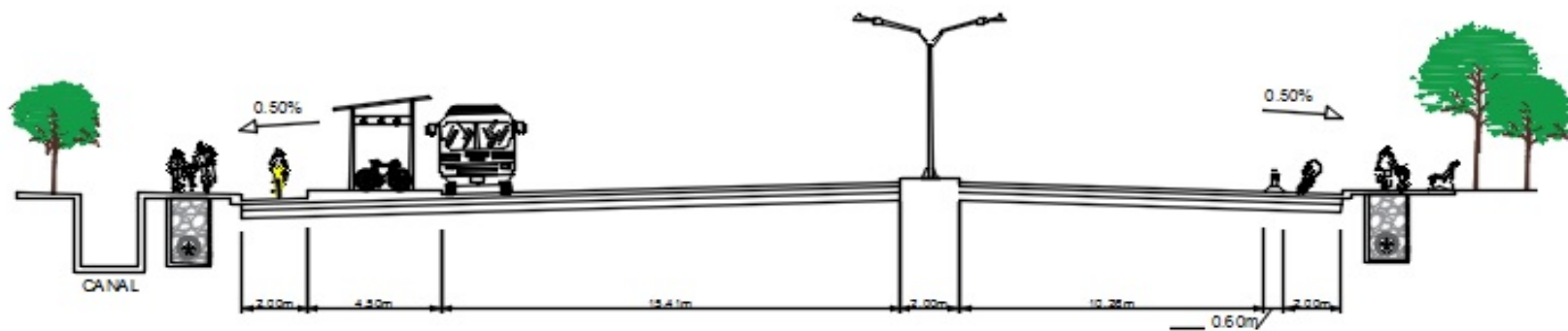
FECHA: Junio de 2020

Proyectistas: Sinaí Rodríguez CI. 24.904.497 y Pedro Azuaje CI. 21.004.173

Tramo de Estudio Urbanización El Morro I - Urbanización El Remanso

Supervisor: Ing. Ángel Medina CI. 15.299.274

Sección Transversal Tipo



Plano de Sección Transversal Tipo

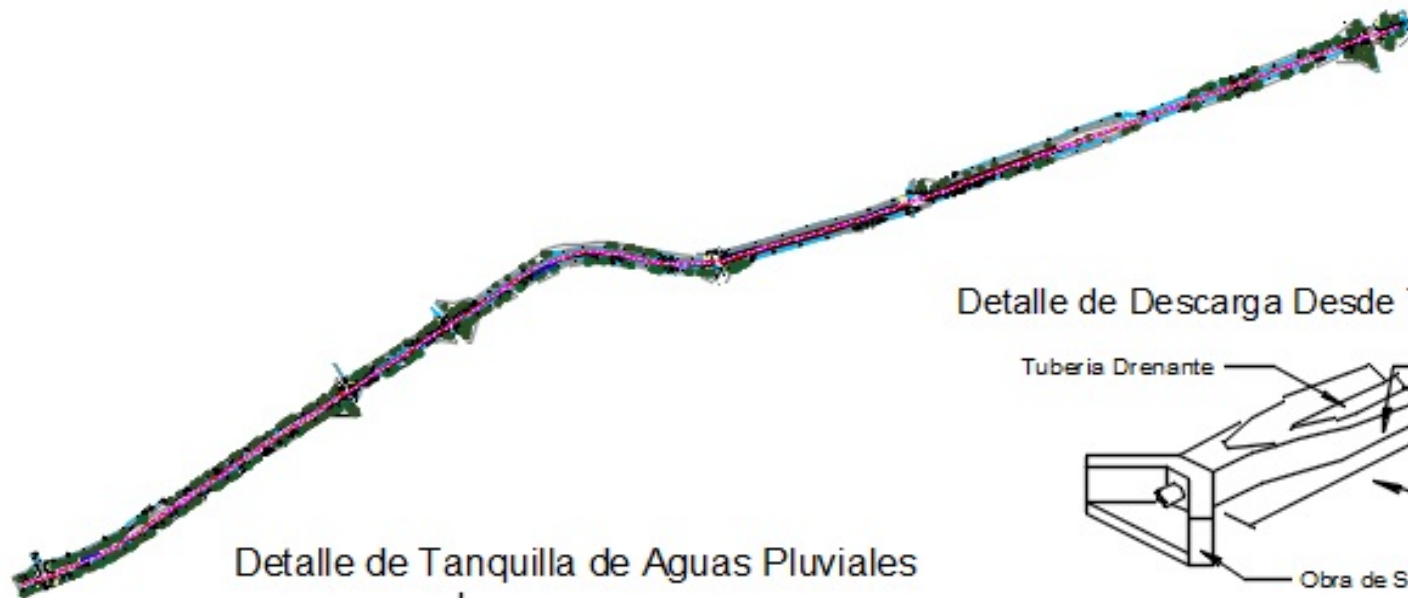
Escala: 1:100

FECHA: Junio de 2020

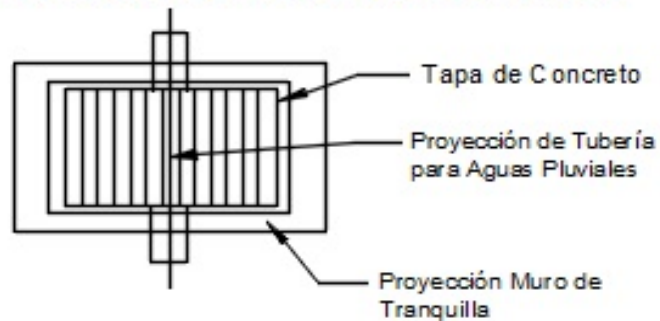
Proyectistas: Sinaí Rodríguez CI. 24.904.497 y Pedro Azuaje CI.21.004.173

Tramo de estudio Urbanización El Morro I- Urbanización El Remanso

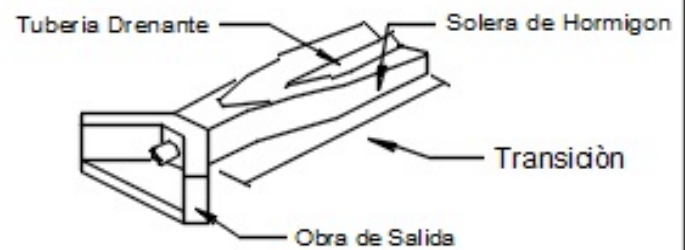
Supervisor: Ing. Ángel Medina CI. 15.299.274



Detalle de Tanquilla de Aguas Pluviales



Detalle de Descarga Desde Tanquilla al Rio



Plano de Tanquilla

Escala: 1:100

FECHA: Junio de 2020

Proyectistas: Sinaí Rodríguez Cl. 24.904.497 y Pedro Azuaje Cl.21.004.173

Tramo de Estudio Urbanización El Morro I - Urbanización El Remanso

Supervisor: Ing. Angel Medina Cl. 15.299.274