



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE SUBDRENAJE EN LA
AUTOPISTA RAFAEL URDANETA PARA
EL TRAMO DISTRIBUIDOR
GUACARA - ARTURO MICHELENA.**

Autor: Rincon U. Sandra 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

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE SUBDRENAJE EN LA AUTOPISTA RAFAEL URDANETA
PARA EL TRAMO DISTRIBUIDOR GUACARA - ARTURO MICHELENA.**

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de

INGENIERO CIVIL

Autor Rincon U. Sandra M.

Tutor: Ing. Luis Rodríguez

San Diego, Abril de 2021



EI-L-012-2020-3CR (TG)

Valencia, 22 de marzo de 2021

Ciudadana:
RINCON URBANO, SANDRA MILAYDI.
C.I. 22.214.775
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° **02-2021** de fecha **19-01-2021** aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **DISEÑO DE SUBDRENAJE EN LA AUTOPISTA RAFAEL URDANETA PARA EL TRAMO DISTRIBUIDOR GUACARA- ARTURO MICHELENA**. Presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Luis Rodríguez C.I: 15.148.806 Como Tutor Académico que la asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dr. Francisco Gelanzé
SevillaDecano

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Luis Rodríguez, portador de la cédula de identidad N° 15.148.806, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por la ciudadana, Sandra Milaydi Rincon Urbano; portador de la cédula de identidad N° 22.214.775, respectivamente, titulado **“DISEÑO DE SUBDRENAJE EN LA AUTOPISTA RAFAEL URDANETA PARA EL TRAMO DISTRIBUIDOR GUACARA - ARTURO MICHELENA.”**. Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, indicó que acepto la tutoría del mencionado proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación según las condiciones que establezca la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez

En San Diego, abril del año 2021.

P/ Ing. Luis Rodríguez



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

San Diego, Septiembre 2020

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado **DISEÑO DE SUBDRENAJE EN LA AUTOPISTA RAFAEL URDANETA PARA EL TRAMO DISTRIBUIDOR GUACARA - ARTURO MICHELENA**. Ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Luis Rodríguez

Tutor Académico

Firma

12/10/2020

Fecha

Ing. Alicia Pizzella

Tutor Metodológico

Firma

16-10-2020

Fecha

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar en estas líneas mi más sincero agradecimiento a todas y cada una de las personas, que contribuyeron al logro de esta meta, que representa mi formación profesional. Primeramente a Dios quien me brinda día a día fortaleza, sabiduría y espiritualidad de lucha, constancia para alcanzar las metas que me he trazado, brindándome la confianza y seguridad en los momentos difíciles y sobre todo alegrías a lo largo de mi vida.

Gracias a ti Rosa Urbano mi madre querida por tu inmenso cariño, dedicación, constancia y buena educación que has sabido brindarme en todo momento, gracias a ti Adelaida Hernández abuelita adorada por tú ternura, apoyo y tener seguridad en mí, inculcándome valores para ser una persona de bien. Gracias padre Carlos Rincon por ayudarme hacer realidad este hermoso sueño, por tu cariño y tenerme presente. A todos mis tíos Douglas Reyes, Luis A. Urbano, Eduardo Urbano y demás familiares por estar siempre ahí. A ustedes suegros queridos M⁵⁶ Vilma de Gómez e Ing. Gabriel Gómez por orientarme en el desarrollo de esta investigación. A ti amor Gabriel J. Gómez por ser mi apoyo incondicional para el logro de este reto.

Amigos les agradezco toda su ayuda, apoyo y compañerismo, les dedico este logro que es parte de ustedes con quienes comencé esta linda carrera especialmente a ti Raúl Ruiz (UC), Fran Martínez (UC), Eder Palencia (UC), Dra. Dinora Chávez (UC), Pebbles Vallenilla (UC) y Luis Izquierdo (UC), así mismo agradecida de todos los que continúan en la lucha por alcanzar esta meta y los ya las han alcanzado especialmente Yeingzon Duarte, Ana V. Hernandez, Jorge Ospino, Juan Urquia, Osmer Vargas, Joqueily Mendez, Barbara Avendaño y Jhonatan Milanés. Gracias

Ing. Marcos Blanco, Ing. Eliodoro Sardinha, por sus enseñanzas en el campo de la ingeniería civil.

Gracias a los profesores por su profesionalismo, enseñanzas, constancia y motivación en la realización de esta investigación, siendo base fundamental en el proceso de educación y formación profesional especialmente al Director de la escuela de Ingeniería Civil Ing. Luis Rodríguez, a usted Ing. Ángel Medina por ser mi tutor académico, Ing. Alba Sanabria, Ing Emerly Castillo, Ing. Rafael Mieres, Ing. Manuel Ferreira, Ing. Freddy Lanza e Ing Ana Avendaño.

A todos mil gracias.

Atte. Sandra Rincon

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
Ø CONTENIDO	
Ø ÍNDICE DE FIGURAS	xii
Ø ÍNDICE DE CUADROS	xv
Ø INTRODUCCIÓN	1
Ø CAPÍTULO I	3
Ø EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del problema.....	7
1.3 Objetivos de la investigación	7
1.3.1 Objetivo General	7
1.3.2 Objetivos específicos	8
1.4 Justificación	8
1.5 Alcance	10
1.6 Limitaciones	10
Ø CAPÍTULO II	12
Ø MARCO TEÓRICO	12
2.1 Antecedentes de la investigación	12
2.1.1 Antecedente Internacional	12
2.1.2 Antecedentes nacionales	13
2.1.3 Antecedentes regionales:	13
2.2 Bases teóricas	14
2.2.1 Criterio de diseño	14
2.2.2 Sistema de drenaje	15
2.2.3 Subdrenaje	16

2.2.3.1 Componentes del sistema de subdrenaje pluvial	17
2.2.4 Geosintéticos	26
2.2.5 Hidrología.....	36
2.2.7 Erosión Pluvial:	47
2.2.8. Topografía	49
2.3 Bases legales.....	52
2.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.....	52
2.3.2 Ley Orgánica del Ambiente (2006).....	59
2.3.3 Ley Orgánica de Ordenación Urbanística	60
2.4 Definición de términos	62
Ø CAPÍTULO III.....	65
Ø MARCO METODOLÓGICO.....	65
3.1 Tipo de investigación.....	65
3.2 Diseño de la investigación.	65
3.3 Nivel de conocimiento.....	66
3.4 Población y Muestra de Estudio	66
3.4.1 Población	66
3.4.2 Muestra.	66
3.5 Técnica e instrumentos de recolección de datos:.....	66
3.6 Fases de la investigación	68
Ø CAPÍTULO IV	70
4.1 Diagnosticar las condiciones de la autopista Rafael Urdaneta en la zona del tramo Distribuidor Guacara- Arturo Michelena.	70
4.2 Determinación de los parámetros básicos y valores críticos para la implementación y diseño del subdrenaje.....	73
4.2.1 Descripción del tramo en estudio:	73
4.3 Analizar sistemas de subdrenaje que cumplan con las expectativas, antes propuestas:	111

4.3.4. Estimación del diámetro de la tubería a utilizar.	118
4.3.7. Evaluación del geotextil a Usar en el Filtro.	120
Ø CAPÍTULO V	132
5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
Ø REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135
Ø ÍNDICE DE TABLAS	154

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pag
1 Esquema subdrenaje tradicional.....	18
2 Esquema Geodren vial.....	19
3 Esquema subdrenaje de penetración transversal.....	20
4 Cortina impermeable.....	21
5 Subdrenaje de Zanja.....	21
6 Esquema de un desplazamiento activado al realizar la excavación para un subdren.....	22
7 Colchones de drenaje colocados debajo de un terraplén.....	23
8 Pozo vertical de drenaje con sub drenes de penetración.....	24
9 Efecto de una galería de drenaje sobre las líneas piezométricas en un gran deslizamiento.....	25
10 Ejemplos de subdrenes de pantalla.....	26
11 Tipos de geotextiles.....	28
12 Capacidad de infiltración.....	42
13 Evolución de los componentes de la escorrentía.....	43
14 Proceso de erosión pluvial.....	47
15 Pendiente longitudinal.....	50
16 Pendiente transversal de vía.....	51

17	Mapa Geográfico del estado Carabobo.....	71
18	Croquis de la vialidad.....	72
19	Croquis del tramo en estudio.....	72
20	Vista satelital del tramo en estudio (Municipio Guacara).....	74
21	Vista satelital del tramo en estudio (Municipio Los Guayos).....	75
22	Mapa de fallas Venezuela.....	75
23	Vista satelital de las elevaciones.....	76
24	Litografía de Perforación de la Vía Dist. Panamericana-Guacara.....	78
25	Curva granulométrica de la muestra P8-M3.....	79
26	Litografía de la muestra de suelo P8-M3.....	80
27	Plano del lago de Valencia.....	82
28	Evolución del nivel del lago de Valencia período 1.995 – 2.025.....	83
29	Superposición de las curvas 1.995 – 2.025.....	84
30	Sub-cuencas del Lago de Valencia.....	85
31	Curvas intensidad duración y frecuencia Estación Guacara.....	90
32	Caudal medio del Río Guacara en Puente Autopista.....	96
33	Caudal máximo del Río Guacara en Puente Autopista.....	97

34	Caudal mínimo del Río Guacara en Puente Autopista.....	97
35	Caudal mínimo del Río Guacara en Puente Autopista.....	105
36	Sección transversal de la vía.....	110
37	Velocidad de flujo de acuerdo a la pendiente del subdren y el material drenante.....	115
38	Perforación de la tubería de drenaje.....	120
39	Paso del agua a través del sistema de filtración.....	121
40	Curva Granular muestra P8-M3.....	122
41	Colmatación del filtro por penetración de partículas.....	124
42	Especificaciones generales de construcción de carreteras Artículo 673-07 INVIAS-AASHTO M288-05.....	125
43	Factor de reducción para geotextiles en drenajes.....	128
44	Estructura de drenaje.....	131

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Pag
1	Rol de los Geotextiles.....	34
2	Período de retorno y riesgo de falla según vida útil.....	38
3	Factor de cobertura superficial.....	40
4	Valores recomendados para el factor de infiltración F_i	45
5	Valores recomendados para el factor de retención de la base F_r	45
6	Coefficiente K permeabilidad de los suelos.....	46
7	Técnicas e instrumentación metodológicos.....	68
8	Descripción puntos relevantes del tramo de la vialidad en estudio....	73
9	Datos mensuales de precipitación de la estación Guacara.....	88
10	Datos mensuales de precipitación de la estación Guacara 1981-1992.....	89
11	Datos mensuales de precipitación de la estación San Diego.....	91
12	Datos mensuales y anuales de precipitación de la estación Valencia-Aeropuerto.....	92
13	Datos de temperaturas de la estación Valencia-Aeropuerto.....	93

14	Datos de evaporación media anual estación Valencia-Aeropuerto....	93
15	Datos de evaporación media anual estación Valencia-Aeropuerto....	94
16	Datos de humedad relativa mínima, media y máxima Valencia-Aeropuerto.....	94
17	Estudio hidrológico integral Caño Los Dividives.....	98
18	Gastos máximos Caño Los Dividivis.....	98
19	Gastos máximos Río Cúpira.....	99
20	Gastos máximos Río San Diego.....	100
21	Gastos máximos Río Los Guayos.....	100
22	Gastos máximos Qda. Quigua.....	101
23	Periodos de retorno típicos para obras hidráulicas.....	104
24	Periodos de retorno de los cauces que cruzan la vía.....	104
25	Data topográfica tramo1-2-3.....	105
26	Variación de pendientes tramo1-2-3.....	106
27	Sentido de flujo tramo1-2-3.....	108
28	Tiempo de concentración tramo 1-2-3.....	109
29	Caudal de infiltración.....	111
30	Caudal total de diseño por tramos.....	111

31	Cálculo de área transversal de la zanja de drenaje tramo 1-2-3.....	116
32	Cálculo de la profundidad de la zanja de drenaje tramo 1-2-3.....	117
33	Diámetros por Norma COVENIN 656.....	118
34	Cálculo de estimación de diámetro la tubería.....	119
35	Cálculo del diseño de la tubería.....	120
36	Factor de seguridad global.....	122
37	Criterio de permeabilidad.....	123
38	Cálculo de la permitividad última.....	126
39	Cálculo de la permitividad requerida.....	127
40	Permitividad admisible.....	128
41	Factor de seguridad global.....	129
42	Consideraciones técnicas de los geotextiles.....	130



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

**DISEÑO DE SUBDRENAJE EN LA AUTOPISTA RAFAEL URDANETA
PARA EL TRAMO DISTRIBUIDOR GUACARA - ARTURO
MICHELENA**

Autores: Rincon U. Sandra M.

Fecha: 28/04/2021.

Tutor: Ing. Luis Rodríguez .

RESÚMEN

La presente investigación tiene como objetivo proponer el diseño de subdrenajes en la autopista Rafael Urdaneta para el tramo Distribuidor Guacara-Arturo Michelena para el mejoramiento del drenaje de agua pluvial, asegurando la estructura de la vía en construcción, aumentando la vida útil y optimizando costos asociados a su mantenimiento. La investigación se desarrolló según los lineamientos de proyecto factible, con un diseño documental y descriptivo. El presente trabajo consta de cuatro etapas: en la primera se efectúa el diagnóstico de las condiciones actuales del sistema de drenaje en el tramo de estudio, en la segunda etapa se determinaron los parámetros básicos y valores críticos de diseño, en la tercera etapa se estudia el tipo de sistema de subdrenaje que se adapte; finalmente la cuarta etapa correspondiente al diseño del sistema.

Descriptorios: Subdrenaje, agua pluvial, vialidad

INTRODUCCIÓN

El deterioro de las vías a causa de las aguas pluviales son considerados como efectos nocivos, que desde hace muchos años se han venido produciendo a nivel nacional, regional y local en las distintas vías de acceso al país. Provocando de esta manera la utilización o aplicación de distintas técnicas de alternativas de drenajes pluviales. Estas técnicas intentan crear soluciones a menor costo y con amplios beneficios. Respecto a la implantación de subdrenajes, se han obtenido grandes ventajas en los países industrializados, tales como amortiguamiento de las lluvias, aprovechamiento de la misma, aumento en la seguridad vial, eliminación de la acumulación de las aguas y disminución de la humedad.

Cabe destacar que los subdrenajes se consideran uno de los sistemas relevantes para mejorar el buen funcionamiento de las vías. Brindando protección del camino, escurrimiento de las aguas; evitando riesgo tanto para las estructuras así como, para los usuarios. Es por ello que al hacer estudios referidos a los subdrenajes se deben tomar en consideración factores relacionados al comportamiento de las aguas y al terreno por donde fluyen las mismas; entre ellos se citan: la hidrología, topografía y la geología de la zona.

Finalmente se propone en dicho proyecto el diseño de un sistema de subdrenaje que permita recolectar las aguas pluviales en la autopista Rafael Urdaneta tamo distribuidor Guacara- Arturo Michelena que atravesará los municipios Guacara y Los Guayos. Partiendo de un diagnóstico como punto de partida que permita detectar la localidad donde se establecerán los subdrenajes, así como analizar las distintas alternativas de subdrenajes que cumplan con los requerimientos y el buen funcionamiento de acuerdo a las condiciones del lugar en estudio.

De acuerdo a las características y naturaleza del estudio, la investigación se estructuró en los siguientes capítulos:

Capítulo I El Problema: Planteamiento del problema, formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación del problema, alcance y limitaciones.

Capítulo II Marco Teórico: Antecedentes de la investigación, bases teóricas y bases legales.

Capítulo III Marco Metodológico: Tipo de Investigación, diseño de la investigación, nivel de investigación y fases metodológicas.

Capítulo IV Análisis y Resultados: Se consideran y analizan los datos recolectados; así como los procedimientos y métodos aplicables en el diseño del subdrenaje para la vía en estudio.

Capítulo V: En este capítulo se elaboran las conclusiones y las recomendaciones en base a los resultados obtenidos para el presente trabajo de investigación; finalmente bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial el sistema de transporte conjuntamente con las vías por las cuales las personas se desplazan, son consideradas como el motor principal para la vida urbana; al ser base fundamental para el traslado de un lugar a otro y cumplir con sus actividades relacionadas con el trabajo que realizan día a día. En este sentido, la falla o suspensión de alguno de estos servicios motivado bien sea por un desgaste natural producido, así como derrumbes o hundimientos genera inmediatamente malestar en las personas que deben trasladarse por esas vías terrestres y si la interrupción es prolongada la problemática se hace cada vez más grave. En el caso de las vías de comunicación, cualquier falla genera bloqueo del paso, tanto vehicular como peatonal limitando así la comunicación terrestre. (Gabaldon 2010).

En este sentido, las situaciones presentadas en las vías de comunicación, suceden por eventos impredecibles o falta de tomar las medidas necesarias para evitar males mayores, tales como, deslaves, hundimientos, agrietamientos del pavimento, inundaciones o mantenimiento a tiempo; tales eventos dependen de su ubicación geográfica, aspectos estos relevantes, para ser considerados en el momento de llevar a cabo una construcción de cualquier tipo.

Se ha venido observando en algunos países como México según:

Delgado. H (2016) Investigador del Instituto de Transporte, afirmó que el 80% de las vías presentan los tres tipos principales de deterioro del asfalto como baches que se dan por el desprendimiento de

una parte del agregado; deformación permanente, que se dan por una falla superficial de braseo o de cimentación y la degradación por fatiga que puede ser ligera, moderada o fuerte. Las cuales se determinan mediante un estudio de suelo y el asfalto que se está aplicando en donde se detectan las fallas.

En este orden de ideas Báez D. (2008) señala que uno de los elementos que causa más daño a las estructuras viales es el agua, pues en general disminuye la resistencia de los suelos presentándose fallas en la estructura que conforman una vía de tránsito, lo cual obliga que para el desarrollo de un proyecto de vialidad hay que considerar un buen diseño de obras de drenajes, pues por naturaleza del material con que se formen los terraplenes o los taludes de los cortes, cualquier exceso de agua o humedad ocasionan deslaves y problemas de funcionamiento del camino o vía. Otro aspecto relevante expuesto para las fallas de vialidad es el drenaje que según Olivera B. (1999) define el drenaje como “un dispositivo utilizado para dar paso al agua, restituyendo la continuidad de la trayectoria de los cauces interceptados principalmente por las obras viales, carreteras y otros”(p102); señalando que el drenaje en las carreteras parte de un estudio de las aguas y que la eliminación del agua es un aspecto capital en el éxito o fracaso de una infraestructura viaria.

Particularmente en Venezuela las obras civiles que mayor cabida tienen, en la construcción de carreteras regidas, según el Ministerio de Transporte y Comunicación (MTC) por un conjunto de normas que forman parte de la red nacional de vialidad. Destacándose que una de las razones por la cual se ha abocado a realizar carreteras, viviendas, espacios públicos, viene dado por el incremento poblacional acelerado, lo cual podría ocasionar impermeabilidad en las zonas, cambios que dependiendo del nivel freático coadyuvará en el ensanchamiento, hundimiento e inundaciones en la zona; factores que afectarían a todos los sectores sociales, económicos, educativos, seguridad y salud.

Cabe señalar que los materiales que se han venido utilizando a lo largo de los años, según:

Leal.F (2011) no están cumpliendo con los requerimientos que ameritan las carreteras, tal es el caso del Estado Zulia, donde a pesar de ser el mayor productor de petróleo del país; el asfalto que se coloca no aguanta las temporadas de lluvias. Cabe destacar que el fenómeno que produce la falla temprana de los pavimentos de asfalto en Venezuela se produce durante la época de lluvia; pues el agua hace que el ligante asfáltico se desprenda del agregado, disgregando la mezcla y favoreciendo el deterioro del pavimento; ajustándose a la falta de buenos drenajes.

En el estado Carabobo existe una gran cantidad de movimiento vehicular al desplazarse por los municipios que serán utilizados para el enlace de los 42 kilómetros que atravesará la carretera que inicia desde el Distribuidor Parmarejo hasta la encrucijada (Tocuyito). Es por ello que hay que tomar en consideración un estudio detallado de todos los aspectos que influyen en el desarrollo de dicha construcción (estudios previos de suelos, estudios hidrológicos de la zona, topografía, gastos económicos, materiales a utilizar, responsabilidad para el cumplimiento de la misma) en el tramo en estudio Distribuidor Guacara-Arturo Michelena.

En este orden de ideas un factor relevante, desde el punto de vista hidráulico, a considerar en el caso de estos Ríos se asocia a la variación de los niveles del Lago de Valencia, esta situación, aún no controlada provoca variaciones en los niveles y comportamiento del flujo subsuperficial aún no determinadas, pero cuyos efectos pueden generar respuestas no previstas en la estabilidad de los componentes estructurales. Por otro lado, la elevación de los niveles del Lago puede influir en la descarga de los ríos provocando un remanso que debe ser considerado en el diseño de las estructuras hidráulicas del Proyecto de la Autopista, en el tramo de la cuenca del Lago de Valencia para evitar los efectos ocasionados por la socavación progresiva si se produjera y para estimar adecuadamente la altura de diseño recomendada sobre el fondo del cauce en cada caso.

Cabe destacar que la gran parte de la autopista que tiene cercanía con el lago de Valencia está en constante riesgo, por lo que surge la necesidad de implementar medidas de seguridad.

Al respecto Castillo y Jiménez (2013) afirman que:

La vía Guigue-Valencia ha venido sufriendo riesgos por la presencia o cercanía del lago y según comparaciones realizadas en el año 1998 se observó que en una zona el lago se encuentra en contacto directo con parte de la vía, lo cual ha generado las afectaciones que conlleva a aplicar las medidas preventivas para evitar la ocurrencia de los impactos y realizar las reparaciones correspondientes.

En este sentido el Ingeniero Morassutti G. (2017) señala que:

En cuanto a la situación actual del lago de Valencia, este presenta un ascenso de su nivel desde la cota 408 msnm hasta la cota máxima medida de 413,43 msnm, trayendo como consecuencia afección de las siguientes infraestructuras que quedaron desaparecidas bajo el nivel del lago (ver apéndice A):

1. Pérdida de unas 4.500 ha. De áreas agrícolas y urbanas
2. Laguna de oxidación de Mampa –Maracay
3. Laguna de oxidación de San Joaquín
4. Laguna de oxidación la Pradera – San Joaquín
5. Laguna de oxidación de la urb. El Guayabal -San Joaquín
6. Laguna de oxidación de Guaica –Central Tacarigua
7. Laguna de oxidación de la población las Tiamitas – Güigüe

Así mismo, quedan en riesgo las siguientes infraestructuras (412,00 m.s.n.m. – 416,00m.s.n.m.)

1. Estación de bombeo aguas servidas Camburito Palo Negro –Maracay
2. Avenida Los Aviadores –Palo Negro –Maracay
3. Carretera vieja la Cabrera –Maracay
4. Viaducto la Cabrera en la autopista Valencia –Maracay
5. Autopista Flor Amarillo – Güigüe, sector Samán Mocho
6. Estación de bombeo de trasvase de los guayos
7. Planta de tratamiento de aguas servidas de los Guayos
8. Laguna de oxidación 14 de febrero – Güigüe
9. Espacio para futuro sistema de tratamiento de Güigüe
10. Espacio para futuro sistema de tratamiento de Central Tacarigua

11. Aducción de tubería de agua potable a Maracay

En consideración a lo antes planteado estudio realizados en el Instituto Politécnico Nacional de la escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura; México, por la ingeniero Juárez (2014) señala que la finalidad del sistema drenaje de una carretera viene dado en primer lugar por preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma de la carretera eliminando el exceso de agua superficial y subsuperficial.

De allí que el drenaje es uno de los factores más importante en el diseño y construcción de carreteras, tiene como objetivo alejar las aguas de las carreteras, evitando las influencias negativas de las mismas sobre su estabilidad y transitabilidad. Cabe destacar que uno de los principales problemas que se presentan en la construcción de las vías, vienen dados por la falta de subdrenajes, ocasionando, la no desviación de las corrientes de agua antes de llegar al lecho de la carretera. Existe riesgo latente en cuanto el ingreso de las aguas provenientes de las cuencas del río Pao, para alimentar el sistema regional del centro. Aumentando los niveles del lago de Valencia, esto conlleva a la pérdida de tierras agrícolas y urbanas, colapso de los sistemas de bombeo de agua servidas de la estación Camburito (estado Aragua) y la de los Guayos (Carabobo) generando problemas de salud pública regional, de allí la necesidad de implementar las medidas necesarias para evacuar las aguas del lago utilizando el método más aceptable.

1.2 Formulación del problema

Según el planteamiento antes mostrado surge la siguiente interrogante.

¿Cómo se pueden recolectar los excedentes de aguas cercanas a la vía?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer el diseño de subdrenajes en la autopista Rafael Urdaneta para el tramo Distribuidor Guacara-Arturo Michelena.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Diagnóstico de las condiciones actuales del drenaje natural las aguas pluviales en el tramo de la vía distribuidor Guacara-Arturo Michelena.
2. Determinar los parámetros de diseño e información técnica.
3. Análisis de los sistemas de subdrenaje que cumpla con las expectativas de la zona.
4. Diseño del subdrenaje para el tramo Distribuidor Guacara-Arturo Michelena.

1.4 Justificación

La presente investigación tiene como propósito, darle solución a la recolección de las aguas manteniendo un buen sistema de drenaje, protegiendo los bordes y pavimento igualmente ampliando la vida útil para obtener un óptimo resultado, cumplir con los objetivos establecidos en dicho proyecto y alcanzar las metas.

En este sentido dentro de un país el sistema de transporte constituye un aspecto importante para su desarrollo, destacando que para su avance económico y social hay que tener en cuenta todos los sistemas de transporte que lo integran ya que en un estudio por separado de ellos no suministrará la red idónea que la economía de un país exige. En este sentido, según Raúl Benítez (1986, pag86) define las carreteras como “una curva alabeada en el espacio, con el objetivo de garantizar un recorrido espacial continuo”.

De allí que las carreteras deben cumplir consideraciones de tipo económico, característica del terreno y objetivo del proyecto, en cuanto a su trazado que este sea directo entre los puntos extremos a enlazar y cumpliendo en él todos los principios y normas de ingeniería que permitan obtener una obra vial resistente, segura, duradera, funcional, económica y de apariencia agradable ante los ojos del conductor.

Según estudios realizados por miembros de la Comisión de Vialidad y Transporte del Colegio de Ingenieros, desde la Encrucijada de Carabobo hasta el Distribuido Parmarejo (Guacara), un automóvil a una velocidad de 32 kilómetros por hora, tarda 70.2 minutos en trasladarse. La velocidad es un promedio debido a la cantidad de

obstáculos, desniveles, accidentes y colas. Con la Variante Sur, el recorrido se realizaría a 80 kilómetros por hora y en solo 30 minutos, garantizando de esta forma un beneficio social para los transeúntes.

Por tanto, la construcción de carreteras conlleva a tener en cuenta varios parámetros como la influencia en la naturaleza, el consumo de energía, con énfasis en los combustibles, fósiles no renovables, el consumo de materia prima naturales, la generación de residuos, alternativas de tratamiento o reaprovechamiento, las emisiones gaseosas o partículas, la contaminación del suelo y el nivel freático, la deforestación, los programas de prevención de accidentes, la evaluación de riesgos y el impacto socioeconómico. Así mismo conlleva a tomar en consideración una serie de aspectos de carácter relevantes como el patrón hidrológico, el suelo, los drenajes y la tecnología aplicada para que el asfalto que se coloque tenga mayor durabilidad.

Al respecto Robert. K (2016, pag120) “Define a los drenajes como una tecnología que tiene como objetivo fundamental, disminuir el exceso de agua acumulada tanto en la superficie como en el interior del suelo con el fin de mantener las condiciones óptimas de aireación y actividades biológicas para los procesos fisiológicos”.

En consecuencia, las constantes lluvias al drenar van provocando desgastes sobre el suelo que por lo general producen fallas que al aplicar un adecuado diseño de capas de geotextiles permitirá desarrollar un esfuerzo de la tracción de tal manera que el factor de seguridad ante la falla aumente hasta un valor confiable. En virtud de lo antes señalado el diseño con geosintéticos que se desea proponer para el subdrenaje; mantendrá la integridad de los materiales y mejorará su funcionamiento; así mismo se aprovecharán las ventajas que este proporciona como es reducir el impacto ambiental que pueda generar el proyecto; aumentar la resistencia a la tracción, incrementar la resistencia de suelo frente a deslizamientos o erosiones, facilitando el drenaje y la filtración el cual refuerza y homogeneiza las cargas sobre una superficie externa.

Es de gran importancia tomar en consideración que estos materiales se caracterizan por ser fabricados a base de materiales sintéticos, que poseen cualidades suficientes para proporcionar una mejora sustancial en una o varias propiedades que

se requieran, presentando una gran variedad adaptable a cada estudio realizado en los suelos. Por otra parte, se propone un geotextil el cual actuará como un elemento estructural y de confinamiento de los granos del suelo, permitiendo difundir y repartir las tensiones locales, refuerza la compactación de suelos-materiales, filtra y estabiliza, estas acciones mejoran la calidad de los suelos aumentando la capacidad portante y estabilidad de la construcción.

Finalmente, el presente estudio se encuentra insertado dentro de las líneas de investigación señaladas en el pensum de estudio de la universidad como lo son: vialidad, diseño de carreteras, suelos, topografía, resistencia de materiales entre otras, dándole mayor relevancia para el desarrollo del mismo. Así mismo, la investigación servirá como fuente de información para otros estudios posteriores con tópicos similares, en implementación de materiales de tipo geosintéticos para mejorar los drenajes.

1.5 Alcance

Este estudio tiene como radio de acción el tramo Guacara-Arturo Michelena, ya que los resultados obtenidos permiten lograr el mejoramiento del drenaje de agua pluvial siendo este su propósito principal. La aplicación de los geosintéticos propicia el desplazamiento del agua evitando el estancamiento, lo que asegura mejor drenaje y mayor protección del pavimento, por ende se alarga la vida útil del mismo, lo que conlleva a la implementación del tipo adecuado y requerido según su estudio, para alcanzar el objetivo propuesto. Aprovechando al máximo los recursos para su desarrollo.

1.6 Limitaciones

Para la ejecución de este informe se dieron muchas limitaciones como: la falta de importación de geosintéticos, la complejidad de llegar al tramo en estudio debido a la situación país que se está viviendo, los datos requeridos para determinar ciertos valores en algunos cálculos, sin embargo con esmero y dedicación por parte de los profesores, asesores, organismos privados y gubernamentales en cuanto al suministro

de ciertas informaciones se pudo llevar a cabo el desarrollo del proyecto en los capítulos exigidos por la institución.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Se asumió para el desarrollo de la presente investigación que, de acuerdo a Arias Fidias (2012). “Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento de área determinada y sirve de modelo para futuras investigaciones” (pag 106). Los antecedentes de una investigación en sí, son los estudios o informes que se realizaron antes de la investigación a ejecutar, con el objetivo de ayudar al investigador que está realizando su trabajo; a validar y demostrar la factibilidad, estos antecedentes deben de compartir y obtener objetivos similares.

Seguidamente se señalan las investigaciones que guardan relación con la temática en estudio y que han servido de precedentes y soportes teóricos para orientar la elaboración del presente estudio. A continuación se desarrollan las bases teóricas que dan soporte al proyecto, detallando las especificaciones o características de los subdrenajes, así mismo se hace la definición de los términos básicos para la interpretación del estudio. Finalmente se establecen las bases legales.

2.1.1 Antecedente Internacional

Marín, H y Pérez C (2014, México), en su investigación titulada “**Drenaje y subdrenaje en carreteras**”. Para optar al título de Ingeniero Civil. Cuyo objetivo es reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llega al camino y dar salida rápida del agua que llega al camino. La metodología utilizada fue de tipo descriptiva. Se llegó a la conclusión que las obras de drenajes y subdrenajes en los proyectos carreteros son necesarios ya que los objetivos de estas obras son la preservación de la carretera, debido a la función social y económica que representa y el costo elevado de construcción de estos proyectos.

El citado autor deduce que para las vías es importante el diseño y construcción de un sistema de drenaje y que este requiere la realización de estudios del clima, suelo, hidrología y geología, ecológicos, a fin de prevenir o mitigar el 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 y su relación con los ecosistemas presentes. El aporte viene dado por la recaudación de información documental referida a la temática en estudio.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Hernández O y Macero T (2018) En su trabajo de investigación titulado **“Implementación de sistemas de subdrenajes de aguas pluviales Avenida Paseo Valencia, tramo Kayson Avenida Sesquicentenario, Municipio Valencia- Edo. Carabobo”** Para optar al título de Ingeniero Civil. Mostrado la insuficiencia que se encuentra presente en dicha vía de controlar el agua que fluye de manera subsuperficial ya genera una filtración de la misma a través del pavimento como también a la sub-base de la vialidad, ocasionando daños a la obra vial, tanto en la capa asfáltica como en el suelo de la misma para optimizar el funcionamiento del drenaje vial. La metodología utilizada fue la modalidad, de proyecto factible basado en una investigación exploratoria, se llegó a la recomendación de la implementación de un sistema de subdrenaje eficiente que cumpla con las necesidades del área de estudio, así como también con las normas técnicas que garanticen que al culminar la fase de construcción del proyecto sea el más adecuado, considerando un análisis técnico económico según las especificaciones del tipo de zona. El aporte dado al presente estudio fue los procedimientos, técnicos y herramientas para darle solución a la problemática existente a causa de las lluvias en las vías.

2.1.3 Antecedentes regionales:

De Jesús, F y Ospino, J. (2020, Carabobo) en su trabajo de investigación titulado **“Diseño de un sistema de sub drenaje (SDSD) de aguas pluviales, en la av. paseo monumental, municipio Valencia, edo. Carabobo”**. Para optar al título de Ingeniero

Civil. Complementando el sistema de drenaje existente asegurando con ello un mejor funcionamiento de la estructura vial aumentando la vida útil y optimizando costos asociados al mantenimiento preventivo y correctivo a corto y largo plazo. La investigación se enmarca dentro del tipo proyecto factible, con un diseño mixto (Documental y de Campo) y un nivel del tipo descriptivo, concluyó que en base a una sencilla integración con los sistemas de drenajes superficiales el diseño objeto de la presente investigación representa una opción adecuada para en conjunto con las estructuras existentes, drenar los excedentes de agua de la vialidad en estudio. El aporte dado al presente estudio fue los procedimientos, técnicos y herramientas para darle solución a la problemática existente a causa de las lluvias en las vías.

2.2 Bases teóricas

La presente investigación realiza su enfoque en relación a sus variables de estudio, los geosintéticos y su contribución a los sistemas de subdrenajes.

2.2.1 Criterio de diseño.

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 su posterior funcionalidad. Las más destacables son:

- **Factores Topográficos:** dentro de este grupo se engloban circunstancias de tipo físico, tales como la ubicación de la carretera respecto del terreno natural contiguo en desmonte, terraplén o a media ladera, la tipología del relieve existente llano, ondulado, accidentado o la disposición de sus pendiente en referencia a la vía.
- **Factores Hidrológicos:** hacen referencia al área de la cuenca de recepción y aporte de aguas superficiales que afecta directamente a la carretera, así como a la presencia, nivel y caudal de las aguas subterráneas que pueden infiltrarse en las capas inferiores del firme.

- **Factores Geotécnicos:** la naturaleza y características de los suelos existentes en la zona condicionan la facilidad con la que el agua puede llegar a la vía desde su punto de origen, así como la posibilidad de que ocasione corrimientos o una erosión excesiva del terreno. Las propiedades a considerar son aquellas que afectan a su permeabilidad, homogeneidad, estratificación o compacidad, incluyendo también la existencia de vegetación

2.2.2 Sistema de drenaje

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

2.2.2.1 Clasificación de drenaje vial.

Las obras de drenaje vial son elementos estructurales cuya finalidad es evacuar el agua acumulada por efectos de precipitaciones y de escorrentía. Las estructuras de drenaje vial pueden ser de control y protección.

Las estructuras de drenaje vial trabajan directamente sobre la carretera dividiéndose estas en obras de drenaje de arte menor y obras de drenaje de arte mayor. Entendiéndose por obras de drenaje de arte menor el drenaje longitudinal (cunetas, cunetas de coronación, subdrenaje) y al drenaje transversal (alcantarillas). Y por obras de drenaje de arte mayor los puentes en general.

- **Drenaje superficial.** Conjunto de obras destinadas a la recogida de las aguas pluviales o de deshielo, su canalización y evacuación a los cauces naturales, sistemas de alcantarillado o a la capa freática del terreno. Se divide en dos grupos, drenaje transversal que es el que más montante económico conlleva y drenaje longitudinal:
- **Drenaje transversal.** Permite el paso del agua a través de los cauces naturales bloqueados por la infraestructura viaria, de forma que no se produzcan

destrozos en esta última. Comprende pequeñas y grandes obras de paso, como puentes o viaductos.

- **Drenaje longitudinal.** Canaliza las aguas caídas sobre la plataforma y taludes de la explanación de forma paralela a la calzada, restituyéndolas a sus cauces naturales. Para ello se emplean elementos como las cunetas, caces, colectores, sumideros, arquetas y bajantes.
- **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.

2.2.3 Subdrenaje

Las aguas son una amenaza directa a la vida útil de las obras civiles, principalmente la de las vías terrestres, afectándolas de diversas maneras, estas se filtran o discurren por la superficie del terreno almacenándose si no son conducidas a tiempo por alcantarillas, produciendo una saturación en el terreno que reduce su resistencia al esfuerzo cortante y que genera asentamientos, fuerzas de filtración que amenazan su estabilidad y peligro de tubificación, estas aguas tienden a brotar en los cortes de las carreteras o en las coronas de las mismas, amenazando la estabilidad de los cortes y el buen comportamiento de los pavimentos que cubren las coronas.

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 aprovechada, 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 la banca y de los taludes de la carretera, lo cual se consigue interceptando los flujos subterráneos y haciendo descender el nivel freático.

Los métodos de subdrenaje en cortes tienden a controlar el flujo del agua en el talud, evitan que fluya hacia la superficie y así restringir los cambios volumétricos del material y orientar favorablemente las corrientes de filtración. En el caso de los terraplenes, se logran disminuir los esfuerzos neutrales en el agua que llena los vacíos del suelo de la ladera, se aumentan los esfuerzos efectivos actuantes y se mejora la estabilidad del terraplén.

2.2.3.1 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:

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 en figura 1).

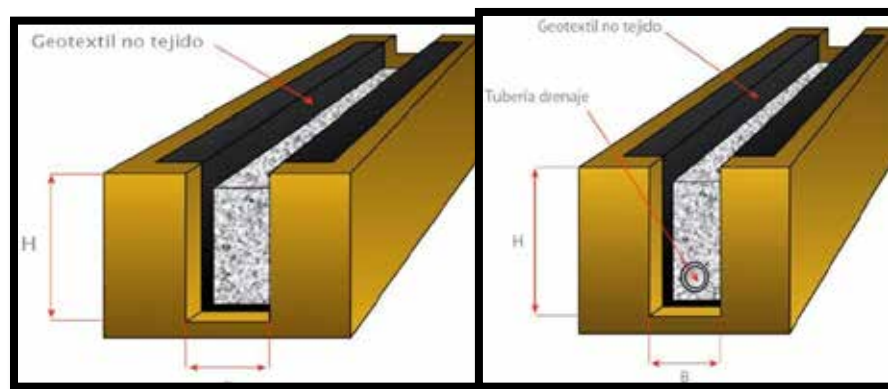


Figura 1: Esquema subdrenaje tradicional

Fuente: Tipología obras de drenaje y subdrenaje en vías, Julián Pulecio

Geodren vial

Es un sistema integral de captación, conducción y evacuación de fluidos que está compuesto por un geodren 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. (Ver en figura 2)

Para lograr un buen diseño de un sistema de drenaje usando geodren, 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. Adicionalmente los geotextiles son materiales de alta calidad que se fabrican siguiendo unos procesos normalizados, con el fin de lograr unas resistencias mecánicas y propiedades hidráulicas establecidas según normas internacionales.

Establecer el número de geo-redes necesarias que sean capaces de conducir el caudal de diseño.

Establecer el sistema de evacuación de los líquidos que capta el geodren. Es necesario que este sistema sea un tubo especial para drenaje.

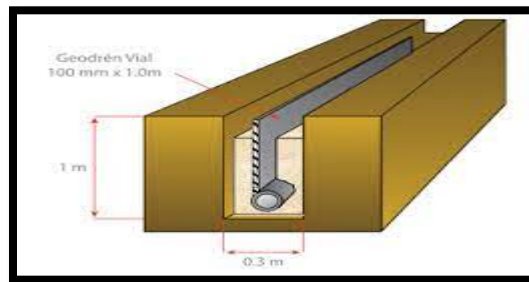


Figura 2. Esquema Geodren vial

Fuente: Geotextiles, subdrenaje y bioingeniería, Mora Y (2010)

Drenes de penetración transversal

Los mecanismos por lo que 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 genera condiciones de carga hidráulica que genere 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 (ver Figura 3).

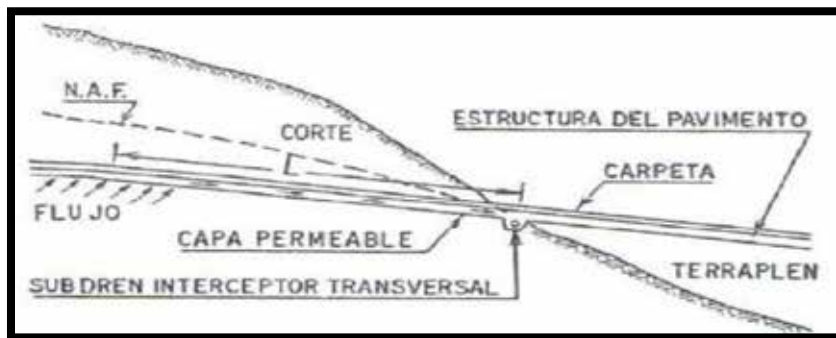


Figura 3. Esquema subdrenaje de penetración transversal

Fuente: Diseño de subdrenaje vial, Alvarado M, Naranjo J (2012)

Métodos de subdrenaje

Entre los tipos de obra utilizadas para subdrenaje se encuentran las siguientes:

Cortinas impermeables subterráneas.

Las cortinas impermeables profundas tienen por objeto impedir que el agua subterránea alcance la zona de inestabilidad potencial (Figura 4). Las barreras

impermeables se han utilizado con frecuencia para impedir el paso de contaminantes, y en los últimos años su uso se ha extendido a la estabilización de deslizamientos.

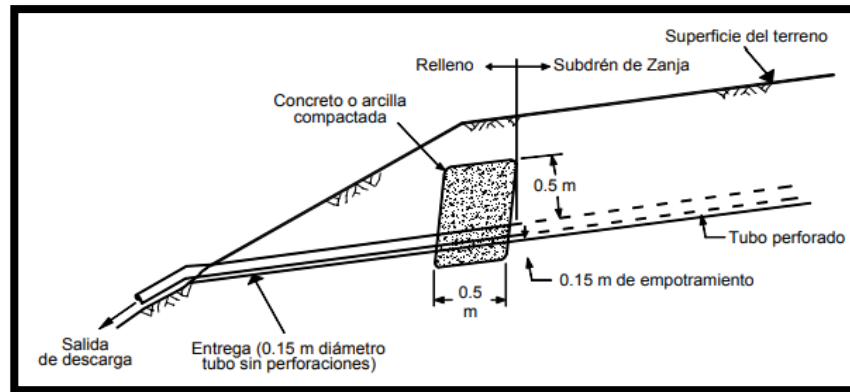


Figura 4 cortina impermeable

Fuente: <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-ii-tecnicas-de-remediacion.html>

Subdrenes de zanja.

Los subdrenes de zanja son excavaciones realizadas manualmente o con retroexcavadora (comúnmente rellenas de material filtrante), con el objeto de captar y transportar el agua subterránea y de esa forma, abatir el nivel freático. (Ver figura 5)

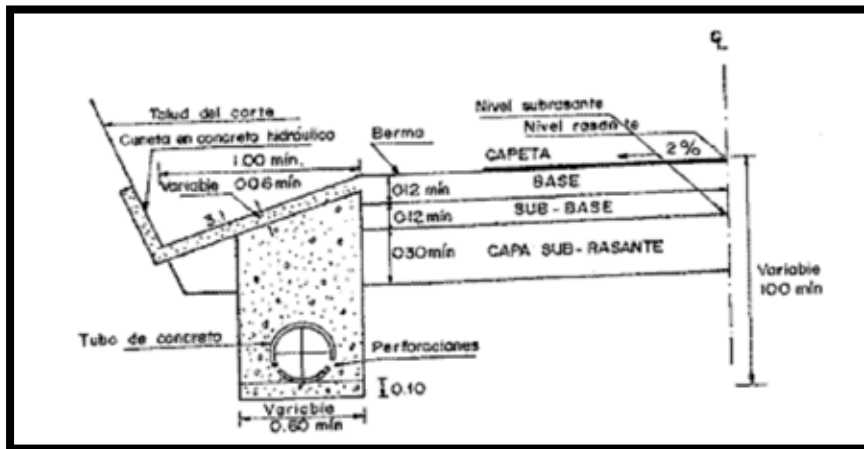


Figura 5. Subdrenaje de Zanja

Fuente: <https://fdocuments.ec/document/drenes-longitudinales-de-zanja.html>

Subdrenes de penetración.

Un dren horizontal o subdrén de penetración consiste en una tubería perforada colocada a través de una masa de suelo mediante una perforación profunda horizontal o ligeramente inclinada, con la cual se busca abatir el nivel freático hasta donde se incrementa la estabilidad del talud al valor deseado (Figuras 6). El diámetro de las perforaciones aproximadamente es de 3 a 4 pulgadas dentro de las cuales se colocan tuberías perforadas. Generalmente, se recomiendan perforaciones con tricono unido a la tubería de perforación NQ. Este hueco aproximadamente es de 4 ½ pulgadas. La principal ventaja de los subdrenes horizontales es que son rápidos y simples de instalar y se puede obtener un aumento importante del factor de seguridad del talud en muy poco tiempo.

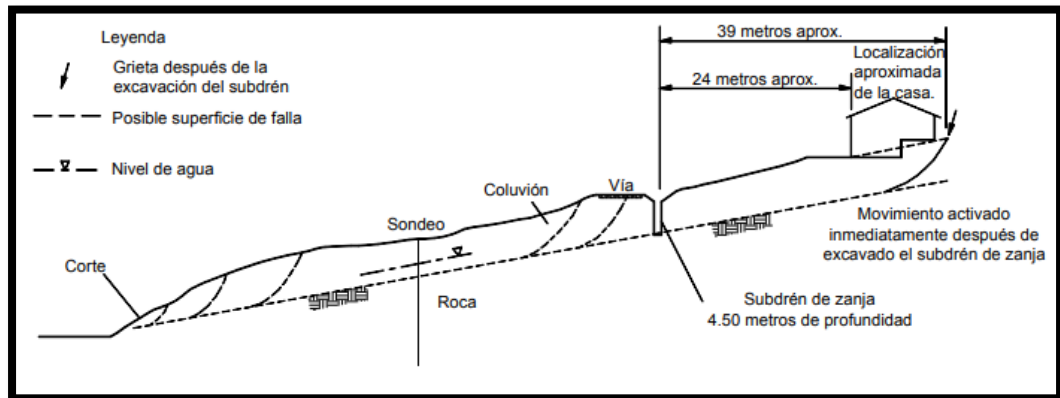


Figura 6: Esquema de un desplazamiento activado al realizar la excavación para un subdrén

Fuente: <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-ii-tecnicas-de-remediacion.html>

Colchones de drenaje.

Los colchones de drenaje se colocan debajo de los terraplenes o llaves de cortante, después de remover los suelos sueltos, para impedir el ascenso de los niveles de agua.

Normalmente, consisten en una capa de material grueso permeable de 20 a 50 cm de espesor, envuelto por dos mantos de geotextil. En ocasiones, se colocan mangueras

o tuberías perforadas para la recolección del agua captada por el colchón de drenaje.(ver figura 7)

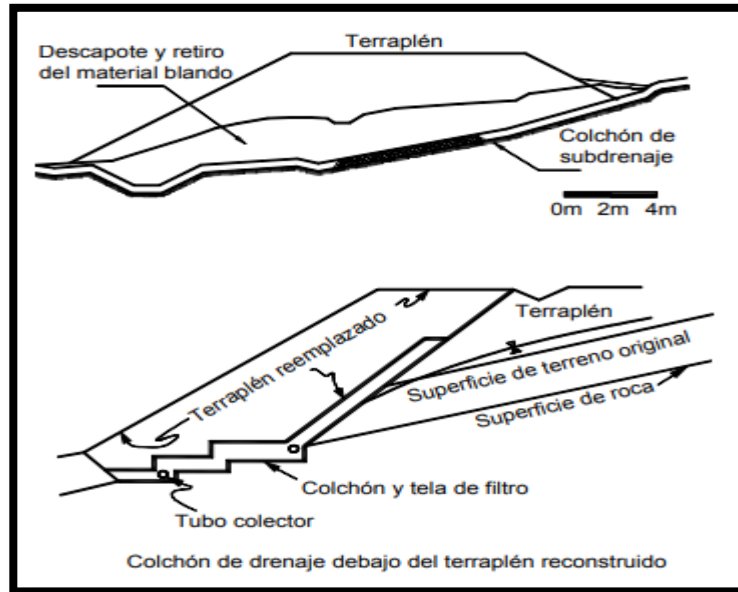


Figura 7: Colchones de drenaje colocados debajo de un terraplén

Fuente:<http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-ii-tecnicas-de-remediacion.html>

Drenes verticales de alivio o pozos verticales de drenaje.

Los pozos verticales de drenaje son perforaciones verticales abiertas que tratan de aliviar las presiones de poros cuando los acuíferos están confinados por materiales impermeables como puede ocurrir en las intercalaciones de lutitas y areniscas. La principal función de los pozos verticales de drenaje o de alivio de presiones, es la disminución de las presiones de poros en mantos profundos que no pueden alcanzarse utilizando drenes de zanja o drenes horizontales (Figura 8).

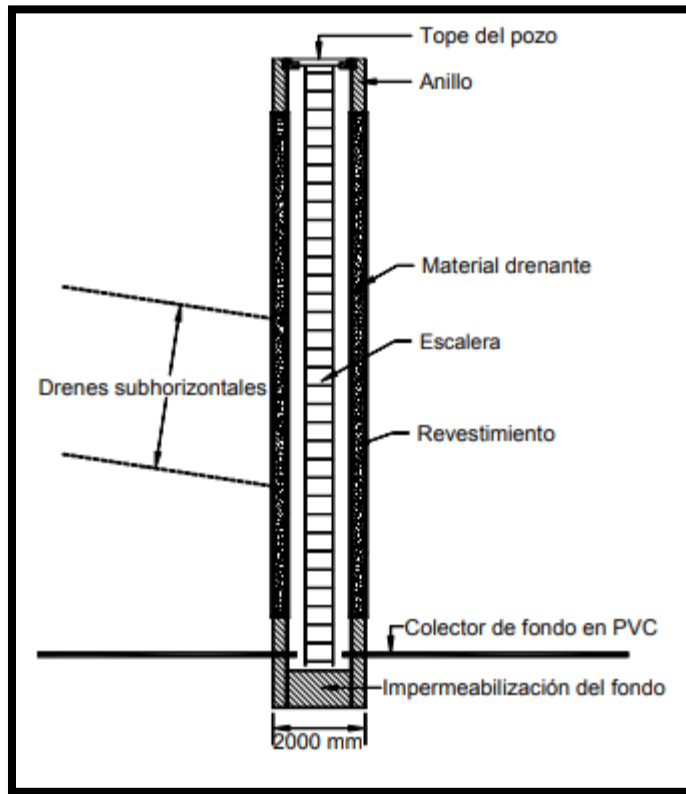


Figura 8: Pozo vertical de drenaje con subdrenes de penetración

Fuente: <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-ii-tecnicas-de-remediacion.html>

Galerías de drenaje.

Son túneles con objeto de disipar las presiones de poros y disminuir los niveles freáticos.

La galería de drenaje es un túnel cuyo objetivo específico es disminuir las presiones de poros y controlar las corrientes profundas de agua subterránea en un talud (Figura 9). El uso de galerías de drenaje es para mejorar las condiciones de estabilidad de los taludes, para el caso de presiones muy altas de poros y es común para la estabilización de los grandes deslizamientos (Valore, 1996) . Las galerías de drenaje son empleadas especialmente, en los grandes proyectos hidroeléctricos.

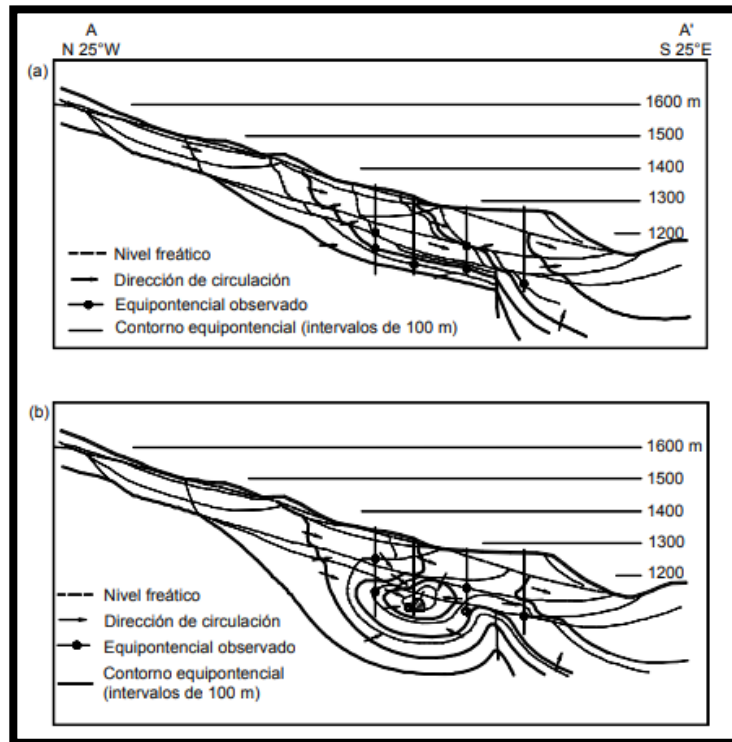


Figura 9: Efecto de una galería de drenaje sobre las líneas piezometricas en un gran deslizamiento

Fuente:<http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-ii-tecnicas-de-remediacion.html>

Drenes de pantalla.

Las pantallas de drenaje son estructuras similares, en apariencia, a un muro de contención, las cuales se colocan sobre la superficie del talud con el objetivo principal de impedir que se produzca erosión, ocasionada por las exfiltraciones de aguas subterránea (Figura10).

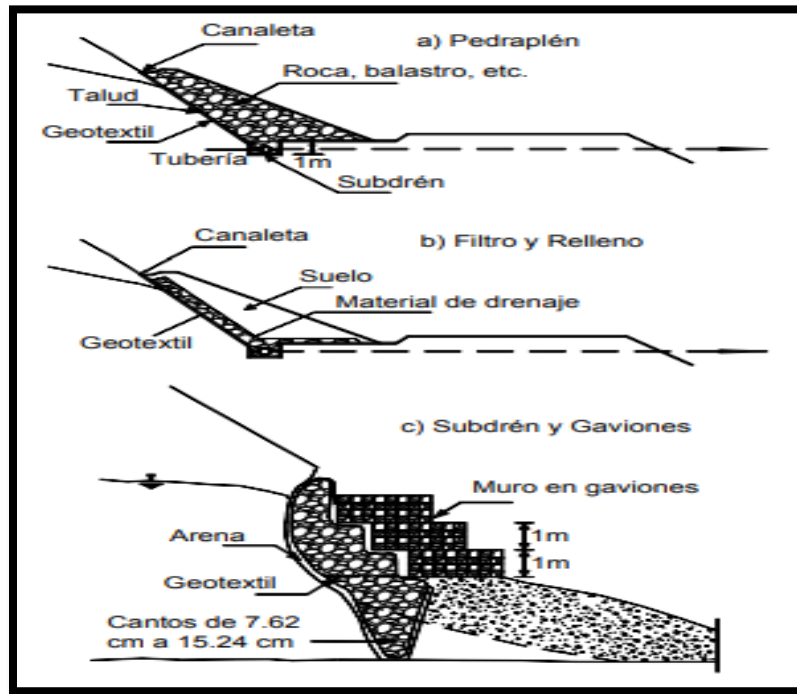


Figura10: Ejemplos de subdrenes de pantalla.

Fuente:<http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-ii-tecnicas-de-remediacion.html>

2.2.4 Geosintéticos

Recientemente, desde el siglo xx, han aparecido nuevos materiales conocidos como geosintéticos, que sirven como impermeabilizantes y filtros de gran aplicación, en la ingeniería, principalmente, en la construcción de drenajes, subdrenes en vías, estabilización de taludes, entre otros y que se está abriendo un gran espacio en grandes obras de ingeniería ya que disminuyen tiempo en las construcción.

Según registros históricos se supone que las primeras aplicaciones de los geosintéticos fueron geotextiles con tejidos industriales utilizados en la década de los 50. Uno de los primeros casos documentado fue la estructura de un muelle construido en Florida en 1958 y luego el primer geotextil no tejido fue desarrollado en 1968 por la empresa RHOME POULLENCE en Francia.

2.2.4.1 Definición de los geotextiles:

Según Alvarado C 2015 (pág. 45) los geotextiles se definen como un material textil plano, un tipo de tela permeable, filtrante, construida con fibras sintéticas como polipropileno, poliéster, nylon y polietileno. Estos presentan una gran deformidad, por lo que son usados en grandes obras de la ingeniería, en aplicaciones geotécnicas, básicamente cuando se trata de construcciones donde intervienen distintos tipos de suelos como son: construcción de subdrenes en vías, estabilización de taludes con geomembranas y geomallas. En general como filtro para evacuar las aguas ya sean superficiales y de nivel freático.

Cabe destacar que en los geotextiles existen dos factores a ser tomados en consideración y de significativa importancia para el correcto uso de los mismos y para tener un tiempo de duración adecuado llamado durabilidad y obstrucción. De donde la durabilidad está referida a que la exposición a la luz del sol se degrada las propiedades físicas de los polímeros. Para reducir la velocidad de degradación se adicionan negro o carbón, los materiales polímeros se vuelven frágiles a temperatura muy fría. Las sustancias químicas en el agua subterránea pueden reaccionar con los polímeros por lo que cuando existe un entorno químicamente agresivo, se deben buscar los datos de pruebas de laboratorio sobre los efectos de la exposición de los geotextiles a este entorno, ya que la duración de los mismos en este entorno puede verse reducido, de allí que las aguas con un alto Ph pueden hidrolizarse y hacen estos tengan mayor durabilidad.

En cuanto la obstrucción hace referencia a que existen pocos estudios sobre el grado de uniformidad y densidad de los suelos granulares, los mismos que influyen en la capacidad de los geotextiles para mantener el suelo drenado, de allí que en los sistemas de filtro geotextil de suelos normales, la obstrucción prejudicial solo se produce cuando hay migración de partículas finas del suelo a través de la matriz del suelo a la superficie del geotextil. Para la mayoría de los suelos naturales, la migración

interna mínima se llevará a cabo. Sin embargo, la migración interna puede tener lugar bajo un gradiente suficientemente pequeño.

Cabe señalar que según el material, las características y los campos de aplicación de los geotextiles generalmente se clasifican en dos grupos: Tejidos y no tejidos. Entendiéndose como geotextiles tejidos como un geotextil fabricado al entrelazar, generalmente en ángulo recto, dos o más conjuntos de hilos, fibras, filamentos, cintas u otros elementos, utilizados principalmente en aplicaciones de refuerzo de terreno, en terraplenes, taludes y muros, se caracterizan por ofrecer una resistencia a fabricación muy elevada y poca deformabilidad. Mientras que los no tejidos se definen como un geotextil plano con fibras, filamentos u otros elementos, orientados aleatoriamente, unidos químicamente o mecánicamente, por medio de calor, o por combinaciones de ellos. (Ver figura 11)

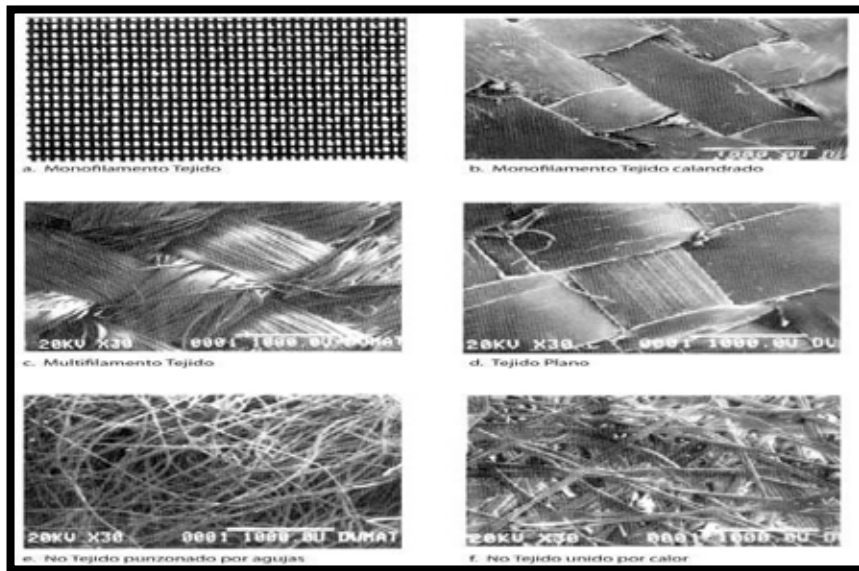


Figura 11. Tipos de geotextiles

Fuente: Manual de diseño PAVCO

2.2.4.2 Funciones y campos de aplicación

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 y aplicaciones 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.

Se referencian las aplicaciones de Robert M. Koerner en su libro "Designing With Geosynthetics"- Quinta Edición.

Entre la subrasante y la base de piedra en caminos y pistas de aterrizaje no pavimentados.

- § Entre la subrasante y la base de piedra en caminos y pistas de aterrizaje pavimentados.
- § Entre la subrasante y el balasto en vías férreas
- § Entre rellenos y capas de base de piedra.
- § Entre geomembranas y capas de drenaje de piedra.
- § Entre la cimentación y terraplenes de suelos como sobrecargas.
- § Entre la cimentación y terraplenes de suelos para rellenos de caminos.
- § Entre la cimentación y capas de suelo encapsuladas.
- § Entre los suelos de cimentación y muros de retención rígidos.
- § Entre los suelos de cimentación y muros de retención flexibles.

- § Entre taludes y bermas de estabilidad aguas abajo.
- § Debajo de áreas de estacionamiento.
- § Debajo de bloques prefabricados y paneles para pavimentos estéticos.
- § Entre capas de drenaje en masas de filtro pobremente gradado.
- § Entre diversas zonas de presas en tierra.
- § Entre capas antiguas y nuevas de asfalto.

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 controlar 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.

- § Sobre suelos blandos para caminos no pavimentados
- § Sobre suelos blandos para vías férreas
- § Sobre suelos blandos para rellenos
- § Sobre suelos heterogéneos
- § Para reforzar terraplenes
- § Para reforzar presas de tierra y roca
- § Para estabilización temporal de taludes
- § Para reforzar pavimentos flexibles con juntas
- § Para anclar paneles frontales en muros de tierra reforzada
- § Para prevenir el punzonamiento de geomembranas por suelos
- § Para prevenir el punzonamiento de geomembranas por materiales de relleno o base de piedra
- § Para crear taludes laterales más estables debido a la alta resistencia friccionante.
- § Para la compactación y consolidación in-situ de suelos marginales

§ Para ayudar en la capacidad portante de cimentaciones superficiales

§ 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:

Como un dren chimenea en una presa de tierra

Como una galería de drenaje en una presa de tierra

Como un interceptor de drenaje para flujo horizontal

Como una cubierta de drenaje debajo de un relleno de sobrecarga

Como un dren detrás de un muro de retención

Como un dren detrás del balasto de vías férreas

Como un dren de agua debajo de geomembranas

Como un dren de gas debajo de geomembranas

Como un dren debajo de campos deportivos

Como un dren para jardines de techo

Como un dissipador de presión de poros en rellenos de tierra

En reemplazo de drenes de arena

Como una barrera capilar en áreas sensibles al congelamiento

Como una barrera capilar para la migración de sales en áreas áridas

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.

En lugar de filtro de suelo granular

Alrededor de piedra picada que rodea los subdrenes

Alrededor de piedra picada sin subdrenes (Drenes franceses)

Alrededor de piedra y tubería perforada en pisos de adoquines

Como protección contra los sedimentos

Como cortina a los sedimentos

Para proteger el material de drenaje en chimeneas

Para proteger el material de drenaje en galerías

Alrededor de núcleos moldeados en geodrenes

Alrededor de núcleos moldeados en drenes de zanja

Contra georedes para prevenir la intrusión del suelo

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.

En relación a la especificación realizada en muchas aplicaciones es posible identificar una función dominante, pero generalmente las otras funciones del geotextil realizan un papel esencial aunque secundaria. Un ejemplo de esto se aprecia en la construcción de un camino no pavimentado, donde la función primaria del geotextil es de separación pero, si se utiliza un geotextil delgado y liso, con poca permeabilidad, la estructura entera fallaría por deslizamiento planar, puesto que el agua no drenaría.

En este sentido la comprensión total de cada función es vital en el uso de los geotextiles y la selección del material adecuado para cada diseño en particular se debe basar en unificar la habilidad del geotextil para realizar cada una de las funciones básicas, con la importancia o papel relativo a ocupar en una aplicación o diseño. (Ver Tabla 1). Por otra parte, los geotextiles se pueden dividir en base a la materia prima utilizada para su fabricación. A pesar de que la mayoría de los geotextiles se hacen a partir de polímeros sintéticos especializados, pueden incorporar alambres de acero,

fibras naturales biodegradables o fibras de vidrio, como los es el caso de geotextiles utilizados para controlar la fracturación defectiva del pavimento.

Aplicación	Función			
	Separación	Drenaje	Refuerzo	Filtración
Caminos no asfaltados	✓			
Relleno granular	✓		✓	
Drenaje horizontal		✓		
Pilotes en terraplenes	✓		✓	
Control de erosión				✓
Estructura flexible				✓
Drenaje francés				✓
Redes de contención de piedras			✓	
Protección de ríos y costas	✓			✓

Tabla 1 Rol de los Geotextiles

Fuente: Torres Luis (2004)

2.2.4.3 Geotextiles en la construcción:

El origen del uso de este tipo de materiales, se remonta a la antigüedad, sabiéndose el uso de tierra reforzada con tejidos de follaje de palmeta en Babilonia, así como estera de bambú, bajo la gran muralla en China. Pero no es hasta 1926, en una autopista de Carolina del Sur en Estados Unidos, que se aplicó por primera vez en la época moderna un geotextil de origen orgánico. En la década de los 60-70 comienza a usarse los geotextiles sintéticos, para resolver problemas relacionados con la construcción.

De acuerdo con el subcomité D-35 de la ASTM Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés (American Society for Testing and Materials o ASTM International), los geotextiles son membranas permeables, usadas en el suelo, rocas, tierra u otros materiales que forman parte de una estructura o sistema, fabricados con fibras sintéticas, para ser usados en obras de ingeniería, uso industrial y otras aplicaciones a fines. Por otra parte el uso de los geotextiles se hace necesario para lograr establecer un buen sistema de drenaje pluvial el cual considerado como una estructura artificial que facilita el escurrimiento y evita el almacenamiento del agua en una zona en particular.

Cabe señalar que es importante tomar en cuenta la velocidad de drenaje (81/730 L/Min/m²) la cual permite retirar el exceso de agua no utilizable en un determinado terreno, así como la permeabilidad que representa la capacidad que tiene un material que permite a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna.

Utilización de materiales novedosos en el desarrollo de las carreteras.

La búsqueda de nuevos métodos e implementos de materiales en la construcción que reduzca el impacto sobre el medio ambiente, así como brindar mayor seguridad al usuario y permitir una fluidez de tránsito en todas las condiciones metodológicas, ha llevado a los ingenieros civiles a documentarse cada día más e implementar todos estos nuevos avances en la ejecución de las obras. Por otra parte se ha tomado en cuenta el uso de concreto porosa y materiales porosos que permiten el drenaje, que a

su vez se traduce en una construcción más segura (ausencia de superficies deslizantes y de proyecciones entre otros).

- Una mayor y correcta regularidad superficial
- Reducción de los niveles sonoros del tráfico
- Eleva resistencia mecánica, similar a la de los concretos convencionales

2.2.5 Hidrología

La hidrología es una rama de la geofísica que se preocupa de estudiar el origen, distribución, movimiento, propiedades e influencia del agua en la tierra.

La hidrología como ciencia de la Ingeniería incluye aquellos aspectos cuantitativos, que tienen relación con la planificación, diseño y operación de obras de Ingeniería y ciencias afines, para el uso de control del agua.

2.2.5.1 Intensidad, duración y frecuencia de las lluvias

La intensidad de la lluvia se relaciona inversamente con la duración de esta, siendo la duración el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la misma, como final de la lluvia existen dos formas, se puede tomar tanto el momento de finalización total de la lluvia o hasta el momento donde la lluvia es apreciable para efectos prácticos, para describir la duración de la lluvia encontramos lluvias cortas las cuales son menores a 120 minutos y larga aquella que es mayor a 120 minutos.

Según la norma INOS en su artículo número 3.14.1 establece que el tiempo que debe de considerarse para determinar la intensidad de lluvia, no será inferior a 5 minutos. En cada caso se fijará el tiempo de precipitación, de acuerdo a las condiciones locales.

Es importante además de cuantificar la lluvia que cae registrada en pluviómetros poder predecir cuanto podrá caer en un futuro, cuál puede ser la máxima precipitación. Es importante para poder averiguar los caudales de agua que producen las cuencas en eventos extremos de manera que se pueda diseñar las obras de contención, drenaje de carreteras, alcantarillas y otras infraestructuras urbanas. El problema es que el evento lluvia es un evento aleatorio y para estudiar su evolución y predicción ha de realizarse

mediante conceptos probabilísticos. Las curvas IDF pretenden exactamente eso, asociar la intensidad con la duración de la lluvia y la probabilidad de ocurrencia o frecuencia.

La frecuencia está asociada a la probabilidad, también es llamada intervalo de recurrencia, siendo este el número de veces que un evento es igualado o excedido en un intervalo de tiempo determinado o en un número de años, se denota como:

De acuerdo a las normas INOS se establece que para el cálculo de caudal de aguas de lluvias se estiman las siguientes frecuencias:

- § Para zonas residenciales de 2 a 5 años
- § Para zonas comerciales y de elevado valor, de 5 a 15 años, dependiendo de su justificación económica
- § Para obras de canalizaciones de recursos naturales, ríos o quebradas, 50 años o más.

2.2.5.2. Período de retorno para diseño

En la elección del período de retorno, frecuencia o probabilidad a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla aceptable, dependiendo, este último, de factores económicos, sociales, ambientales, técnicos y otros. La confiabilidad del diseño, representada por la probabilidad que no falle la estructura durante el transcurso de su vida útil, considera el hecho que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante la vida útil, es decir, no debe presentarse un evento de magnitud superior a la usada en el diseño durante el primer año de funcionamiento de la estructura, durante el segundo, y así sucesivamente. Dado que la probabilidad de ocurrencia para cada uno de estos eventos es independiente, la probabilidad de falla o riesgo (r) durante el período de vida útil de la estructura se determina mediante la siguiente expresión, en función del período de retorno (T , años) y la vida útil (n , años):

$$r = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Teniendo presente los conceptos antes analizados, así como la experiencia nacional y de otros países, se deberán emplear para el diseño de las diferentes obras de drenaje de las Carreteras (Autopistas, Rutas Primarias y Secundarias) y de los caminos (Colectores, Locales y de Desarrollo), como mínimo, los Períodos de Retorno de Diseño que se señalan en la siguiente tabla:

Riesgo (r, %)	Vida útil (n, años)			
	10	20	25	50
50	15	29	37	73
25	35	70	87	174
10	95	190	238	475
5	195	390	488	975
1	995	1.990	2.488	4.977

Tabla 2: Período de retorno y riesgo de falla según vida útil

Fuente: Libro Manual de carreteras de Paraguay tomo 3 volumen I

Es importante recalcar que un valor de diseño correspondiente a un período de retorno de 50 años, tiene en promedio una probabilidad de ser igualado o superado igual a 0,02 en un año cualquiera; sin embargo, la probabilidad que sea igualado o sobrepasado en un período de 10 años sube a 0,18; en un período de 25 años sube a 0,38 y en un período de 50 años sube a 0,64. Es decir, se requiere usar en el diseño un período de retorno alto, para contar con una seguridad de funcionamiento razonable de la obra durante su vida útil.

2.2.5.3 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración también es conocido como el tiempo de respuesta o de equilibrio; la referencia lo define como el tiempo requerido para que, durante un aguacero uniforme, se alcance el estado estacionario; es decir, el tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el sitio de desagüe. Se atribuye muy comúnmente el tiempo de concentración al tiempo que tarda una gota de agua caída en el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de desagüe. Lo cual no siempre se corresponde con el fenómeno real, pues

pueden existir lugares en la cuenca en los que el agua caída tarde más en llegar al desagüe que el más alejado. Además, debe tenerse claro que el tiempo de concentración de una cuenca no es constante ya que depende ligeramente de las características de la lluvia.

La hipótesis fundamental en el diseño hidrológico radica en la suposición de que la duración de la lluvia máxima o de diseño coincide con el tiempo de concentración de la cuenca, ya que lluvias con mayores duraciones no producen aumento en los caudales punta. Sin embargo, establece una diferencia importante destacando que el tiempo de concentración es la fase del aguacero que determina el caudal máximo, y esta fase puede ser igual o no a la duración del aguacero, ya que la duración de la lluvia es ajena al tamaño de la cuenca y es sólo función de variables climáticas, por lo que la lluvia asociada a los caudales máximos se refiere al intervalo más intenso de duración igual al tiempo de concentración, pero esa duración no equivale a la duración del aguacero, ya que sólo una fase del aguacero puede ser suficiente para generar una creciente si el suelo se encuentra saturado.

Para la estimación del tiempo de concentración es necesario:

1. Tiempo de concentración superficial (T_{cs})
2. Tiempo de viaje

Tiempo de concentración superficial:

—=

Dónde:

M: factor de cobertura superficial

S: pendiente del recorrido superficial del cauce.

FACTOR M PARA CALCULO DE Tcs		
Nº	COBERTURA SUPERFICIAL	M
1	Bosque humedo tropical	50
2	Cultivos terrazados, pastos altos, barbecho	100
3	Potreros, pastizales cortos	140
4	Cultivos en hilera	180
5	Ninguna Vegetacion	200
6	Pavimento	400

Tabla 3: Factor de cobertura superficial

Fuente: Rincon S. Base Franceschi (1984)

Tiempo de viaje:

—

T_v = Tiempo de viaje

L= Longitud del recorrido superficial del agua

s= pendiente media del tramo recorrido

2.2.5.4 Infiltración

El agua que penetra a través de la superficie del terreno se dice que se ha infiltrado. De esta agua infiltrada, una parte es retenida por el suelo, hasta alcanzar el valor máximo que puede retener el suelo, es decir, la capacidad de campo, y una vez superada esta retención máxima, el resto del agua desciende por gravedad hasta el nivel freático, es decir hasta la zona saturada. Esta parte del agua infiltrada en el terreno que llega a las aguas subterráneas, la zona saturada se denomina infiltración eficaz o recarga.

Se denomina capacidad de infiltración a la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma al suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo.

Factores que afectan la capacidad de infiltración:

Influyen en el proceso de infiltración: entrada superficial, transmisión a través del suelo, capacidad de almacenamiento del suelo, características del medio permeable, y características del fluido.

- Entrada superficial: La superficie del suelo puede estar cerrada por la acumulación de partículas que impidan, o retrasen la entrada de agua al suelo.
- Transmisión a través del suelo: El agua no puede continuar entrando en el suelo con mayor rapidez que la de su transmisión hacia abajo, dependiendo de los distintos estratos.
- Acumulación en la capacidad de almacenamiento: El almacenamiento disponible depende de la porosidad, espesor del horizonte y cantidad de humedad existente.
- Características del medio permeable: La capacidad de infiltración está relacionada con el tamaño del poro y su distribución, el tipo de suelo –arenoso, arcilloso-, la vegetación, la estructura y capas de suelos.
- Características del fluido: La contaminación del agua infiltrada por partículas finas o coloides, la temperatura y viscosidad del fluido, y la cantidad de sales que lleva.

En la figura anexa se puede ver la curva de la capacidad de infiltración, variable en el tiempo, sobrepuesta a un pluviograma horario, gráficamente se muestra el escurrimiento superficial, también variable en el tiempo.

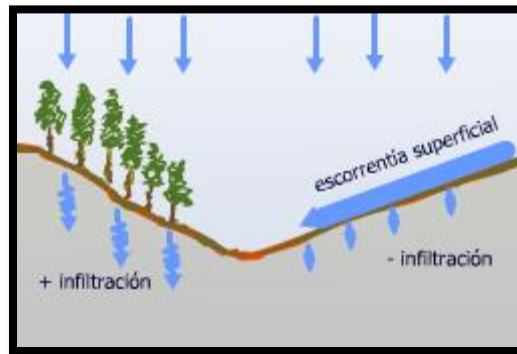


Figura 12. Capacidad de infiltración

Fuente: https://webs.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/esc_sub_infiltracion.html

2.2.5.5 Escorrentía

La escorrentía hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo.

Tipos de escorrentía

- Escorrentía Superficial o Directa:** es la precipitación que no se infiltra en ningún momento y llega a la red de drenaje moviéndose sobre la superficie del terreno por la acción de la gravedad. Corresponde a la precipitación que no queda tampoco detenida en las depresiones del suelo, y que escapa a los fenómenos de evapotranspiración. El proceso que describe el agua cuando se inicia un aguacero depende de las características del terreno: la primera lluvia caída se invierte en llenar la capacidad de retención de la parte aérea de las plantas y en saturar el suelo. Cuando la capacidad de infiltración es inferior a la intensidad de la lluvia, el agua comenzará a moverse por la superficie del terreno. Se forma, entonces, una capa delgada de agua. Ésta se mueve por la acción de la gravedad según la pendiente del terreno y es frenada por las

irregularidades del suelo y por la presencia de vegetación hasta incorporarse a la red de drenaje, donde se junta con los otros componentes que constituyen la escorrentía total.

- **Escorrentía Hipodérmica o Subsuperficial** Es el agua de precipitación que, habiéndose infiltrado en el suelo, se mueve por los horizontes superiores para reaparecer súbitamente al aire libre como manantial e incorporarse a microsurcos superficiales que la conducirán a la red de drenaje.
- **Escorrentía Subterránea** Es la precipitación que se infiltra hasta el nivel freático, desde donde circula hasta alcanzar la red de drenaje. La Escorrentía Superficial es la más rápida de todas y la Escorrentía Subterránea la más lenta (del orden del m/h). A parte de las tres formas referidas, la Escorrentía de un curso de agua está además constituida por la precipitación que cae directamente sobre su superficie de nivel, fracción que en la mayor parte de los casos reviste importancia muy escasa en relación con las otras aportaciones.

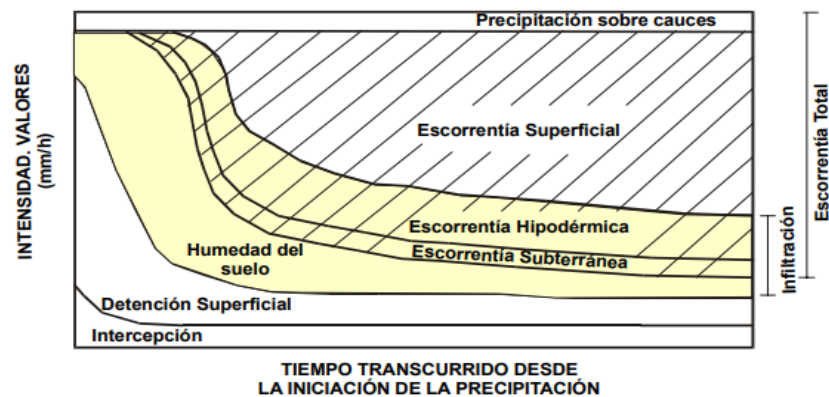


Figura 13. Evolución de los componentes de la escorrentía

Fuente: http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf

2.2.5.6 Caudal de Diseño Total.

Para estimar el caudal de diseño total en el caso de sistemas de subdrenaje en vías se consideran los posibles caudales de aporte, que conforman el caudal final, los cuales

pueden afectar la estructura de un pavimento. A continuación se presenta una metodología para estimar el caudal de diseño en el caso de sistemas de subdrenajes en vías.

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Inf}} + Q_{\text{NF}}$$

Donde

Q_{Inf} : caudal generado por la infiltración de agua lluvia

Q_{NF} : caudal generado por el abatimiento del nivel de agua subterránea

Ø El caudal generado por la infiltración de agua lluvia: el agua 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, también es necesario tomar en cuenta el caudal que se infiltra en los terrenos del entorno de la estructura de pavimento, debido a que la granulometría de dicha estructura es distinta a la estructura del suelo lo que genera movimientos intersticiales. El caudal de infiltración se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{\text{Inf}} = I_R * B * L * F_i * F_R$$

Donde

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/2).

L : Longitud del tramo de drenaje

F_i : Factor de infiltración (ver tabla nº 4)

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 nº 5)

Tipo de Carpeta	F _i
Carpetas asfálticas muy bien conservadas	0.30
Carpetas asfálticas normalmente conservadas	0.40
Carpetas asfálticas pobremente conservadas	0.50
Carpetas de concreto de cemento Portland	0.67

Tabla 4. Valores recomendados para el factor de infiltración F_i
Fuente: Manual Geosoft PAVCO (2012)

Tipo de Base	F _R
Bases bien gradadas, en servicio 5 años o más	1/4
Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio 5 años o más	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio menos de 5 años	1/2

Tabla 5. Valores recomendados para el factor de retención de la base F_r
Fuente: Manual Geosoft PAVCO (2012)

- ∅ El caudal generado por el abatimiento del nivel de agua subterránea. 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 excesos de agua. El cálculo de este caudal se expresa como:

$$Q_{NF} : K * i * Aa$$

$$i = \frac{Nd - Nf}{L}$$

$$Aa = (Nd - Nf) * L$$

Dónde:

K: Coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente (ver tabla n° 6)

i: Gradiente hidráulico

Nd: Cota inferior del subdren

Nf: Cota superior del nivel freático

Aa: Área efectiva para el caso de abatimiento del nivel freático

B: Para subdrenajes longitudinales, B es la media sección de vía

L: Longitud del tramo de drenaje

MATERIAL	Permeabilidad al 80% proctor modificado k (cm/s)	Permeabilidad al 90% proctor modificado k (cm/s)
100 % Limo - 0% Arena	9,36E-04	3,86E-05
90 % Limo - 10% Arena	-	1,06E-04
80 % Limo - 20% Arena	2,93E-03	2,30E-04
70 % Limo - 30% Arena	3,83E-03	-
60 % Limo - 40% Arena	6,52E-03	1,29E-03
50 % Limo - 50% Arena	-	1,50E-03
40 % Limo - 60% Arena	2,38E-03	-
100% Arena	1,54	1,54

Tabla 6. Coeficiente K permeabilidad de los suelos

Fuente: PAVCO (2005)

Ø El caudal proveniente de 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 cuentas los métodos hidrológicos.

Se calcula mediante la ecuación:

$$Q_t = V \cdot I \cdot A$$

Q_t = Caudal total en lt/sg

V: velocidad de flujo, la cual depende de la pendiente longitudinal y del tramo del agregado usado en el subdren.

I = gradiente hidráulico

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

2.2.7 Erosión Pluvial:

La erosión pluvial es uno de los diferentes tipos de erosión hídrica, entre los cuales también se enumeran: la erosión laminar, la erosión en surcos, la erosión en cárcavas y la erosión en terracetas. La erosión pluvial se produce por el desprendimiento y el movimiento de las partículas del suelo delgado causado por el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo. Esto causa erosión laminar, ya que las gotas de lluvia desprenden las partículas de suelo por efecto de la energía cinética.

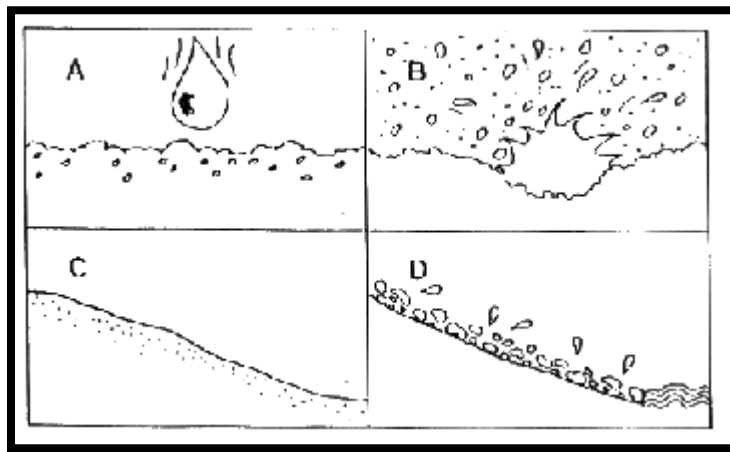


Figura 14. Proceso de erosión pluvial

Fuente: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/erosion-suelo-agua-de-lluvia-t27164.htm>

2.2.7.1 Características de la erosión pluvial

La erosión se produce por el bombardeo de la superficie del suelo debido a las gotas de lluvia, éstas actúan como pequeñas bombas cayendo en el suelo expuesto o desnudo. Separan las partículas del suelo y destruyen su estructura.

2.2.7.2 Consecuencias de la erosión pluvial

El fuerte impacto de las gotas de lluvia descompone la masa de tierra. Los materiales más ligeros -como la arena fina, el cieno, la arcilla y el material orgánico- que se desprenden de las gotas de lluvia son arrastrados más fácilmente por la corriente, dejando atrás grandes granos de arena, guijarros y grava.

Estas partículas finas pueden tener otro efecto también. Al mezclarse con el agua de las gotas y, como el agua se hunde en el suelo, estas partículas obstruyen los poros en el suelo que normalmente absorbe el agua de lluvia. Como resultado, el suelo se vuelve crujiente e impermeable. Si el área es plana, empiezan a formarse charcos.

Si el área está en una pendiente, sin embargo, el agua no absorbida comienza a fluir cuesta abajo en una fina capa, arrastrando las partículas del suelo que han sido aflojadas por el bombardeo de las gotas de lluvia. De esta manera, una única tormenta puede remover un milímetro de suciedad, lo cual puede parecer poco significativo, pero se traduce en más de cinco toneladas por acre. Se tarda unos 20 años en crear esa cantidad de suelo por procesos naturales.

Cuando el agua se acumula sobre la superficie y aumenta la velocidad con la que escurre, se va formando una red de pequeños canales. Estos canales, al unirse, crean otros canales aún mayores, que, progresivamente, van conformando surcos, zanjas y, finalmente socavones más grandes llamados «cárcavas». Estos canales además, se van puliendo por el arrastre de las partículas, aumentando gradualmente el tamaño de las corrientes, pudiendo llegar a volcar grandes cantidades de sedimento en arroyos y ríos cercanos. Al aumentar, la erosión por barrancos, puede también cortar por debajo del nivel del agua subterránea. Cuando esto ocurre, el agua subterránea se escurre y el manto freático cae.

Muchas plantas profundamente arraigadas, que protegen el suelo de la erosión, dependen más del agua subterránea que de las aguas superficiales. Por lo que, el manto freático cuando cae, puede modificar las condiciones y reducir la cobertura de suelo en una cuenca hidrográfica aumentando aún más la erosión.

2.2.7.3 La erosión laminar

La erosión laminar consiste en el arrastre de partículas de suelo por el agua de lluvia en el sentido de la pendiente. Este arrastre puede ocurrir de forma difusa (poco perceptible) o uniforme; se desarrolla en dos etapas. En primer lugar, cuando la salpicadura de la lluvia, con su impacto, golpea las partículas de suelo. En segundo

lugar, estas partículas al desprenderse, se mueven cuesta abajo con las capas de agua que fluyen arrastrando sedimentos.

2.2.8. Topografía

Es la ciencia y la técnica de realizar mediciones de ángulos y distancias en extensiones de terreno lo suficientemente reducidas como para poder desprestigiar el efecto de la curvatura terrestre, para después procesarlas y obtener así coordenadas de puntos, direcciones, elevaciones, áreas o volúmenes, en forma gráfica y/o numérica, según los requerimientos del trabajo. Dentro de la Topografía se incluye el estudio de los instrumentos usados por ella, sus principios de funcionamiento, sus componentes y su operación. También se estudia teoría de errores, ya que en muchos trabajos topográficos se exigen determinados valores de exactitud en los resultados, valores que a su vez determinarán los métodos y la precisión de los instrumentos a utilizar en el proyecto. Es una disciplina cuya aplicación está presente en la mayoría de las actividades humanas que requieren tener conocimiento de la superficie del terreno donde tendrá lugar el desenvolvimiento de esta actividad. En la realización de obras civiles, tales como acueductos, canales, vías de comunicación, embalses entre otras, en la elaboración de urbanismos, en el catastro, en el campo militar, así como en la arqueología, y en muchos otros campos, la topografía constituye un elemento indispensable.

2.2.8.1 Topografía modificada

Una de las aplicaciones más comunes de las curvas de nivel es la elaboración de los planos de la topografía modificada o representación gráfica plano altimétrica del proyecto sobre el área en la cual se construirá. En la vialidad es común referirse a la topografía modificada como curvas de pavimento y tiene aplicación directa en el diseño y ubicación de las estructuras de drenaje.

2.2.8.2 Pendiente Longitudinal

Pendiente longitudinal del terreno es la inclinación natural del terreno, medida en el sentido del eje de la vía. Si la vía se ha proyectado con brocales la pendiente

longitudinal no debe ser menor de 0.5%, en casos extremos de 0.3%. Si la vía se proyecta sin brocales, la pendiente longitudinal puede ser menor, pero esto trae como consecuencia el crecimiento de la vegetación. En el caso de las vías diseñadas en sectores muy planos, se recomienda aumentar la pendiente transversal. (Ver en Figura 15)

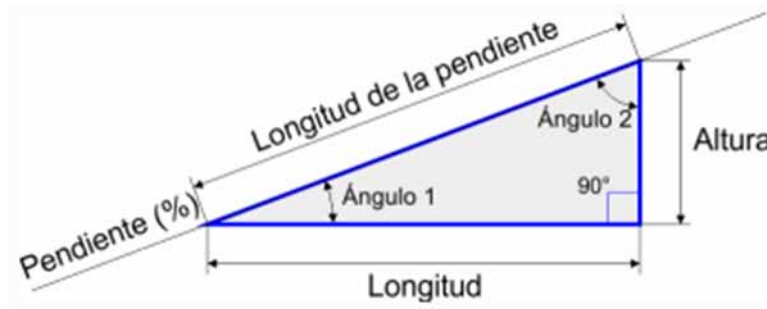


Figura 15. Pendiente longitudinal

Fuente: www.aulafacil.com

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

2.2.8.3 Pendiente Transversal

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

Una pendiente transversal de 2% o menor, permite al conductor mantener la estabilidad del vehículo. En áreas de intensa lluvia puede llegarse hasta 2.5%. De hecho, en vías donde 3 o más canales tienen la misma pendiente transversal hacia el hombrillo, el último canal debe tener una pendiente mayor. Los 2 primeros canales pueden tener la pendiente normal, mientras que, en el par de canales subsiguientes, la

pendiente puede incrementarse entre 0.5% a 1%. En este orden de idea, el máximo valor de la pendiente transversal es de 4%.(ver figura 16)

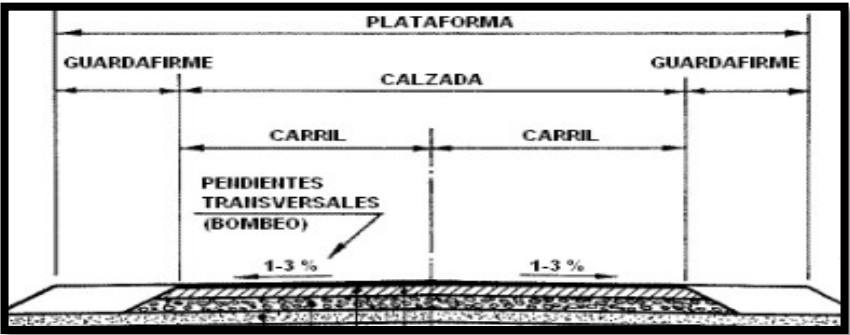


Figura 16. Pendiente transversal de vía.

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

2.3 Bases legales

2.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

Gaceta Oficial Extraordinaria N° 36.860 de fecha 30 de diciembre de 1.999 Capítulo IX: De los Derechos Ambientales.

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 bioéticos regulará la materia. Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.

Artículo 128 :

El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento.

Artículo 129 :

Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y sociocultural. El Estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas. Una ley especial

regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas. En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que afecten los recursos naturales, se considerará incluida aun cuando no estuviere expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultare alterado, en los términos que fije la ley

Capítulo IV

Del Poder Público Municipal

Artículo 178.:

Son de la competencia del Municipio el gobierno y administración de sus intereses y la gestión de las materias que le asigne esta Constitución y las leyes nacionales, en cuanto concierne a la vida local, en especial la ordenación y promoción del desarrollo económico y social, la dotación y prestación de los servicios públicos domiciliarios, la aplicación de la política referente a la materia inquilinaria con criterios de equidad, justicia y contenido de interés social, de conformidad con la delegación prevista en la ley que rige la materia, la promoción de la participación, y el mejoramiento en general, de las condiciones de vida de la comunidad, en las siguientes áreas:

1. Ordenación territorial y urbanística; patrimonio histórico; vivienda de interés social; turismo local; parques y jardines, plazas, balnearios y otros sitios de recreación; arquitectura civil, nomenclatura y ornato público.
2. Vialidad urbana; circulación y ordenación del tránsito de vehículos y personas en las vías municipales; servicios de transporte público urbano de pasajeros y pasajeras.
3. Espectáculos públicos y publicidad comercial, en cuanto concierne a los intereses y fines específicos municipales.

4. Protección del ambiente y cooperación con el saneamiento ambiental; aseo urbano y domiciliario, comprendidos los servicios de limpieza, de recolección y tratamiento de residuos y protección civil.
5. Salubridad y atención primaria en salud, servicios de protección a la primera y segunda infancia, a la adolescencia y a la tercera edad; educación preescolar, servicios de integración familiar de la persona con discapacidad al desarrollo comunitario, actividades e instalaciones culturales y deportivas; servicios de prevención y protección, vigilancia y control de los bienes y las actividades relativas a las materias de la competencia municipal.
6. Servicio de agua potable, electricidad y gas doméstico, alcantarillado, canalización y disposición de aguas servidas; cementerios y servicios funerarios.
7. Justicia de paz, prevención y protección vecinal y servicios de policía municipal, conforme a la legislación nacional aplicable.
8. Las demás que le atribuyen esta Constitución y la ley. Las actuaciones que corresponden al Municipio en la materia de su competencia no menoscaban las competencias nacionales o estatales que se definan en la ley conforme a esta Constitución.

Artículo 184:

La ley creará mecanismos abiertos y flexibles para que los Estados y los Municipios descentralicen y transfieran a las comunidades y grupos vecinales organizados los servicios que éstos gestionen previa demostración de su capacidad para prestarlos, promoviendo:

1. La transferencia de servicios en materia de salud, educación, vivienda, deporte, cultura, programas sociales, ambiente, mantenimiento de áreas industriales, mantenimiento y conservación de áreas urbanas, prevención y protección vecinal, construcción de obras y prestación de servicios públicos. A tal efecto, podrán establecer convenios cuyos contenidos estarán orientados por los principios de interdependencia, coordinación, cooperación y corresponsabilidad.

2. La participación de las comunidades y de ciudadanos o ciudadanas, a través de las asociaciones vecinales y organizaciones no gubernamentales, en la formulación de propuestas de inversión ante las autoridades estatales y municipales encargadas de la elaboración de los respectivos planes de inversión, así como en la ejecución, evaluación y control de obras, programas sociales y servicios públicos en su jurisdicción.

3. La participación en los procesos económicos estimulando las expresiones de la economía social, tales como cooperativas, cajas de ahorro, mutuales y otras formas asociativas.

4. La participación de los trabajadores y trabajadoras y comunidades en la gestión de las empresas públicas mediante mecanismos autogestionarios y cogestionarios.

5. La creación de organizaciones, cooperativas y empresas comunales de servicios, como fuentes generadoras de empleo y de bienestar social, propendiendo a su permanencia mediante el diseño de políticas en las cuales aquellas tengan participación.

6. La creación de nuevos sujetos de descentralización a nivel de las parroquias, las comunidades, los barrios y las vecindades a los fines de garantizar el principio de la corresponsabilidad en la gestión pública de los gobiernos locales y estatales y desarrollar procesos autogestionarios y cogestionarios en la administración y control de los servicios públicos estatales y municipales.

7. La participación de las comunidades en actividades de acercamiento a los establecimientos penales y de vinculación de éstos con la población.

República bolivariana de Venezuela

Ministerio del poder popular para la infraestructura. Despacho del ministro

Consultoría jurídica Caracas, 27 de junio de 2007

197° y 148° RESOLUCIÓN NÚMERO: 030

En ejercicio de la atribución conferida en el artículo 76, numeral 18 de la Ley Orgánica de la Administración Pública, los artículos 97, 102 y Disposición

Transitoria Sexta del Decreto con Fuerza de Ley de Tránsito y Transporte Terrestre, Por cuanto, corresponde al Ministerio del Poder Popular para la Infraestructura establecer las normas y procedimientos técnicos que regularán el establecimiento, ubicación y características de las estaciones recaudadoras de peajes; las características de los canales de almacenamiento y los equipos y servicios conexos a que están obligados a prestar quienes administren la vialidad. Por cuanto, corresponde al Ministerio del Poder Popular para la Infraestructura establecer las normas y procedimientos técnicos para la fijación de las tarifas a ser aplicadas por los Estados y los Concesionarios que administran la Infraestructura Vial.

Por cuanto, corresponde al Ministerio del Poder Popular para la Infraestructura establecer los lineamientos en materia de conservación de la Infraestructura Vial.

Artículo 4. :

A los efectos de esta Resolución, se definen como:

1. Administración de la Vialidad: Conjunto de actividades de planificación, programación, ejecución, evaluación y control de recursos financieros, humanos y materiales aplicados a obras y servicios destinados a asegurar un adecuado funcionamiento de las vías y sus elementos. Actividades que son realizadas y coordinadas por los órganos públicos competentes nacionales, estatales y municipales, las cuales se resumen a continuación:

a. La planificación, que consiste en la identificación y programación física y presupuestaria de las obras de conservación y mantenimiento vial.

b. La contratación de la ejecución de las obras, y la supervisión y mantenimiento de carreteras y autopistas nacionales; así como también, la supervisión, fiscalización y control de calidad de los trabajos ejecutados.

c. La evaluación permanente de los resultados, a fin de adaptar métodos y técnicas a las necesidades, y garantizar la eficiencia en el buen uso de los recursos y la eficacia en el logro de las metas, objetivos y propósitos.

2. Administración Directa de la Recaudación: Se utiliza para designar cuando una vía está sujeta a recaudación de peajes, sin que la misma haya sido otorgada en concesión. La recaudación la puede realizar directamente el ente público, o a través de un tercero contratado como agente recaudador, cuya única función es recaudar y depositar lo recaudado en una institución bancaria designada para tales efectos por el ente público contratante.

3. Aprovechamiento de la Vialidad: Obtención de una utilidad o beneficio en el uso de una carretera, autopista, puente o túnel, con la obligación de conservarlo.

4. Concesión: Es una forma contractual de administración de una carretera, autopista, túnel o puente, cuya característica específica radica en el hecho de que un particular, denominado concesionario o empresa concesionaria, asume la obligación de administrar, conservar, operar y mantener una obra destinada al uso público, incluyendo la ejecución de las actividades necesarias para el adecuado funcionamiento, por su cuenta y riesgo y bajo la supervisión, fiscalización y control de la autoridad concedente y del órgano rector en materia de vialidad, a cambio del derecho a explotar la obra y de percibir el producto de las tarifas, precios, peajes, alquileres, valorización de inmuebles según se establezca en el contrato correspondiente, durante un tiempo determinado, suficiente para recuperar la inversión, los gastos de explotación incurridos y obtener una tasa de retorno razonable sobre la inversión.

5. Explotación: Se refiere a la etapa en el plazo de la concesión; en la cual el concesionario o empresa concesionaria realiza las actividades de recaudación o cobro de las tarifas de peajes, la prestación de servicios conexos a los usuarios, la

conservación y mantenimiento de la obra concesionada y la recuperación del capital invertido. La etapa previa a la explotación es la denominada inversión inicial que corresponde a realizar obras de mantenimiento mayor y puesta a punto de la obra objeto de la concesión.

6. Vía Alternativa a una vía explotada mediante régimen de concesión o administración directa: Se refiere a aquella vía que garantiza al usuario a transitar libremente sin tener que pagar a cambio contraprestación alguna; así como también, permita ofrecer comunicación entre dos localidades con un origen y un destino igual a la que ofrece esta vía concesionada sin tener que transitar por esta para lograr su recorrido.

7. Conservación Vial: Conjunto de actividades destinadas a asegurar el funcionamiento adecuado a largo plazo de una vía, al menor costo posible, mediante la protección física de la estructura básica y de la superficie, procurando evitar la destrucción de partes de la estructura y, por ende, la necesidad de una posterior rehabilitación o reconstrucción, atendiendo a lo establecido en el "Manual de Mantenimiento Vial", Resolución N°166 de fecha 05 de junio de 1986, publicado en Gaceta Oficial N° 33.487 de fecha 9 de junio de 1986.

8. Rehabilitación: Son aquellos trabajos que se ejecutan en un tramo de carretera cuando su pavimento ha terminado su vida útil, encontrándose en condición mala o regular. Implica la construcción de una carpeta asfáltica sobre una existente de un espesor tal que aporte refuerzo estructural en toda su longitud. Simultáneamente son revisados y atendidos otros componentes de la vía tales como: señalización, laterales y cualquier otro aspecto inherente a la carretera.

9. Mantenimiento Correctivo Mayor: Son actividades que se realizan a un tramo de una vía o carretera en condición regular. Implica la reparación de carpetas de pavimento y bases, combinándose con bacheos y sellos o cualquier otro tratamiento superficial. Al igual que la rehabilitación, deben ser revisados y atendidos cualquier otro aspecto inherente a la vía tal como señalización, drenajes, etc.

10. Mantenimiento Correctivo Menor: Son trabajos que se realizan en un tramo de carretera para atender problemas menores como corrección de una falla de borde, reparación de una alcantarilla, etc. Generalmente son de carácter puntual.

11. Mantenimiento Rutinario y Preventivo: Son el conjunto de actividades que se deben realizar en todas las carreteras en forma permanente para minimizar su tasa de deterioro, tratando de preservar su condición. Son característicos los trabajos de desmonte y desmalezado, limpieza de los drenajes, bache menor, sellado de grietas, limpieza y reparación de señales, demarcación, etc.

12. Mantenimiento Correctivo Especial: Se aplica para definir tipos de actividades que se realizan en vías o carreteras para atender problemas de cierta magnitud y complejidad. Generalmente, son de naturaleza puntual, tales como fallas geológicas; etc.

13. Patrimonio Vial: Es el conjunto de toda la infraestructura vial de la cual se esperan beneficios para las generaciones presentes y futuras. El patrimonio vial tiene un valor para la Nación que puede ser calculado en términos monetarios, considerando las características físicas de la red vial nacional, el estado de conservación en que se encuentra y el valor de reposición. Representa una inversión social en infraestructura, la cual se debe conservar y mantener en forma adecuada, para evitar que la sociedad deba recurrir a costosas inversiones para su reposición.

2.3.2 Ley Orgánica del Ambiente (2006)

Esta ley tiene por objeto establecer las disposiciones y desarrollar los principios rectores para conservación del ambiente en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y de la Sociedad, para logro del bienestar social, contribuyendo al sostenimiento del planeta, en interés de la humanidad.

Plan de Desarrollo Urbano Local

El Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL) es un instrumento de planificación para organizar el entorno urbano, propiciando un desarrollo articulado, coherente y concentrado, que refleje el equilibrio entre la localización de actividades y los servicios requeridos. Su objetivo principal es plantear un “mapa de ruta” que oriente el desarrollo del Municipio para las generaciones futuras, de acuerdo a lineamientos estratégicos enfocados en elevar la calidad de vida de la comunidad. Al elaborar un PDUL, es posible diseñar un crecimiento armónico del municipio, integrando en la planificación el desarrollo de los servicios de redes, vialidad y equipamientos urbanos, considerando las necesidades de la población y su proyección a futuro. El Plan de Desarrollo Urbano Local es una herramienta para la gestión municipal y será elaborado por el organismo de planificación respectivo: la Oficina Local de Planeamiento Urbano o, en su defecto, por quien designe el Alcalde electo, de acuerdo a la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística en sus artículos 34 y 38.

2.3.3 Ley Orgánica de Ordenación Urbanística

Artículo 34:

Los planes de desarrollo urbano local se elaborarán teniendo en cuenta las directrices y determinantes establecidas en los planes de ordenación urbanística, y contendrán:

1. La definición detallada del desarrollo urbano, en términos de población, base económica, extensión del área urbana y control del medio ambiente.
2. La clasificación del suelo, a los efectos de determinar el régimen urbanístico aplicable, y permitir la elaboración de planes especiales.
3. La Delimitación de espacios libres y áreas verdes destinadas a parques y jardines públicos, y a zonas recreacionales y de expansión.
4. La localización para edificaciones y servicios públicos o colectivos.
5. El trazado y características de la red vial arterial y colectora, definición del sistema de transporte urbano y organización de las rutas del mismo.

6. El trazado y características de la red de dotación de agua potable, cloacas y drenajes urbanos en la secuencia de incorporación recomendada.
7. El señalamiento preciso de las áreas para los equipamientos de orden general e intermedios requeridos por las normas correspondientes y para las instalaciones consideradas de alta peligrosidad, delimitando su respectiva franja de seguridad.
8. La identificación de las áreas de desarrollo urbano no controlado, con indicación de las características a corregir con el fin de incorporarlas a la estructura urbana.
9. El establecimiento de las áreas que deberán desarrollarse mediante la modalidad de urbanización progresiva.
10. La regulación detallada de los usos del suelo y Delimitación de las zonas en que se divide el área del plan en razón de aquellos y, si fuere el caso, la organización de la misma en perímetros o unidades de actuación.
11. La programación por etapas de la ejecución del plan, con indicación precisa de las zonas de acción prioritaria, del costo de implantación de los servicios o de la realización de las obras urbanísticas, así como las fuentes de financiamiento.
12. La identificación de los terrenos de propiedad privada que resultarán afectados por la ejecución del plan, indicando plazo para la expropiación y disponibilidad de recursos para implantar el servicio o realizar la obra.
13. Los demás aspectos técnicos o administrativos que el Consejo Municipal considere pertinentes.

Artículo 38:

Los planes de desarrollo urbano local serán elaborados por el organismo municipal de planificación o, en su defecto, por quien designe el Consejo Municipal.

Una vez elaborado el proyecto de plan, el mismo será sometido a la Cámara Municipal para que ésta autorice su publicación a los efectos de la información y consultas públicas necesarias.

El proyecto de plan estará sometido al proceso de información y consultas públicas por un período de sesenta (60) días continuos. Lapso durante el cual los interesados podrán hacer las observaciones que estimen oportunas o convenientes.

Finalizando este plazo, se abrirá otro de treinta (30) días continuos para recibir en audiencia a los representantes de los organismos públicos y privados con injerencia en el plan, a fin de conocer su opinión con respecto al mismo.

2.3.4 Decretos presidenciales sobre la cuenca del Lago de Valencia

- Decreto N° 304 del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables con la declaratoria de Área Crítica con prioridad de Tratamiento de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Valencia- Gaceta oficial N° 31.829 del 20/09/1979.
- Decreto de la Presidencia N° **2.310** de fecha 5 de junio de 1992 contentivo del Plan de Ordenación y Reglamento de Uso del Área Crítica con Prioridad de Tratamiento de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Valencia.
- Decreto de la Presidencia N° **1.853** de fecha 21 de mayo de 1997 que declara de Urgente Ejecución las Obras y Acciones Vinculadas con la Prevención de Riesgos y de Daños por Inundaciones con motivo de las subidas del nivel de las aguas del Lago de Valencia.
- Decreto de la Presidencia N° **3.219** de fecha 13 de enero de 1999 contentivo de las Normas para la clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de La Cuenca del Lago de Valencia.

La trayectoria del tramo en estudio se encuentra regulada por el contenido de los decretos mencionados.

2.4 Definición de términos

§ **Aditivos:** sustancias que se agrega a otra para darle cualidades que carenasan.

- § **Aguas Pluviales:** Las aguas pluviales son agua de lluvia que no es absorbida por el suelo, sino que escurre de edificios, calles, estacionamientos y otras superficies.
- § **Durabilidad:** representa la resistencia en el empleo de fibras sintéticas resistentes a la acción del tiempo y a los agentes agresivos naturales.
- § **Erosión:** desgaste o destrucción producidos en la superficie de un cuerpo por la fricción continua o violenta de otro.
- § **Estancamiento:** Excesos de agua acumulada.
- § **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.
- § **Geomembrana:** Son un recubrimiento, una membrana o barrera de muy baja permeabilidad aplicada a la ingeniería geotécnica para controlar la migración de fluidos.
- § **Granulometría:** La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136).
- § **Impermeabilidad:** cualidad de una material a resistir el paso de agua en sus fibras.
- § **Nivel Freático:** Es el lugar geométrico de los puntos donde la presión del agua es igual a la presión atmosférica. En otras palabras, el nivel freático está definido por los niveles alcanzados por el agua subterránea en pozos de observación (nivel piezométrico).
- § **Obstrucción:** obstaculización, con cierto objetos, de una vía o caminos.
- § **Pavimento:** revestimiento del suelo con asfalto, concreto u otro material.
- § **Pendiente:** cuesta o declive de un terreno.
- § **Permeabilidad:** es la capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se dice 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.

- § **Polímeros sintéticos:** son los obtenidos en el laboratorio o en la industria como el nylon, el poliestireno, el policloruro de vinilo (PVC), polietileno entre otros.
- § **Precipitación:** agregado de partículas acuosas, líquidas o sólidas, cristalizadas, que caen de una nube o grupo de nubes y alcanzan el suelo.
- § **Punzonamiento:** Es un esfuerzo producido por tracciones en una pieza debido a los esfuerzos tangenciales originados por una carga localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de hormigón, alrededor de su soporte.
- § **Suelo:** superficie terrestre.
- § **Talud:** es una superficie inclinada con respecto a la horizontal, adoptando esa posición de forma temporal o permanente en la mayoría de los casos, suelen ser estructuras compuestas del mismo suelo, roca, concreto armado u otro material que pueda contener la presión ocasionada por el suelo.
- § **Terraplén:** Tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.
- § **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

3.1 Tipo de investigación

La investigación se desarrolla, según los lineamientos de la modalidad de proyecto factible, el cual va dirigido a la elaboración de una propuesta para darle solución a un problema de tipo práctico referido al sistema de drenaje para la protección de los bordes y pavimentos igualmente ampliar la vida útil de las vías para obtener un óptimo resultado y cumplir con los objetivos establecidos en dicho proyecto. Con la finalidad de asegurar que el geosintético será un material que servirá para el mejoramiento de las vías terrestres, de acuerdo a Arias, F (2012, pag17) “el proyecto factible es la presentación ordenada de los datos en forma previa para el mejoramiento de la compactación y drenajes de carreteras, la cual se lograra con la aplicación, procedimientos y análisis de los datos del instrumento aplicado.”

3.2 Diseño de la investigación.

De acuerdo al contenido y forma en que se orienta el estudio el proyecto se apoya en un diseño de documental, de acuerdo a:

Arias, Fidia (2012 pag 27) la investigación documental 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 fuente documentales: impresas, audiovisuales y electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

Para la presente investigación se utilizó este diseño puesto que se obtuvo informaciones relevantes a través de los medios impresos, audiovisuales y electrónicas para el desarrollo de la misma.

3.3 Nivel de conocimiento

El nivel de conocimiento está enfocado en el ámbito descriptivo según Orozco, C (2002, pag 143) “la investigación descriptiva permite demarcar la acción que garantice el propósito de describir, señalar, identificar o mostrar los componentes del evento o suceso, tal cual ocurren en la realidad, su generalización categórica, se establecen las características más relevante de la muestra que está siendo estudiada.”

La estrategia a seguir está basada en la documentación y descripción, objeto de estudio en un ambiente cotidiano para posteriormente analizar e interpretar los resultados de la investigación.

3.4 Población y Muestra de Estudio

3.4.1 Población

Para el desarrollo de la presente investigación, se tomó como población la vialidad comprendida desde el Distribuidor de Parmarejo en Guacara hasta el Distribuidor La Encrucijada en Tocuyito.

Entendiendo que la población “Es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (Arias. 2006, pag. 81).

3.4.2 Muestra.

“La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población” Arias, F (2006)(pag. 83), Quedando determinada por el tramo Guacara Arturo Michelena .Representada por el tramo Guacara Arturo- Michelena

3.5 Técnica e instrumentos de recolección de datos:

Son estrategias que se le brindan al investigador la facilidad de levantar información necesaria a fin de determinar la existencia de drenaje en la construcción de la vía, utilizando como instrumentos registros topográficos, listas

de cotejo, catalogo entre otros. De esta manera se utiliza la técnica de revisión documental y cuadro comparativo, en el tramo Guacara-Arturo Michelena, analizando como instrumento un registro de observación directa relacionado con los objetivos de la investigación. Al respecto Orozco, C (2002), Señala que la técnica “es un conjunto de métodos, procedimientos o habilidades que se aplican para obtener datos, o información” (Pag82). Así mismo el citado autor señala que dicha información debe ser resguardada mediante un instrumento de recolección de datos el cual define como “Dispositivos o Formatos (en Papel o Digital Registros de informaciones) que se utilizan para obtener, registrar o almacenar información” (pág. 83). De allí que la selección de técnicas o instrumentos de recolección de datos, implica determinar por cuales medios los investigadores obtendrán la información necesaria para alcanzar los objetivos de la investigación.

Según Arias. F (2016) la observación como “una técnica que permite visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos preestablecidos” (pág. 69). Observación directa: “Es la técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho, sin intervención con el fin de tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es considerada como un elemento esencial y fundamental dentro de proceso investigativo. Según Sabino, (2001) el análisis cuantitativo deriva de la información numérica resultante, mostrando la información recolectadas en cuadros y medidas, calculando su porcentaje.

Al respecto Tamayo y Tamayo (2001) Plantea que “El procesamiento de los datos, cualquiera que sea la técnica que se utilice, no es otra cosa que el registro de los datos obtenidos por los instrumentos empleados, mediante una prueba analítica en la cual se comprueba la hipótesis y se obtienen las condiciones” (Pág. 187). Simultáneamente el análisis e interpretación de los datos recolectados se utilizan técnicas de análisis cuantitativas en estudios que se lleven a cabo.

Cuadro 1: técnicas e instrumentos metodológicos	
Técnica	Instrumento
Observación directa. (se extraen los datos en contacto directo de la realidad)	Lista de chequeo o cotejo
	Memoria fotográfica y videos

Tabla 7: Técnicas e instrumentación metodológicas

Fuente: Rincon Sandra (2020)

3.6 Fases de la investigación

El diseño de subdrenaje en la Autopista Rafael Urdaneta tramo Distribuidor Guacara –Arturo Michelena se desarrollara en cuatro (4) fases las cuales se especifican a continuación:

Fase I: Diagnosticar las condiciones de la zona en el tramo Distribuidor Guacara- Arturo Michelena.

El presente estudio parte de un diagnóstico mediante el cual se obtiene la información requerida y pertinente, recabada de fuentes bibliográficas y estudios realizados de distintos autores, utilizando diversas herramientas digitales como Google Earth, GLOBE Mapper, AutoCAD entre otras.

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

Determinación de las variables y parámetro que permitan llevar a cabo el desarrollo del proyecto en relación de obtener las necesidades reales del diseño como opción para el subdrenaje; se parte de la descripción espacial, la obtención de información geológica, topográfica e hidrológica.

Fase III: Análisis de los sistemas de subdrenaje que cumplan con las expectativas, antes propuestas:

Se determinara el diseño, los materiales, las profundidades mínimas, la ubicación de las líneas de drenaje a utilizar para realizar el sistema de subdrenaje de acuerdo con la información encontrada, mediante los resultados obtenidos por

los cálculos realizados, se decidirá el sistema de subdrenaje que mejor se adapte a las condiciones de la zona; dándole a la misma durabilidad y eficiencia, considerando especificaciones técnicas.

Fase IV: Elaboración del diseño de un sistema de subdrenaje para la vialidad.

En esta última fase se procede a la presentación de criterios adoptados; y a los métodos implementados para llevar a cabo el diseño de subdrenaje, destacando los cálculos a fin de cumplir con la naturaleza y objeto del estudio.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Dicho capítulo contempla detalladamente cada uno de los objetivos específicos de acuerdo a la metodología planteada, presentando los resultados obtenidos; partiendo del diagnóstico sobre el estado actual de la zona en estudio, analizando parámetros y variables relevantes desde el punto de vista técnico y por último se muestra o expone el diseño de subdrenaje adaptado a las condiciones del terreno.

4.1 Diagnosticar las condiciones actuales del drenaje natural de las aguas pluviales para la autopista Rafael Urdaneta en la zona del tramo Distribuidor Guacara- Arturo Michelena.

Para realizar el diagnóstico de la zona es importante considerar ciertos aspectos como lo son las variables hidrológicas, topográficas, geotécnicas, hidráulicas entre otras con el fin de posteriormente poder analizar y evitar posibles riesgos de fallas en el sistema de drenaje. La autopista Rafael Urdaneta estará ubicada al sur-oeste del área metropolitana de Valencia estado Carabobo.



Figura 17: Plano de ubicación Geográfico del estado Carabobo

Fuente: Rincon S. Base Wikipedia (2021).

Por otra parte la longitud total del proyecto de Autopista Rafael Urdaneta en sus 42 km de recorrido, atraviesa varios municipios del estado Carabobo en los cuales se encuentran los municipios Libertador, Valencia, Los Guayos y Guacara; dicho proyecto consta de una vialidad con coordenadas latitud $10^{\circ}14'52.65''N$ longitud $67^{\circ}50'30.06''O$ (enlace Parmarejo) latitud $10^{\circ} 4'19.38''N$ longitud $68^{\circ} 6'15.07''O$ (enlace La Encrucijada) iniciales y finales respectivamente, además de una sección típica de tres canales más hombrillo, con un área verde de unos 20 metros de ancho, con nueve distribuidores (La encrucijada, Tocuyito, El Paito, Hipódromo, Paseo Cabriales, Aeropuerto Arturo Michelena, Guacara, Panamericana y Parmarejo), que conectaran la vialidad con el resto de la ciudad. Desde el punto de vista hidráulico, se prevén cinco puentes hidráulicos, para los cursos de agua de mayor importancia que cruzan la vía todos estos pertenecientes a la cuenca del lago de Valencia, como los

son los Ríos Tocuyito, Cabriales, los Guayos, Caño Dividives y el Rio Guacara, de allí la necesidad de la colocación de puentes de varias luces para minimizar el remanso de las aguas y evitar inundaciones por desbordes en áreas adyacentes.

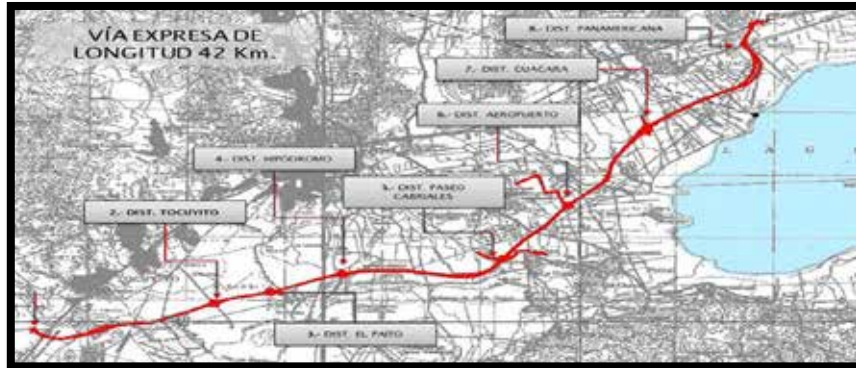


Figura 18: Croquis de la vialidad

Fuente: Ing .Morassutti G

Según planos realizados por el Ing. Morassutti G. se pudo detallar la información de los puntos más relevantes de la vialidad en el tramo en estudio, los cuales se muestran (ver figura nº 19).



Figura 19: Croquis del tramo en estudio

Fuente: Ing .Morassutti G

PUNTOS RELEVANTES DE LA VIA					
Ptos	Descripción	Cotas	progresiva	Coordenadas (E-N)	
				x	Y
1	Pte. Dist. Aeropuerto A.M	433,021	25+150	-67.905392	10.148652
2		426,962	25+500	-67.903486	10.150607
3		420,063	26+000	-67.899951	10.154129
4	Pte Río Los Guayitos	421,139	26+385	-67.897669	10.156422
5		420,116	26+500	-67.897027	10.157051
6	Pte obra 25	429,403	26+900	-67.894018	10.160344
7		426,180	27+000	-67.893548	10.161037
8		431,849	27+500	-67.891857	10.164277
9		431,921	28+000	-67.891867	10.164288
10	Pte Qda Los Dividives	431,069	28+368	-67.890014	10.172174
11		435,829	28+500	-67.889700	10.173097
12		427,040	29+000	-67.887661	10.177139
13		436,240	29+500	-67.885475	10.181134
14		431,436	29+900	-67.883242	10.185102
15		429,499	30+000	-67.883233	10.185102
16		426,869	30+500	-67.880756	10.188774
17	Dist. Guacara	433,092	31+000	-67.877831	10.192308

Tabla 8: Descripción puntos relevantes del tramo de la vialidad en estudio

Fuente: Rincon S (2021).

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

4.2.1 Descripción del tramo en estudio:

La trayectoria del tramo considerado en este trabajo se encuentra los municipios Guacara y los Guayos este primero ubicado a 438 m.s.n.m al noreste del lago de Valencia y se encuentra en el paso de la Autopista Regional del Centro (principal y más transitada autopista del país) que comunica a las ciudades de Caracas, Maracay y Valencia, a tan solo 10 km de esta. El Municipio Guacara presenta algunas variaciones en su clima debido a la diferencia de altura desde su extremo norte a su extremo sur. Al norte, en las elevaciones de la cordillera del Litoral, se localiza el clima tropical de altura con temperaturas mínimas del mes más frío, inferior a los 18 °C. y ligeramente superiores durante los meses menos fríos; este tipo de clima se localiza sobre los 1000 metros de altura.

Hacia el sur tanto en el sector central se presenta un clima tropical con abundante pluviosidad, nítida separación de los períodos de lluvia, sequía y el registro de altas temperaturas, a excepción del mes de enero cuando se aproxima a los 20 °C. En cuanto al relieve; el norte del Municipio Guacara es montañoso y forma parte de la Cordillera de la Costa. La zona sur es más plana y se extiende hasta las orillas del Lago Tacarigua o Lago de Valencia

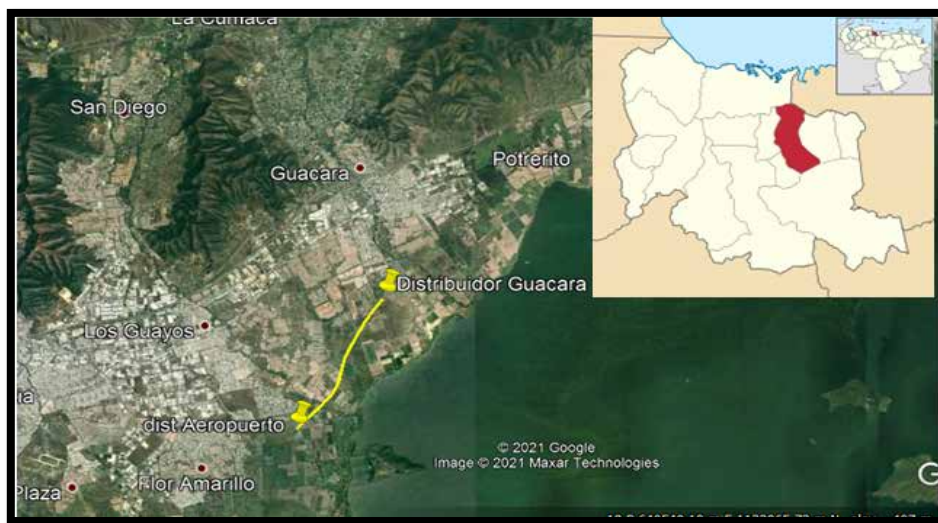


Figura 20: Vista satelital del tramo en estudio (Municipio Guacara)

Fuente: Realizado por Rincon S (2021). Data Google Earth.

Seguidamente en este orden de ideas el municipio Los Guayos se encuentra ubicado en la Región Oriental del Estado Carabobo. Posee una extensión de 73 km² se caracteriza por sus llanuras extensas a una altura sobre el nivel del mar de 439 m, ubicado en la zona intertropical con muy poca variación de temperatura entre los meses más calientes y más fríos, oscilando está entre 27° y 30° C.



Figura 21: Vista satelital del tramo en estudio (Municipio Los Guayos)
 Fuente: Realizado por Rincon S (2021). Data Google Earth.

Ambos municipios cuentan con una red de drenajes estos todos afluentes del lago de Valencia; esta depresión originada por movimientos tectónicos a finales del Cretáceo; actualmente se denomina como Fosa Tectónica formada por la Falla de la Victoria, la cual tiene una sismicidad moderada.



Figura 22: Mapa de fallas Venezuela
 Fuente: FUNVISIS 2014

4.2.1.1 Elevaciones de la zona

En la presente figura se aprecia una vista satelital de las elevaciones específicamente del estado Carabobo donde se destacan en primer lugar el Pico Vigirima ubicado al extremo norte del municipio San Joaquin a una altura de 1789 msnm, el cerro del diablo ubicado en el extremo norte del municipio San Diego a una altura de 1766 msnm, el cerro pico Coaba ubicado en el extremo norte de San Diego con una altura de 1511 msnm y finalmente el cerro la plantación ubicado en el municipio Guacara a 1496 msnm .

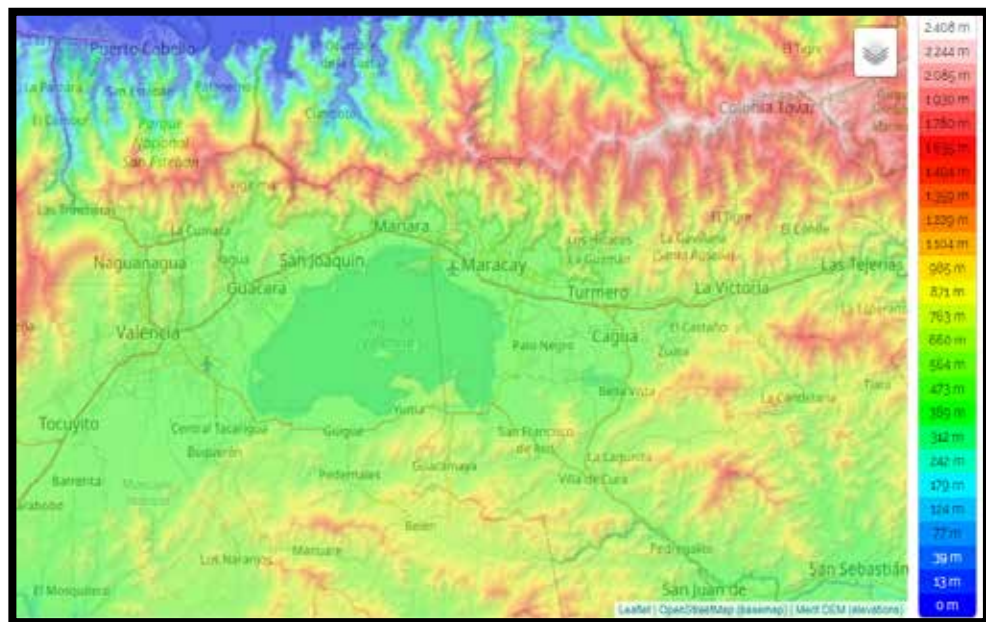


Figura 23: Vista satelital de las elevaciones
Fuente: Realizado por Rincon S (2021). Data OpenStreetMap

4.2.1.2 Geología

Aspectos de la mineralogía de suelos aluviales de la cuenca del lago de Valencia.

Según ensayo realizado por Elizalde, G., Universidad Central de Venezuela: UCV, Maracay (Venezuela). Facultad de Agronomía: FAGRO; Fernández, O.; Gómez Toro, J.M.; Márquez, O.; se obtuvo la siguiente información:

Se ha estudiado la mineralogía de suelos ubicados en la planicie aluvial de dos sistemas sedimentarios fluviales y de dos sistemas coluviales, de la Cuenca del Lago de Valencia. Casi todos los suelos analizados son Haplustolls, derivan de materiales parentales estratificados y presentan una evolución pedogenética mediana a baja. En los suelos de los sistemas fluviales, la mineralogía de la fracción arena denota que las cuencas de ablación de donde provienen los materiales parentales, se relacionan con las rocas metamórficas de la formación Las Brisas y es similar, cualitativamente, a la mineralogía de los suelos del sistema coluvial proveniente de la misma formación geológica y se distingue de los suelos coluviales provenientes de la formación Las Mercedes. Las relaciones cuantitativas entre los minerales de aspecto micáceo de la fracción arena (moscovita, biotita, clorita y vermiculita), permiten calcular índices de alteración relativa de los perfiles y de los horizontes de cada perfil. La fracción arcilla tiene composición mixta, con cantidades importantes de caolinita, mica, minerales expansivos e interstratificados. La procedencia de los materiales parentales se refleja tanto cualitativa como cuantitativamente. La variabilidad espacial de los contenidos de minerales en la fracción arcilla, está influenciada por los flujos sedimentarios de los materiales parentales, así como por los flujos de aguas superficiales y subsuperficiales de diferente composición geoquímica.

A continuación se presenta la carta de una perforación realizada en el tramo Distribuidor Parmarejo- Distribuidor Guacara, donde se visualiza la estratificación del suelo.

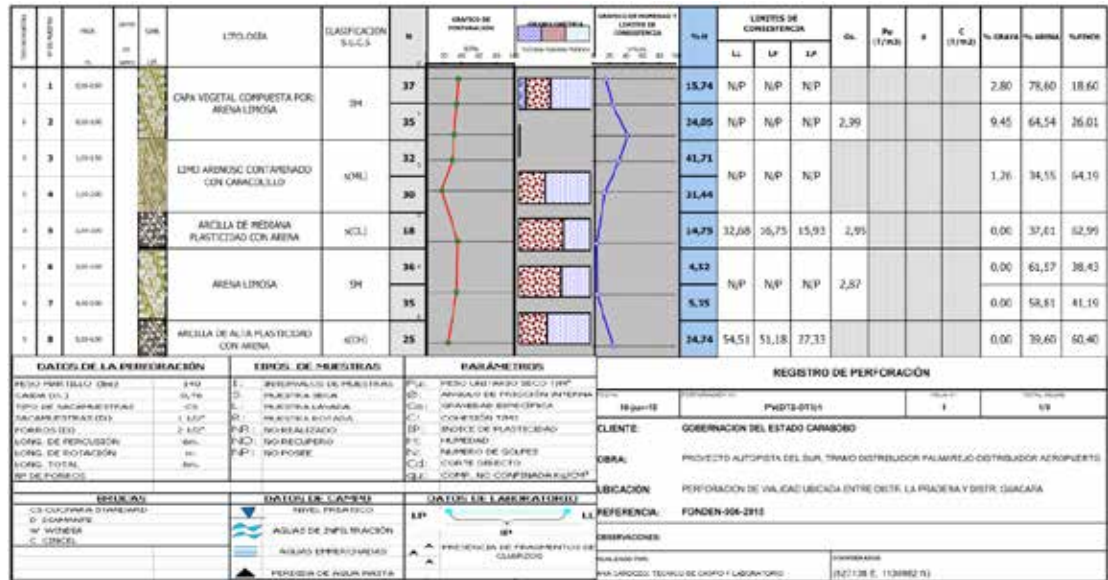


Figura 24: Litografía de Perforación de la Vía Dist. Panamericana-Guacara

Fuente: Realizado Ana Cardozo Técnico de campo

En virtud de lo antes expuesto el efecto de los factores formadores de suelos en la depresión del lago ha generado suelos calcáreos, ricos y porosos en lo que es la llanura lacustre; rodeada por una llanura de sedimentos aluviales recientes, generadores de suelos de alto valor agrícola, predominantes en la depresión y valles adyacentes.

Por otra parte se presenta un estudio de suelos más detallado con el cual se realizará el diseño de subdenaje, este es un informe técnico presentado por la Asociación Cooperativa PERFOCA 543, para el proyecto del desarrollo habitacional Dios Todo Poderoso con viviendas tipo Petrocasa, Municipio Guacara, Estado Carabobo. Este estudio consistió en una etapa de campo en la que se realizaron las perforaciones con recuperación de muestras continuas el primer metro y luego a cada metro, una etapa de laboratorio en la que se caracterizó el total de las muestras recuperadas y una etapa final de oficina, en la que se integraron los resultados de los ensayos tanto de campo como de laboratorio.

Donde el perfil litológico encontrado varía en las diferentes perforaciones, predominan los suelos aluvionales arcillo-arenosos, consiguiéndose también

diferentes estratos arenosos y arcillosos más limpios; la presencia de grava es escasa pudiendo encontrarse eventualmente a diferentes profundidades. En la perforación P1 se encuentra hasta 90 centímetros de profundidad un relleno limo-arenoso, algo micáceo, de color castaño claro, de consistencia dura a muy dura, ligeramente húmedo. Luego hasta 2 metros de profundidad se detectó una arena limosa, algo micácea, de color castaño claro, medianamente densa, ligeramente húmeda. Después, hasta 4 metros de profundidad, se encontró una arcilla arenosa, de consistencia dura a muy dura, de baja plasticidad, color castaño claro y beige claro grisáceo, ligeramente húmeda, con intercalación de un lente arcilloso, muy duro, de color castaño oscuro. Por último desde 6 metros hasta los 10 metros de profundidad se encontró un estrato arenoso, con baja presencia de arcilla y limo, muy densa, ligeramente húmedo, de color gris claro verdoso. No se detectó el nivel freático en los sondeos realizados. En cuanto a la granulometría los resultados obtenidos, indican que la predominancia de materiales finos arcillosos, en los que fracción pasante del tamiz #200 varía entre 63,20 y 90,10 %, con un valor promedio de 79,30 % .

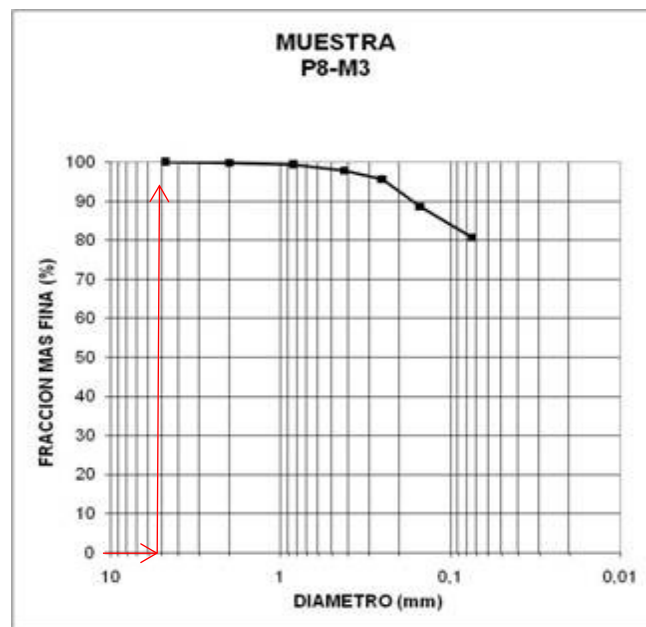


Figura 25: Curva granulométrica de la muestra P8-M3

Fuente: PERFOCA

perfoca	PROYECTO: Estudio de suelos para el desarrollo habitacional Dios Todo Poderoso con viviendas tipo Petrocasa, Municipio Guacara, Estado Carabobo.	ELABORADO : M.P.	Pag. 21 de 19
		FECHA: Abril 2008	REVISADO: D.M.

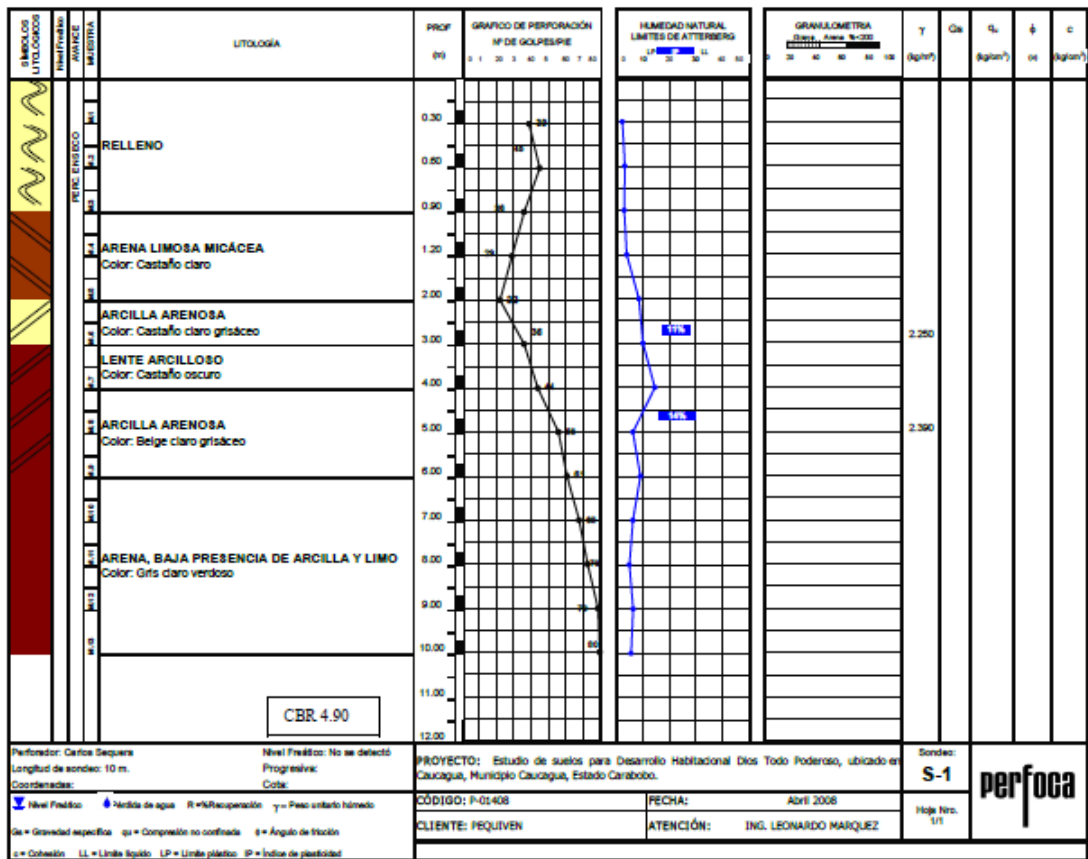


Figura 26: Litografía de la muestra de suelo P8-M3

Fuente: PERFOCA

4.2.1.3 Información Hidrológica

El lago de Valencia, se encuentra emplazado en una fosa tectónica conocida como Graben de Valencia que se encuentra entre la Cordillera de la Costa y la serranía del Interior. La cuenca es de tipo endorreica y cubre 3150 km² (0,3 % del país). Este lago es el fenómeno hidrográfico más importante del centro del país,

tiene una longitud máxima de 30 km, una anchura máxima que alcanza los 20 km, una profundidad máxima de 39 m y una media de 21 metros.

En la actualidad el lago tiene una extensión de 344 km². En sus orillas se levantan dos de las principales ciudades del país como son: Valencia, Maracay y otros centros urbanos importantes como los son Mariara, San Joaquín, Güigüe, Guacara, Los Guayos y Palo Negro.

La depresión no es completamente rodeada de montañas, pues se comunica con las áreas circunvecinas a través de las siguientes abras o pasos:

Por el Norte (Cordillera de la Costa)

El Abra de Las Trincheras: le permite comunicarse hacia Puerto Cabello, San Felipe, Barquisimeto y Coro

El Abra de Rancho Grande: le permite comunicarse con Chorón y Ocumare de la Costa

Por el Sur (Serranía del Interior)

El Abra de Tinaquillo: la comunica con los llanos occidentales

El Abra de Villa de Cura: comunica la cuenca con los llanos centro - occidentales

Los municipios de Aragua que tienen límites con el Lago Tacarigua son:

Libertador

Girardot

Francisco Linares Alcántara

Zamora

Los municipios de Carabobo que limitan con el Lago Tacarigua son:

Diego Ibarra

San Joaquín

Guacara

Los Guayos

Carlos Arvelo

Ríos

La cuenca del Lago Tacarigua o Valencia es de tipo endorreica y recibe aportes de agua de numerosas corrientes fluviales de corto curso y de escaso caudal, entre las que destacan los ríos:

Güigüe

Turnero

El Limón

Cabriales

Los Guayos

Aragua, que es el más importante con aproximadamente 80km de recorrido.

río Güey



Figura 27: Plano del lago de Valencia

Fuente: Ing. Gian Franco Morassutti F.

En cuanto a la cota de equilibrio del Lago de Valencia, definida en 1987 y decretada en 1995, es de 408 msnm. Siendo una cuenca endorreica, su equilibrio

se establece en función de que la evaporación que allí ocurre compensa las entradas de aguas durante la temporada de lluvias. Eso produce una cota máxima y una cota mínima, las cuales definen en buena medida el uso del territorio de la cuenca aledaño a las aguas del lago, en especial en lo referente al establecimiento de asentamientos urbanos que debe ser contemplado en los planes de desarrollo territorial. La cota máxima del lago ha sido alterada porque a la cuenca le han incorporado, desde la Cuenca del río Pao, $8 \text{ m}^3/\text{s}$ a partir de 1978 y cerca de otros $8 \text{ m}^3/\text{s}$ a partir de 1996. Por la naturaleza de la cuenca, esos excedentes no tienen salida y causan el incremento en la cota máxima del lago, con las terribles consecuencias que estamos viendo en estos momentos, de destrucción de varios asentamientos urbanos que incluye importantes urbanizaciones al sur de la ciudad de Maracay.

Según estudios realizados sobre la evolución del nivel del Lago de Valencia por el Ing. Gian Franco Morassutti F.

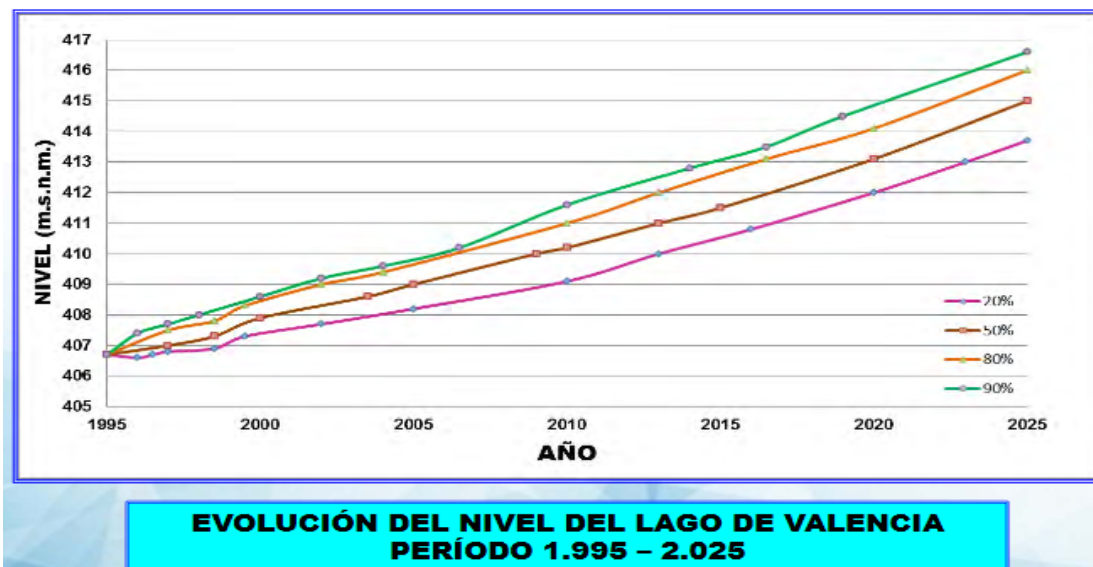


Figura 28: Evolución del nivel del lago de Valencia período 1.995 – 2.025
Fuente: Consorcio CALTEC - OTEPI - Camp, Dresser & McKee International, Inc



Figura 29: Superposición de las curvas 1.995 – 2.025

Fuente: Consorcio CALTEC - OTEPI - Camp, Dresser & McKee International, Inc; MARNR – BID 557/0C-VE, 1995

En estudios realizados por la Ing. Emerly Castillo (2002) afirma que:

La longitud total del trazado del proyecto de la Autopista Rafael Urdaneta en sus 40 kms de recorrido se ubica en dos cuencas vecinas de alta fragilidad desde el punto de vista hidráulico y ambiental: La cuenca endorreica del Lago de Valencia y la cuenca del Río Pao. La autopista en su recorrido se encuentra con varios cauces principales, en sentido Este – Oeste se tienen: Río Guacara (033+200), Caño Las Tunitas (028+380), Caño El Nepe, Caño Los Dividives, Río Los Guayos (026+936), Caño La Negra (022+850) y Caño Central, adicionalmente se consiguen pequeños canales naturales o artificiales afluentes de los anteriores, sobre los cuales será necesario prever las correspondientes estructuras hidráulicas menores y otros cauces como los de las Quebradas Cacao, Carabalís y el Río Ereigüe que no cruzan la Autopista pero se ubican en el área de influencia del Distribuidor Palmarejo. Todos los ríos y quebradas mencionados son afluentes del Lago de Valencia. La mayoría de estos cursos de agua discurren de Norte a Sur con nacientes en la Cordillera de la Costa, exceptuando Caño La Negra y Caño Central que discurren de Oeste a Este.

El citado autor señala que algunos de estos cauces desparrraman en lagunas naturales antes de su descarga final al lago de Valencia, caso del Caño Los Dividives y del Caño El Nepe en el Municipio Guacara, debiendo considerarse en este caso, para el diseño de las estructuras, el retardo provocado por las áreas de desparrramamiento. Los cursos de agua que se forman en la Cordillera de la Costa tienen sus nacientes por encima de los 600 msnm ubicados en el Parque San Esteban, con vegetación boscosa bastante densa, en todos los casos aguas arriba de la Autopista Regional del Centro.



Figura 30: Sub-cuencas del Lago de Valencia
Fuente: Rincon S. (2021) Con base Google earth.

Así mismo el comportamiento de los mismos puede verificarse a través de la variación de su pendiente a lo largo del recorrido. Pudiéndose con este parámetro distinguir tres tramos bien diferenciados: un tramo de altas pendientes, por encima del 20 %, aproximadamente entre las cotas 1000 y 600 msnm, un segundo tramo hasta la cota 450 msnm estimativamente de pendiente suave y en las zonas bajas,

aguas abajo de la Autopista Regional del Centro pendientes despreciables por debajo del 0.5 %.

Cabe destacar que algunos de estos cauces han sido rectificadas o modificados en su recorrido a través de Proyectos desarrollados por el Ministerio del Ambiente, la Secretaría de Obras Públicas del Estado Carabobo y la Alcaldía de Guacara. A los efectos de este Estudio y del desarrollo de los Proyectos, la ubicación del trazado de la Autopista desde el punto de vista de la Hidráulica debe ser evaluada en dos direcciones:

- § Respecto a la Cordillera de la Costa exige que en el diseño de las estructuras hidráulicas se tenga que considerar casi la totalidad de la cuenca contribuyente en cada uno de los puntos de cruce de los cuerpos de agua del sector norte del tramo de Autopista. Así mismo el área del proyecto es receptora de cualquier cambio en los patrones hidráulicos que surjan de desarrollos futuros que pudieran ubicarse al Norte de ella.
- § Respecto del Lago de Valencia se convierte a la Autopista Rafael Urdaneta en una barrera física de la expansión urbana de cada uno de los municipios por los cuales discurre, y esto debe ser considerado en la estimación de los coeficientes de escorrentía al momento del dimensionamiento de las estructuras hidráulicas.

Por las características del área de estudio, otras consideraciones del tipo hidráulico que deben ser tomadas muy en cuenta a los efectos de diseño y construcción del proyecto es lo bajo de las pendientes en todo el recorrido de estudio por la proximidad a la descarga en el Lago, las múltiples depresiones naturales y el intenso flujo de las aguas de infiltración que asociado a las condiciones geotécnicas de los suelos de la zona obliga a poner especial énfasis en el diseño hidráulico del terraplén, su altura óptima, la capacidad de soporte de los suelos, la consideración del uso de tramos con viaducto y el tipo de fundaciones de las estructuras.

4.2.1.4 Información hidrológica y climatológica

De la revisión de la red de estaciones climatológicas del Estado Carabobo se considera que por la ubicación geográfica del proyecto, es de interés evaluar los datos provenientes de las Estaciones identificadas como GUACARA, serial 0452, SAN DIEGO serial 0451, VALENCIA FERROCARRIL serial 0461 con registros de precipitación y de las Estaciones GUACARA AUTOPISTA serial 0167 y PUENTE LOS GUAYOS serial 0235, con registro de gastos.

El período registrado en cada de ellas es el siguiente:

- Ø Guacara: 1949 – 1993
- Ø San Diego: 1959 – 1999
- Ø Valencia ferrocarril: 1950 – 1999
- Ø Guacara autopista: 1962 – 1989
- Ø Puente los Guayos: 1949 – 1977

En la Dirección General de Cuencas Hidrográficas del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales se verificó que no existen estaciones con registros de otros datos climáticos como temperatura, evaporación y radiación entre otros. Para la descripción de variables climáticas se consultaron datos registrados por la Estación Meteorológica Valencia, ubicada en las instalaciones del Aeropuerto Arturo Michelena (coordenadas geográficas 10°10' N y 67°56' O), a una altura de 430 msnm, los mismos corresponden al período 1992–2002. La Estación Meteorológica Valencia pertenece a la Fuerza Aérea y específicamente es administrada por el departamento de climatología.

- **Precipitación:** En los cuadros que se indican se presentan los datos crudos de precipitación provenientes de la estación Guacara tienen un registro correspondiente al período 1949 – 1993 y de la Estación San Diego 1959 – 1999.

Se tienen registros de intensidad de lluvia en ambas estaciones para diferentes duraciones, lo que permite generar información para la estimación de gastos por métodos indirectos.

Para hacer consistente estos registros y poderlos utilizar en la estimación de gastos máximos, los mismos deben ser cuidadosamente revisados y complementados a través de procedimientos estadísticos indicados en la literatura existente.

Datos mensuales de precipitación de la estación Guacara

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN GUACARA													
M.A.R.N. D.G.A.S.										FECHA: 02/11/2005			
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA													
SISTEMA NACIONAL DE INFORMACION HIDROLOGICA Y METEOROLOGICA SINAIHME													
ESTACION: GUACARA				TIPO: PR				SERIAL: 0452					
ESTADO: CA		LATITUD: 101410			LONGITUD: 675304			ALTITUD: 300 M.S.N.M					
ORG.: MA		INSTALADA: 09/1948			ELIMINADA:								
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mm)													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1949	-	-	-	-	-	-	103,8	107,6	47,7	44,6	44,4	-	-
1950	0,0	0,0	0,0	25,6	113,9	192,0	-	-	-	-	43,7	14,3	-
1951	2,4	37,4	0,0	65,8	118,0	104,4	96,1	110,8	107,6	42,8	30,8	19,4	735,5
1952	0,0	0,0	6,6	70,2	76,2	225,6	208,1	146,0	147,4	61,2	37,8	0,4	979,5
1953	0,0	0,0	0,0	20,0	110,6	177,2	129,2	161,1	75,4	21,2	27,8	8,8	731,3
1954	0,0	5,6	0,0	60,0	123,3	183,5	189,1	190,6	196,1	208,7	19,1	24,5	1.200,5
1955	1,0	0,8	0,7	104,2	72,6	230,6	125,8	157,4	195,2	124,9	78,4	17,6	1.109,2
1956	15,4	8,4	4,0	55,3	79,8	99,0	170,4	205,0	80,1	95,2	76,2	47,1	935,9
1957	0,0	0,0	1,7	0,8	40,1	101,9	65,7	122,8	143,2	50,9	178,4	10,8	716,3
1958	2,6	5,3	2,2	13,9	150,3	209,4	171,3	185,3	88,8	45,9	11,4	0,3	886,7
1959	0,0	0,0	1,3	3,3	139,6	109,0	128,9	102,6	141,5	107,0	52,8	10,5	796,5
1960	0,0	0,3	0,2	108,1	130,1	144,7	167,3	131,5	146,6	128,8	25,7	17,7	1.001,0
1961	0,0	0,0	21,0	0,5	21,6	96,4	222,7	231,8	84,6	146,5	37,5	1,1	863,7
1962	0,0	0,0	20,2	17,3	180,4	155,5	94,5	134,9	173,8	61,7	35,9	23,1	897,3
1963	0,0	0,0	0,0	34,3	168,6	233,5	214,8	160,2	118,3	169,5	24,6	0,3	1.124,1
1964	8,8	8,4	0,0	6,2	110,1	257,3	118,2	132,7	93,1	56,2	55,5	13,1	859,6
1965	14,9	20,4	0,0	34,9	67,9	266,0	194,3	106,9	83,3	102,8	106,9	99,1	1.097,4
1966	0,0	0,0	13,1	91,9	52,8	77,3	117,9	145,7	111,5	77,0	27,4	15,2	729,8
1967	0,0	0,6	4,3	97,8	208,2	144,0	102,3	116,3	68,7	78,7	57,7	0,2	878,8
1968	78,4	21,1	18,4	54,6	114,8	223,8	161,1	204,2	66,3	133,5	53,8	11,6	1.141,6
1969	4,4	3,5	3,8	31,0	230,0	118,5	110,6	150,1	87,6	52,4	69,6	50,1	911,6
1970	0,7	18,2	0,0	82,3	116,3	64,0	111,0	145,8	121,9	43,8	23,5	16,0	743,5
1971	5,1	0,3	41,9	65,9	178,5	93,7	129,8	90,6	139,9	168,9	39,5	25,4	979,5
1972	0,0	0,0	0,3	137,6	41,5	101,0	56,8	141,1	85,0	120,5	33,7	2,3	719,8
1973	0,0	0,0	1,1	23,4	76,4	19,0	219,5	168,8	124,0	121,0	7,1	7,0	767,3
1974	0,0	0,0	0,0	8,5	133,0	75,0	150,9	174,1	134,4	86,8	28,3	32,9	823,9
1975	0,3	0,0	7,8	39,4	98,8	94,8	197,5	140,5	31,4	104,7	9,3	5,7	730,2
1976	0,6	0,0	27,2	0,0	90,4	149,9	49,8	188,9	154,1	36,2	65,9	0,6	763,6
1977	0,8	0,0	38,2	102,3	111,7	155,4	73,0	131,3	146,2	82,1	42,1	11,6	894,7
1978	0,0	0,0	50,7	68,1	104,4	145,7	152,3	78,1	83,7	82,9	42,4	10,0	818,3
1979	1,7	0,0	0,0	31,9	217,3	173,4	126,6	177,1	73,6	34,3	47,0	3,9	886,8
1980	1,7	22,7	17,7	216,5	88,4	131,1	136,6	277,5	209,5	71,0	84,4	30,8	1.287,9

Tabla 9: Datos mensuales de precipitación de la estación Guacara
Fuente: Dirección de hidrología y meteorología MARN

ESTACION: GUACARA TIPO: PR SERIAL: 0452
 ESTADO: CA LATITUD: 101410 LONGITUD: 675304 ALTITUD: 300 M.S.N.M
 ORG.: MA INSTALADA: 09/1948 ELIMINADA:

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mm)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1981	0,0	0,6	8,7	109,2	224,9	76,1	64,6	99,7	124,6	99,4	52,5	9,5	869,8
1982	0,3	0,0	0,3	159,8	240,8	103,0	174,0	183,9	79,8	113,3	21,1	0,3	1.076,6
1983	0,2	0,0	0,0	40,9	3,5	155,8	62,7	190,2	112,9	79,4	39,5	1,5	686,6
1984	0,0	0,9	12,7	51,2	122,0	176,1	170,5	102,5	76,8	79,8	66,8	28,9	888,2
1985	0,1	1,2	0,5	7,0	292,0	143,3	120,2	132,4	69,9	72,9	10,7	19,3	869,5
1986	3,0	0,0	93,4	20,2	208,7	131,1	142,5	118,1	183,5	97,3	47,8	29,6	1.075,2
1987	0,0	3,3	0,0	4,8	94,9	419,9	101,4	239,3	161,2	139,2	31,5	20,1	1.215,6
1988	0,0	5,0	0,0	0,2	111,8	78,1	93,4	71,6	151,8	26,5	12,7	0,0	551,1
1989	5,5	0,0	0,0	2,3	119,5	144,2	192,6	126,2	117,7	196,6	36,6	12,9	954,1
1990	0,5	0,0	21,6	46,2	80,4	81,9	90,9	317,0	94,7	87,6	79,0	0,4	900,2
1991	0,0	0,8	0,8	60,9	145,2	105,7	200,2	180,8	88,2	45,2	134,6	16,8	979,2
1992	3,8	1,1	2,9	92,3	220,0	135,4	184,4	160,8	116,4	104,5	-	-	-
PROM	3,8	3,8	9,6	53,7	127,9	148,5	137,0	154,7	116,5	93,4	47,8	15,6	913,5
PORC	0,4	0,4	1,1	5,9	14,0	16,3	15,0	16,9	12,8	10,2	5,2	1,7	
D.S.	12,2	8	17,9	47,9	63,5	70,6	48	49,8	42,7	47,5	32,9	17,9	
CV	323,6	211,3	185,6	89,2	49,7	47,6	35	32,2	36,6	50,8	68,7	114,8	

Tabla 10: Datos mensuales de precipitación de la estación Guacara 1981-1992

Fuente: Dirección de hidrología y meteorología MARN

- Precipitación Media:** Al observar el comportamiento medio mensual de los datos procesados se presenta un patrón unimodal con un pico en el período Junio, Julio y Agosto. Entre los meses Noviembre – Marzo se registran precipitaciones medias mensuales inferiores a 60 mm por lo cual puede considerarse este período como la estación seca. La estación lluviosa se produce desde Mayo hasta Septiembre y pueden considerarse Abril y Octubre como los meses de transición entre dichas estaciones.

La precipitación media anual estimada para el período de registro es de 912 mm/año, sin embargo hay años en los cuales se han registrado más de 1200 mm/año.

Curvas IDF de la estación Guacara:

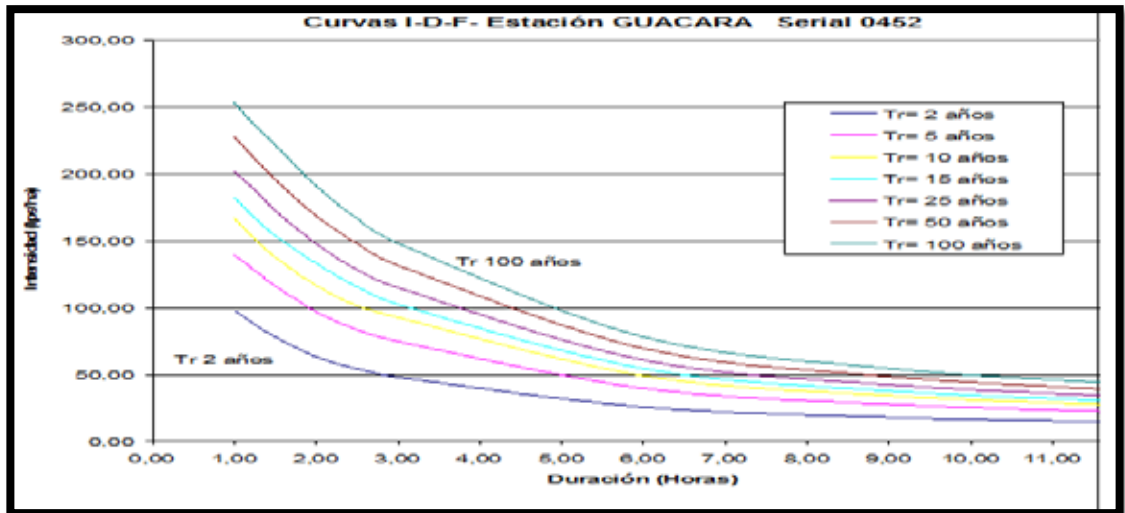


Figura 31: Curvas intensidad duración y frecuencia Estación Guacara.

Fuente: Realizado por Ing. Emerly Castillo / 2002

- **Precipitación Máxima:** Es importante considerar esta variable debido a la influencia que tiene en las crecientes y posibles desbordamientos de los cursos de agua y en la activación de procesos erosivos. Adicionalmente su consideración está determinada por el requerimiento de los métodos indirectos de estimación de gastos de diseño. Con el procesamiento de los datos obtenidos para la Estación Guacara se generaron las curvas Intensidad – Duración y Frecuencia que se muestran arriba.

Datos mensuales de precipitación de la estación San Diego

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN SAN DIEGO

DATOS MENSUALES Y ANUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)

Estación: San Diego Tipo: PR Serial: 451
 Estado: CA Latitud: 10° 17' 19" Longitud: 67° 56' 29" Altitud: 460 m.s.n.m
 ORG : MA Fecha Instalada: 1960 Fecha Eliminada:

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
1960	0,0	6,3	0,0	97,4	159,0	113,6	137,9	219,7	-	-
1961	0,0	0,0	5,9	0,3	29,3	61,5	208,9	206,2	53,1	167,8
1962	1,0	0,0	12,9	3,4	199,8	115,1	-	256,8*	176,4	89,7
1963	14,9	0,7	0,5	50,3	244,8	164,7	107,1	129,3	191,7	163,7
1964	0,0	0,0	5,4	40,6	103,0	210,6	190,2	161,3	189,9	156,2
1965	4,5	7,2	0,0	0,0	92,6	163,8	146,0	158,1	96,2	41,6
1966	7,9	2,5	0,0	36,6	136,2	261,9	281,7	151,5	91,3	108,7
1967	1,8	0,0	9,1	53,5	86,5	92,7	-	362,6*	97,5	173,1
1968	0,8	4,8	7,8	154,7	212,6	-	258,4*	172,3	112,4	54,2
1969	63,5	38,4	14,0	39,6	71,3	259,4	163,0	237,4	49,2	209,6
1970	5,7	0,6	4,3	-	-	384,6*	212,7	168,1	47,0	53,6
1971	14,5	19,6	0,0	85,6	156,8	69,3	-	136,1	199,4	129,9
1972	3,6	11,2	48,1	97,2	161,3	78,8	203,5	80,6	200,0	110,7
1973	2,9	0,0	4,4	160,5	47,0	142,8	56,6	174,9	82,1	177,5
1974	0,7	4,1	0,0	36,8	80,6	17,7	165,0	165,1	180,9	187,1
1975	5,0	0,0	0,0	1,2	106,9	120,9	90,9	252,6	147,3	118,7
1976	0,2	0,0	0,9	61,1	131,7	166,2	132,2	248,3	40,7	137,6
1977	0,2	0,0	38,1	0,0	90,5	124,7	79,1	139,6	150,9	81,1
1978	1,9	0,0	7,6	63,8	131,1	168,8	96,5	139,3	110,8	-
1979	0,0	0,0	78,0	34,8	146,6	118,1	119,9	103,6	103,4	96,5
1980	0,0	0,0	0,0	33,4	-	400,1*	156,7	157,3	108,6	54,6
1981	0,0	52,3	2,4	149,3	129,5	189,0	81,3	153,4	154,6	67,4
1982	0,0	1,5	13,0	144,1	176,3	77,3	72,9	173,9	152,4	122,8
1983	0,0	0,0	0,0	127,0	253,3	195,9	195,7	228,8	211,2	60,2
1984	8,9	0,1	0,0	43,5	9,7	83,8	81,5	88,0	122,7	173,0
1985	0,0	5,5	2,2	-	215,3*	220,4	-	238,4*	151,0	126,2
1986	1,8	0,0	2,1	22,3	-	552,1*	121,4	154,0	77,1	93,6
1987	1,2	0,0	104,2	8,6	196,4	188,0	143,4	103,6	229,7	99,6
1988	0,0	14,4	0,0	0,3	108,5	313,4	81,4	231,0	268,8	267,3
1989	0,0	9,6	0,0	0,0	267,8	69,2	144,8	-	-	265,6*
1990	5,4	1,0	0,0	14,0	266,9	98,5	-	-	-	644,7*
1991	0,8	1,0	32,8	53,7	92,6	95,6	-	448,5*	66,5	109,8
1992	0,0	0,0	0,0	133,3	236,6	94,4	250,2	109,3	97,3	119,9
1993	1,3	0,0	20,3	168,8	-	-	329,3*	190,4	128,3	-
1994	-	1,3	10,3	-	52,5*	-	-	446,8*	-	-
1995	17,4	0,0	-	-	-	359,8*	191,9	132,0	183,1	124,0
1996	0,0	3,2	14,4	1,1	-	433,4	216,1	95,6	183,9	145,0
1997	1,2	39,8	0,0	32,0	81,1	155,4	197,9	90,3	237,8	98,7
1998	1,8	19,1	18,8	46,1	-	254,7	148,7	160,6	37,3	116,1
1999	0,0	0,0	3,0	31,2	45,0	-	230,5	147,3	-	-

Tabla 11: Datos mensuales de precipitación de la estación San Diego
 Fuente: Dirección de hidrología y meteorología MARN

- **Gastos máximos:** En la zona no existen estaciones hidrométricas que permitan presentar valores de datos que muestran las variaciones estacionales del gasto a lo largo del año, sin embargo pudiera tomarse como una referencia el comportamiento del Río Guacara en el cual existe la Estación Hidrométrica Guacara – Autopista. En los gráficos que se presentan más adelante se muestran hidrogramas de gastos medios, mínimos y máximos extraídos del EIA del Sistema Ferroviario de la Región Central Tramo Tuy Medio – Puerto Cabello de Enero 2002.
- **Temperatura:** Los datos de temperatura corresponden al período 1992-2002 y provienen de los registros de la Estación Valencia - Aeropuerto. En el período estudiado, la temperatura media anual fue de 24,79 °C, los valores medios mensuales máximos se reportaron en los meses de Febrero y Marzo, con 32,55 y 33,03 °C, respectivamente. Los valores más bajos, se registraron en los meses de Agosto (19,77 °C) y Enero (19,82 °C)

Valores Promedio de Temperatura mensual y anual (°C).

Estación Valencia – Aeropuerto. Periodo 1992 – 2002.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
1992	24,3	25,1	26,0	26,7	24,8	23,9	22,5	22,4	23,1	23,3	23,4	23,4	24,1
1993	23,6	24,1	24,9	24,6	23,0	22,8	22,8	22,0	22,8	24,8	24,3	24,8	23,7
1994	24,1	24,5	25,4	25,4	25,6	24,2	23,0	22,5	22,1	23,9	24,4	24,5	24,1
1995	25,0	25,7	25,9	25,5	25,4	24,0	23,7	23,4	23,4	23,1	24,0	24,3	24,5
1996	24,0	25,1	25,2	25,8	25,5	24,8	24,0	24,1	24,3	24,6	24,8	24,4	24,7
1997	24,4	24,9	24,7	26,0	25,9	24,8	23,9	25,4	25,4	25,5	25,3	25,3	25,1
1998	26,4	27,1	27,3	26,8	26,7	25,5	23,7	23,6	24,9	25,2	25,9	26,1	25,8
1999	25,1	25,1	26,0	25,4	25,9	24,5	23,2	22,8	23,3	23,0	24,9	24,4	24,5
2000	24,1	24,2	24,4	25,7	25,6	24,7	24,4	24,1	23,6	24,1	24,8	24,9	24,6
2001	24,7	24,4	26,2	25,8	25,1	23,5	23,1	22,4	25,8	26,3	26,7	27,1	25,1
2002	26,8	26,5	26,8	26,8	27,1	25,6	26,2	25,6	25,9	27,0	27,3	27,7	26,6

Tabla 12: Datos mensuales y anuales de precipitación de la estación Valencia- Aeropuerto

Fuente: Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana.

Temperatura Promedio de máximas, medias y mínimas mensuales y anual (°C). Estación Valencia – Aeropuerto. Periodo 1992 – 2002.

T (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
MEDIA	25,0	25,1	25,7	25,8	25,5	24,4	23,7	23,5	24,1	24,6	25,1	25,2	24,8
MÁXIMA	32,2	32,5	33,0	32,3	31,4	30,1	29,8	29,7	30,7	31,4	31,9	32,1	31,4
MÍNIMA	19,8	20,8	21,4	22,1	21,9	20,7	20,0	19,8	20,1	20,6	20,6	20,2	20,7

Tabla 13: Datos de temperaturas de la estación Valencia-Aeropuerto

Fuente: Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana.

- **Evaporación:** De acuerdo con los datos presentados en el Cuadro que se presenta a continuación la evaporación promedio anual para el período estudiado fue 2.274 mm., observándose poca variación en los valores medios mensuales.

**Evaporación media anual y mensual (mm).
Estación Valencia – Aeropuerto. Periodo 1992 – 2002.**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
1992	268	276	356	296	169	122	91	108	116	128	154	247	2.331
1993	280	297	349	224	119	151	167	189	101	161	161	265	2.464
1994	331	298	361	276	232	174	147	118	92	118	126	188	2.461
1995	292	297	296	215	192	95	93	94	101	97	172	210	2.154
1996	280	276	335	320	184	118	97	104	96	102	121	152	2.185
1997	255	271	290	250	236	159	91	127	115	115	144	369	2.422
1998	283	260	333	164	112	96	89	101	84	92	150	205	1.969
1999	246	234	269	165	173	128	82	84	91	79	129	185	1.865
2000	233	257	264	272	222	190	177	142	101	102	143	223	2.326
2001	282	295	355	288	235	145	147	84	157	156	163	202	2.509
2002	286	278	305	253	199	111	140	113	118	134	154	240	2.331
PROMEDIO	276	276	319	248	188	135	120	115	107	117	147	226	2.274

Tabla 14: Datos de evaporación media anual estación Valencia-Aeropuerto

Fuente: Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana

- **Humedad relativa:** En la zona, para el período estudiado), presenta un promedio de 77% de humedad. Alcanzando los valores máximos en los meses: Julio (93 %) Agosto (93 %), Septiembre (94%) y Octubre (93%). Para los meses de sequía ocurren los valores mínimos, reportándose en los meses de Enero (48 %), Febrero (49 %) y Marzo (48%).

**Humedad relativa media anual y mensual (%). Estación Valencia – Aeropuerto.
Periodo 1992 – 2002.**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
1992	77	74	76	77	83	84	87	86	84	84	82	77	81
1993	77	75	74	79	87	85	83	86	86	82	81	76	81
1994	76	77	75	77	76	79	82	85	86	82	81	77	79
1995	71	68	69	74	75	83	84	83	82	82	75	72	77
1996	68	69	68	62	71	80	84	86	85	82	79	77	76
1997	73	70	67	68	67	71	76	74	76	75	73	68	72
1998	69	69	68	75	84	88	89	88	88	80	68	67	78
1999	67	66	60	66	66	76	85	86	84	85	79	74	75
2000	71	73	73	71	73	74	77	83	89	87	81	77	77
2001	76	76	73	78	74	81	83	89	81	81	79	79	79
2002	74	72	65	63	67	79	76	79	82	78	77	69	73

Tabla 15: Datos de evaporación media anual estación Valencia-Aeropuerto
Fuente: Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana

**Humedad relativa promedio de máximas, medias y mínimas mensuales y anual
(%). Estación Valencia – Aeropuerto. Periodo 1992 – 2002.**

HUMEDAD RELATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
MEDIA	73	72	70	72	75	80	82	84	84	82	78	74	77
MÁXIMA	90	87	84	85	88	92	93	93	94	93	92	91	90
MÍNIMA	48	48	48	51	54	59	60	61	60	58	54	50	54

Tabla 16: Datos de humedad relativa mínima, media y máxima Valencia-Aeropuerto

Fuente: Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana

4.2.1.5 Red de drenaje superficial

El trazado de la Autopista Rafael Urdaneta, en el tramo que se estudia pasa por los Municipios San Joaquín, Mariara, Los Guayos y Valencia. En sentido Este - Oeste, se encuentra gran parte de la red de drenaje natural afluyente por el Norte de la cuenca del Lago de Valencia. Algunos de los cauces que constituyen la red son cruzados por la Autopista antes de su descarga en el Lago de Valencia, otros entregan sus aportes a su cuerpo receptor aguas arriba del trazado de la Autopista o forman parte del entorno de los distribuidores. A esta Red de los cauces principales identificados en cada uno de los Municipio pertenecen los siguientes:

En el Municipio San Joaquín todos al Este del Distribuidor Palmarejo se encuentran la quebrada Chacao al Oeste de la Urbanización La Pradera, que nace en la Fila El Toco a unos 760 msnm, el Río El Ereigüe cuyo cruce de la carretera nacional se ubica al Oeste de la población de San Joaquín y la quebrada Carabalís que cruza la carretera nacional a una de distancia de 1850 metros aproximados de la entrada de la vialidad colindante con la urbanización La Pradera. Dicho curso natural nace al norte de la Autopista Regional del Centro en la denominada Fila “La Mujiquera” a una altura de 800 msnm. Por las características de la zona se provee que las descargas de drenaje del Distribuidor Palmarejo puedan ser incorporadas a esta quebrada para luego ir hacia el Lago de Valencia. El drenaje principal tiene dirección Norte – Sur, mientras que la red secundaria discurre en dirección Nor Oeste – Este, con pendientes por el orden del 0.23 %.

El cauce de la quebrada en el sitio de puente de la carretera Nacional presenta una sección hidráulica suficiente y de conversaciones sostenidas con vecinos de la zona no se reportan desbordamientos de la misma o problemas de inundaciones en el entorno, sin embargo la evaluación de las alcantarillas que reciben los brazos secundarios de esta quebrada se encuentra en situación no operativa y deben ser evaluadas para considerar su sustitución con la construcción del Distribuidor Palmarejo. Siguiendo con el recorrido, ya en el Municipio Guacara, se encuentran los cauces del Río Guacara, Caño El Nepe y Caño Los Dividives. El primero

cruza la autopista, mientras que los dos caños se unen en una zona común de desparramamiento de la que luego parte un tramo de cauce que cruza también la vialidad propuesta antes de su descarga final al Lago de Valencia y que se conoce como Caño Los Dividives.

En cuanto al comportamiento de los gastos medios, máximos y mínimos no se pueden presentar resultados por no existir en la zona Estaciones Hidrométricas, sin embargo se tiene la referencia del Estudio realizado para el Río Guacara con los datos de la Estación Guacara Autopista, en el Proyecto del Ferrocarril Valles del Tuy – Puerto Cabello y los datos de diseño de la rectificación del Caño El Nepe estimados en el Estudio Integral realizado en el año 1993

Caudal medio, máximo y mínimo del Río Guacara en Puente Autopista

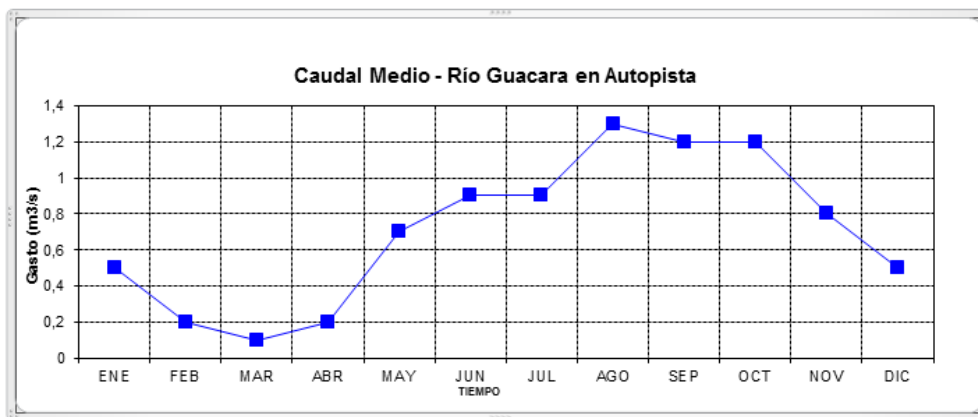


Figura 32: Caudal medio del Río Guacara en Puente Autopista
Fuente EIA del Sistema Ferroviario de la Región Central TramoTuy Medio – Puerto Cabello.
Enero 2002. Instituto Autónomo de Ferrocarriles del Estado-Consortio Hidroambiente –
Nouel – Matute.

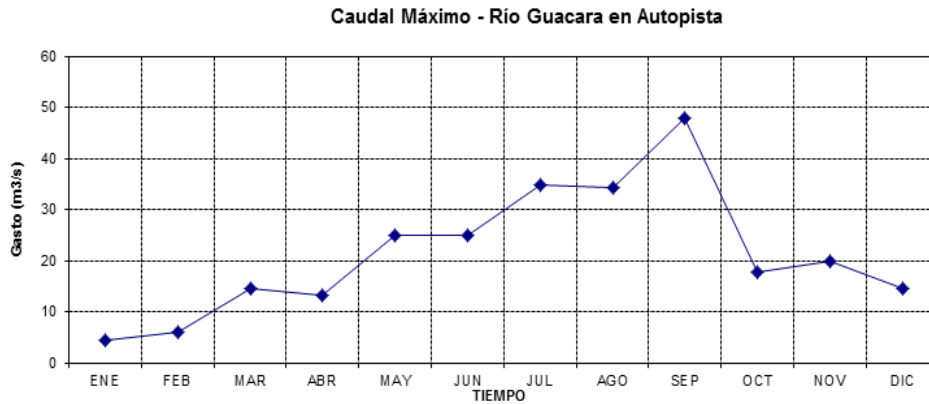


Figura 33: Caudal máximo del Río Guacara en Puente Autopista
 Fuente EIA del Sistema Ferroviario de la Región Central TramoTuy Medio – Puerto Cabello.
 Enero 2002. Instituto Autónomo de Ferrocarriles del Estado-Consortio Hidroambiente –
 Nouel – Matute.

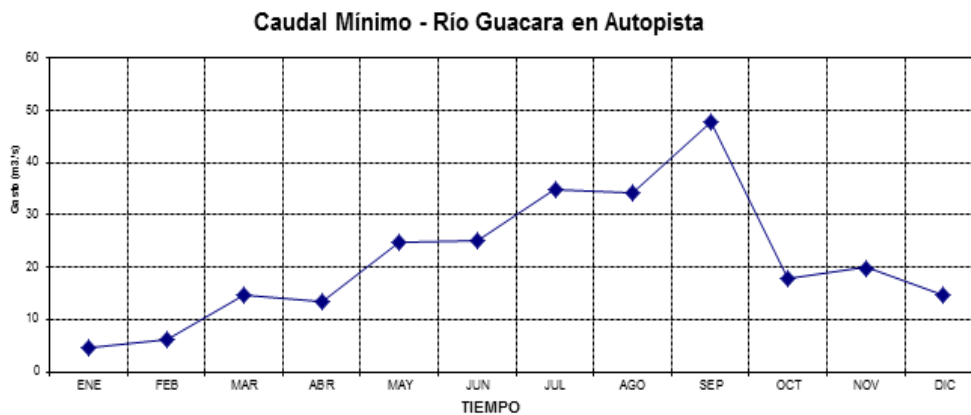


Figura 34: Caudal mínimo del Río Guacara en Puente Autopista
 Fuente EIA del Sistema Ferroviario de la Región Central TramoTuy Medio – Puerto Cabello.
 Enero 2002. Instituto Autónomo de Ferrocarriles del Estado-Consortio Hidroambiente –
 Nouel – Matute.

Las informaciones que se tienen para la red de drenaje y cuenca del Caño Los Dividives es la siguiente: El brazo principal nace en la Fila de Maco Maco en el Municipio Guacara al Sur de la Cordillera de la Costa a una altura que sobrepasa los 1000 msnm, , discurre paralelo a la Variante de Bárbula pasando entre la población de Yagua y la Planta de llenado de PDVSA, pasa lateralmente por el Oeste al sector los Naranjillos, cruza la Carretera Nacional y se convierte en lindero Este de Ciudad

Alianza, en todo este trayecto recibe el nombre de Caño El Nepe, en su recorrido recibe al Caño Paraparal y el brazo de los Dividives. Tiene una longitud de recorrido aproximada hasta el punto de cruce con la Autopista Rafael Urdaneta de 20.3 Kms. Sus características se resumen en el siguiente cuadro

Características generales del caño los Dividives

TRIBUTARIO	AREA DE CUENCA (HAS)	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C PROM	LONGITUD Hasta sitio de confluencia (km)
Caño El Nepe	2785	0.51	17.25
Caño Paraparal	995		13.23
Brazo Los Dividives	1260		18.75
Caño Los Dividives	5400		20.25

Tabla 17: Estudio hidrológico integral Caño Los Dividives

Fuente: Ing. Emerly Castillo / 1993

Gastos máximos Caño los Dividives (m3/seg)
Estimados para el sitio de cruce de la autopista y diferentes períodos de retorno TR (años)

SITIO/TR(AÑOS)	2	5	10	25	50	100
CAÑO LOS DIVIDIVES EN SITIO DE CRUCE	49.65	74.47	99.30	124.12	143.98	153.92

Tabla 18: Gastos máximos Caño Los Dividives

Fuente: Ing. Emerly Castillo / 1993

En el recorrido Este Oeste, la siguiente cuenca corresponde al Río Los Guayos que discurre por tres municipios: San Diego, Valencia y Los Guayos, y se forma en el Municipio San Diego con la confluencia de los Ríos Cúpira y San Diego, continúa su recorrido de Norte a Sur aguas abajo del Aeropuerto de Valencia en el Municipio. Valencia recibe la quebrada Quigua y descarga en el Lago de Valencia.

De los cursos naturales evaluados en este tramo es el de mayor caudal durante todo el año y también es el de mayor carga de efluentes contaminantes de todo tipo: industriales, domésticos y agroquímicos.

De los afluentes del Río Los Guayos, Río Cúpira y Río San diego nacen en la zona de la Cumaca en el Parque Nacional San Esteban al Sur de la Cordillera de la Costa por encima de los 1500 msnm sus pendientes varían entre altas, suaves y despreciables. El problema más severo es la carga de sedimentos que arrastra producto del proceso de lavado de arena que efectúan aguas arriba de la Variante Bárbula. La sección hidráulica de este Río fue mejorada y ampliada desde el año 2004 para controlar y reducir los desbordamientos frecuentes sobre las áreas en desarrollo urbanístico en ambas márgenes.

**Gastos máximos Río Cúpira (m³/seg)
Estimados para el sitio antes de la confluencia con el río San Diego y
diferentes períodos de retorno TR (años)**

SITIO/TR(AÑOS)	5	10	25	50	100
RIO CÚPIRA ANTES DE LA CONFLUENCIA CON EL RÍO SAN DIEGO		68.39	80.77	116.73	139.79

Tabla 19: Gastos máximos Río Cúpira

Fuente: Ing. Emerly Castillo / 2002

El otro afluente del río Los Guayos, por el Este es el Río San Diego, con condiciones hidráulicas muy distintas al Cúpira, su capacidad de cauce es mayor, no

ha sido rectificado y a partir de su confluencia con el Cúpira, lo cual se produce dentro del municipio. San Diego aguas arriba de la Autopista Regional del Centro. El discurrir de estos ríos antes y después de la confluencia tiene sentido Norte – Sur en este tramo reciben pocas descargas domésticas y menos industriales. El bosque de Galería del Río San Diego es un corredor de la fauna que baja de la Fila de Maco Maco y del parque San Esteban. Corredor éste que fue interrumpido por la Variante de Bárbula especialmente para las especies de tierra.

**Gastos máximos río San Diego (m³/seg)
Estimados para el sitio antes de la confluencia con el río Cúpira y
diferentes períodos de retorno TR (años)**

SITIO/TR(AÑOS)	5	10	25	50	100
RIO SAN DIEGO ANTES DE LA CONFLUENCIA CON EL RÍO CÚPIRA		62.23	73,50	106.22	127.20

Tabla 20: Gastos máximos Río San Diego

Fuente: Ing. Emerly Castillo / 2002

**Gastos máximos río Los Guayos (m³/seg)
Estimados para el sitio después de la confluencia de Cúpira y San Diego y
diferentes períodos de retorno TR (años)**

SITIO/TR(AÑOS)	5	10	25	50	100
RIO LOS GUAYOS DSPUES DE LA CONFLUENCIA CÚPIRA SAN DIEGO		106.68	126,50	181,63	217,50

Tabla 21: Gastos máximos Río Los Guayos

Fuente: Ing. Emerly Castillo / 2002

Con los aportes descritos el Río Los Guayos cruza la Autopista Regional del Centro y continúa su recorrido aguas abajo como divisoria física de los municipios Los Guayos y Valencia, recorrido que hace a lo largo del sector

industrial del municipio Valencia, pasa por el centro urbano del pueblo de Los Guayos y continúa hacia el Sur para descargar en el Lago de Valencia.

La Quebrada. Quigua es el brazo Oeste del Río Los Guayos el cual descarga aguas abajo del Aeropuerto Arturo Michelena de Valencia. Esta quebrada le aporta un caudal importante al Río antes de la descarga en el Lago, caudal de agua y de efluentes industriales, siendo el cauce que más carga de contaminantes recibe en todo el estado Carabobo.

Quebrada Quigua nace en el Oeste del municipio San Diego en la Fila El Orégano, en su recorrido de Norte a Sur, recibe las descargas de aguas de lluvia de los sectores industriales de los municipios San Diego y Valencia, entre ellos las zonas Industriales Castillito, La Quizanda, Zona Industrial Municipal Norte, Industrial Carabobo, El Recreo además de amplios sectores residenciales como son la Isabelica, La Quizanda y Parque Valencia entre otros. A la fecha está quebrada recibe además de muchas descargas directas de efluentes industriales, muchas descargas domésticas de los sectores de más bajos recursos por donde cursa, sin conexión a los colectores que van a la Planta de Tratamiento de Los Guayos.

Gastos máximos quebrada Quigua (m³/seg) Estimados para el sitio antes de la confluencia con el río los Guayos y diferentes períodos de retorno TR (años)

SITIO/TR(AÑOS)	2	5	10	25	50	100
QDA QUIGUA ANTES DE LA DESCARGA A RIO LOS GUAYOS		102.86	128.20	161.02	183.77	206.30

Tabla 22: Gastos máximos Qda. Quigua

Fuente: Ing. Emerly Castillo / 1998

En el recorrido de evaluación de las condiciones actuales se constató que además de los efluentes la quebrada está siendo utilizada en algunos tramos de su recorrido para descargar desechos sólidos de origen doméstico, siendo el área más crítica el entorno del puente El Roble, que está funcionando como un vertedero a

cielo abierto. Esta situación debe ser mencionada por las implicaciones de tipo ambiental que genera aguas abajo, además de los problemas de salud pública sobre la población de su área de influencia.

En el caso del Río Guacara, Caño Los Dividives y Río Los Guayos, desde el punto de vista hidráulico, en la fase de anteproyecto, Proyecto, Ingeniería de Detalle y Construcción hay que hacer especial énfasis en los siguientes aspectos:

- Posible remanso producido por la descarga de los ríos en el Lago y sus efectos sobre las estructuras hidráulicas.
- Posible Proceso de Socavación regresiva sobre las bases de las estructuras hidráulicas de los puentes en los ríos mencionados.
- Producto de la misma situación de variación no controlada de los niveles es necesario considerar los posibles efectos que estas variaciones pueden producir sobre los niveles de las aguas subsuperficiales y en consecuencia sobre la estabilidad de las bases de las estructuras tanto hidráulicas como el pavimento.

Al Oeste del Lago de Valencia hay que considerar dos cauces que tienen recorrido Oeste - Este con descarga final al Lago: el Caño La Negra y Caño Central. La cuenca de Caño La Negra es colindante por el Sur con la cuenca de quebrada Quigua, nace en terrenos del Aeropuerto de Valencia y recolecta de norte a Sur las descargas de aguas de lluvia de aquellas urbanizaciones que se encuentran al Sur de dicho aeropuerto. Cruza la Bucarito – Güigüe en dos sitios y después de Samán Mocho continúa su recorrido Oeste – Este hasta El Lago.

El caño Central se genera con los aportes de agua de infiltración de las zonas anegadizas próximas al desparramadero del Paíto al Este de la cuenca del Río Pao. Este Caño Central se forma con la confluencia del caño El Charal y quebrada La Pezonera. Este cauce se utilizó en el año de 1978 para desviar las aguas del Río Cabriales hacia la cuenca endorreica del Lago de Valencia.

Hoy día después del retorno del Cabrales a su curso natural regresa a su comportamiento originario con algunas descargas de efluentes de origen doméstico recibidos en el recorrido. Estos dos cursos tienen características similares en cuanto a la carga de contaminantes que transportan hacia el Lago, efluentes de origen doméstico y agroquímicos de los cultivos de caña de azúcar que surcan en su recorrido. En referencia a lo antes descrito se procede a realizar los cálculos pertinentes para el diseño.

4.2.1.6 Periodo de Retorno.

La confiabilidad del diseño, está representada por la probabilidad que no falle la estructura durante el transcurso de su vida útil, considera el hecho que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante la vida útil, es por ello que la elección del periodo de retorno debe ser el más apropiado ya que este va directamente asociado al costo final, como a la funcionalidad de la obra, en base a lo antes expuesto y según presente tabla, para dicho proyecto se adoptara un periodo de retorno de diez años.

OBRA	PERIODO DE RETORNO (años)
Estructuras provisionales en zanja	5
Drenaje longitudinal, cunetas, etc...	5 - 10
Estructuras semipermanentes	10
Terrazas de desagüe	10
Pequeñas estructuras permanentes	15 - 20
Terrazas de absorción, aliviaderos	20
Grandes estructuras permanentes	50 - 100

Tabla 23: Periodos de retorno típicos para obras hidráulicas

Fuente: Universidad de Salamanca, Departamento de Hidráulica

PERIODOS DE RETORNO						
SITIO/tr (años)	2	5	10	25	50	100
Caño Los Dividives	49	74.47	99.30	124.12	143.98	153.92
Rio Los Guayos			106.68	126.50	181.63	217.50

Tabla 24: Periodos de retorno de los cauces que cruzan la vía

Fuente: Rincon S. Base de datos Ing. Emerly Castillo / 1998

4.2.1.6 Delimitación del Perfil Longitudinal por Cambio de Pendiente.

Se delimita el perfil longitudinal en los cambios de pendientes, es decir se evalúan los puntos más altos para efectos de establecer el sentido de flujo, se establece el criterio de considerar la variación de pendientes en los tramos de estudios. Con lo cual es necesario obtener la información planialtimétrica de la vialidad, ello se pudo obtener con el apoyo de Google Earth y Global Mapper como herramientas. Debido a la cantidad de información para efectos de una mejor comprensión y disposición de los resultados del presente trabajo de investigación se refleja el estudio de un tramo tipo, estableciendo que los tramos restantes se encuentran en Apéndice destinado para mostrar la totalidad de los tramos.

TRAMO 1-2-3					
DATOS TOPOGRÁFICOS					
Progresiva	Latitud	Longitud	Cotas	Distancia (m)	Dist. Acum
25+150	10.148652	-67.905392	433,021	0	0
25+172,667	10.148800	-67.905248	432,975	22,667	22,667
25+201	10.148984	-67.905069	428,808	28,333	51,000
25+229,333	10.149168	-67.904889	426,648	28,333	79,333
25+257,67	10.149352	-67.904709	425,626	28,337	107,670
25+286	10.149537	-67.904530	423,629	28,330	136,000
25+314,33	10.149721	-67.904350	422,550	28,330	164,330
25+342,67	10.149905	-67.904170	423,813	28,340	192,670
25+371	10.150089	-67.903991	426,446	28,330	221,000
25+399,330	10.150273	-67.903811	428,314	28,330	249,330
25+327,7670	10.150458	-67.903631	426,677	28,340	277,670
25+450,630	10.150607	-67.903486	426,962	22,960	300,630
25+478,670	10.150787	-67.903305	428,278	28,040	328,670
25+507	10.150968	-67.903123	427,326	28,330	357,000
25+535,33	10.151150	-67.902941	425,059	28,330	385,330
25+563,67	10.151331	-67.902758	424,671	28,340	413,670
25+592	10.151513	-67.902576	425,012	28,330	442,000
25+620,34	10.151694	-67.902394	426,654	28,340	470,340
25+548,67	10.151876	-67.902211	429,521	28,330	498,670
25+677	10.152058	-67.902029	432,265	28,330	527,000
25+705,34	10.152239	-67.901846	430,773	28,340	555,340
25+733,67	10.152421	-67.901664	429,050	28,330	583,670
25+762	10.152602	-67.901482	426,305	28,330	612,000
25+790,34	10.152784	-67.901299	423,531	28,340	640,340
25+818,67	10.152966	-67.901117	424,583	28,330	668,670
25+847	10.153147	-67.900935	425,469	28,330	697,000
25+875,34	10.153329	-67.900752	424,338	28,340	725,340
25+903,67	10.153510	-67.900570	423,284	28,330	753,670
25+932	10.153692	-67.900388	422,874	28,330	782,000
25+954,67	10.153837	-67.900242	421,865	22,670	804,670
25+966	10.153910	-67.900169	421,227	11,330	816,000
25+977,34	10.153983	-67.900097	420,590	11,340	827,340
25+988,67	10.154056	-67.900024	420,192	11,330	838,670
25+994,34	10.154093	-67.899988	420,084	5,670	844,340
26+000	10.154129	-67.899951	420,063	5,660	850,000

Tabla 25: Data topográfica tramo1-2-3

Fuente: Rincon S. Base Globber Mapper.

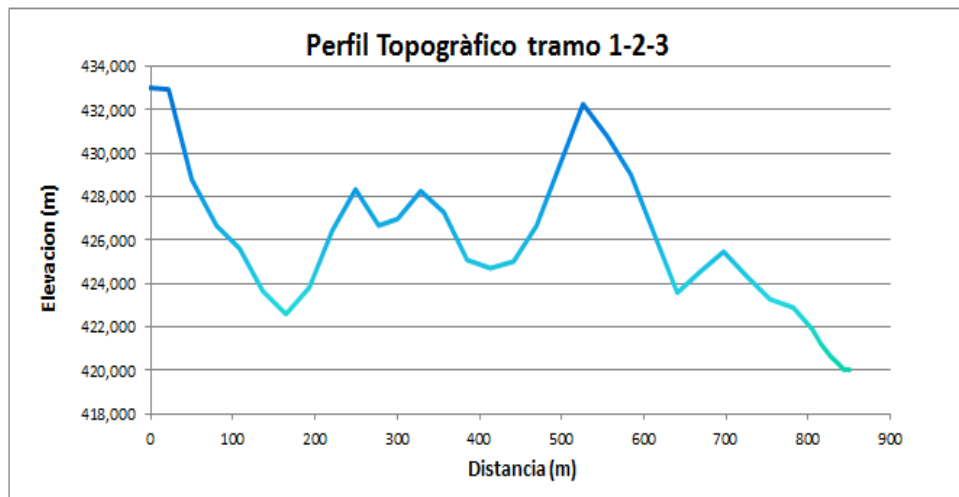


Figura 35: Perfil topográfico tramo1-2-3

Fuente: Rincon S. Base Globber Mapper.

TRAMO 1-2-3					
CALCULOS DE LA VARIACION DE PENDIENTES					
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	% pendientes	Pendientes m/m
25+150	433,021	0	0		
25+172,667	432,975	22,667	22,667	-0,203	-0,0020
25+201	428,808	28,333	51,000	-14,707	-0,1471
25+229,333	426,648	28,333	79,333	-7,624	-0,0762
25+257,67	425,626	28,337	107,670	-3,607	-0,0361
25+286	423,629	28,330	136,000	-7,049	-0,0705
25+314,33	422,550	28,330	164,330	-3,809	-0,0381
25+342,67	423,813	28,340	192,670	4,457	0,0446
25+371	426,446	28,330	221,000	9,294	0,0929
25+399,330	428,314	28,330	249,330	6,594	0,0659
25+327,7670	426,677	28,340	277,670	-5,776	-0,0578
25+450,630	426,962	22,960	300,630	1,241	0,0124
25+478,670	428,278	28,040	328,670	4,693	0,0469
25+507	427,326	28,330	357,000	-3,360	-0,0336
25+535,33	425,059	28,330	385,330	-8,002	-0,0800
25+563,67	424,671	28,340	413,670	-1,369	-0,0137
25+592	425,012	28,330	442,000	1,204	0,0120
25+620,34	426,654	28,340	470,340	5,794	0,0579
25+548,67	429,521	28,330	498,670	10,120	0,1012
25+677	432,265	28,330	527,000	9,686	0,0969
25+705,34	430,773	28,340	555,340	-5,265	-0,0526
25+733,67	429,050	28,330	583,670	-6,082	-0,0608
25+762	426,305	28,330	612,000	-9,689	-0,0969
25+790,34	423,531	28,340	640,340	-9,788	-0,0979
25+818,67	424,583	28,330	668,670	3,713	0,0371
25+847	425,469	28,330	697,000	3,127	0,0313
25+875,34	424,338	28,340	725,340	-3,991	-0,0399
25+903,67	423,284	28,330	753,670	-3,720	-0,0372
25+932	422,874	28,330	782,000	-1,447	-0,0145
25+954,67	421,865	22,670	804,670	-4,451	-0,0445
25+966	421,227	11,330	816,000	-5,631	-0,0563
25+977,34	420,590	11,340	827,340	-5,617	-0,0562
25+988,67	420,192	11,330	838,670	-3,513	-0,0351
25+994,34	420,084	5,670	844,340	-1,905	-0,0190
26+000	420,063	5,660	850,000	-0,371	-0,0037

Tabla 26: Variación de pendientes tramo 1-2-3

Fuente: Rincon S. Base GLOBE Mapper.

Los cálculos restantes de los demás tramos se encuentran en apéndice C

4.2.1.7 Dirección del Sentido de Drenaje.

Para la realización de este cálculo ya definido el perfil longitudinal, se obtiene la variación de las pendientes, para con ello saber la dirección del sentido del flujo de agua que escurrirá en cada tramo, presentando en la tabla el estudio del primer tramo, ver apéndices para los demás cálculos de los siguientes tramos de la vialidad se realizó según la siguiente expresión:

$$S = \frac{\dots}{L}$$

Dónde:

S: pendiente media

L: longitud total de cada tramo (m)

La ubicación del subdrenaje, debe ser de tal manera que intercepten el agua lo más perpendicularmente 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 efectos de proyecto se consideró según expresión antes mostrada ya que no se posee información de la pendiente bombeo del proyecto de la vialidad.

TRAMO 1-2-3						
CALCULOS PARA LA DIRECCION DEL SENTIDO DEL FLUJO EN LA VIA						
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	Pte %	Pte m/m	Pte Media
25+150	433,021	0	0			
25+172,667	432,975	22,667	22,667	-0,203	-0,0020	-0,02975113
25+201	428,808	28,333	51,000	-14,707	-0,1471	
25+229,333	426,648	28,333	79,333	-7,624	-0,0762	
25+257,67	425,626	28,337	107,670	-3,607	-0,0361	
25+286	423,629	28,330	136,000	-7,049	-0,0705	
25+314,33	422,550	28,330	164,330	-3,809	-0,0381	
25+342,67	423,813	28,340	192,670	4,457	0,0446	
25+371	426,446	28,330	221,000	9,294	0,0929	
25+399,330	428,314	28,330	249,330	6,594	0,0659	-0,00429086
25+327,7670	426,677	28,340	277,670	-5,776	-0,0578	
25+450,630	426,962	22,960	300,630	1,241	0,0124	
25+478,670	428,278	28,040	328,670	4,693	0,0469	
25+507	427,326	28,330	357,000	-3,360	-0,0336	
25+535,33	425,059	28,330	385,330	-8,002	-0,0800	
25+563,67	424,671	28,340	413,670	-1,369	-0,0137	
25+592	425,012	28,330	442,000	1,204	0,0120	
25+620,34	426,654	28,340	470,340	5,794	0,0579	-0,00348714
25+548,67	429,521	28,330	498,670	10,120	0,1012	
25+677	432,265	28,330	527,000	9,686	0,0969	
25+705,34	430,773	28,340	555,340	-5,265	-0,0526	
25+733,67	429,050	28,330	583,670	-6,082	-0,0608	
25+762	426,305	28,330	612,000	-9,689	-0,0969	
25+790,34	423,531	28,340	640,340	-9,788	-0,0979	
25+818,67	424,583	28,330	668,670	3,713	0,0371	
25+847	425,469	28,330	697,000	3,127	0,0313	
25+875,34	424,338	28,340	725,340	-3,991	-0,0399	
25+903,67	423,284	28,330	753,670	-3,720	-0,0372	
25+932	422,874	28,330	782,000	-1,447	-0,0145	
25+954,67	421,865	22,670	804,670	-4,451	-0,0445	
25+966	421,227	11,330	816,000	-5,631	-0,0563	-0,00212
25+977,34	420,590	11,340	827,340	-5,617	-0,0562	
25+988,67	420,192	11,330	838,670	-3,513	-0,0351	
25+994,34	420,084	5,670	844,340	-1,905	-0,0190	
26+000	420,063	5,660	850,000	-0,371	-0,0037	

Tabla 27: Sentido de flujo tramo1-2-3

Fuente: Rincon S.

Los cálculos restantes de los demás tramos se encuentran en apéndice C

4.2.1.8 Tiempo de Concentración.

Tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüé. Comúnmente el tiempo de concentración se define como, el tiempo que tarda una partícula de agua caída en el punto más alejado de la cuenca hasta la salida del desagüé.

Tomando en cuenta lo antes descrito en el marco teórico, considerando una diferencia de longitud en el recorrido del agua como un promedio para cada sub tramo de la vía, se obtiene la siguiente tabla:

TRAMO 1-2-3					
CALCULOS PARA TIEMPO DE CONCENTRACION SUPERFICIAL Tcs (min)					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Pte Media	ΔL	Tcs (min)
25+150	25+371	221,000	0,029751	25	0,362
25+371	25+563,67	192,670	0,004291		0,954
25+563,67	25+954,67	391,000	0,003487		1,058
25+954,67	26+000	45,330	0,002120		1,357
CALCULOS PARA TIEMPO DE VIAJE Tv (min)					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Pte Media	Vpm	Tv (min)
25+150	25+371	221,000	0,029751	0,172485	4,819
25+371	25+563,67	192,670	0,004291	0,065505	9,137
25+563,67	25+954,67	391,000	0,003487	0,059052	17,067
25+954,67	26+000	45,330	0,002120	0,046043	3,934
CALCULOS PARA TIEMPO DE CONCENTRACION Tc = Tcs + Tv					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
25+150	25+371	221,000	0,362	4,819	5,181
25+371	25+563,67	192,670	0,954	9,137	10,091
25+563,67	25+954,67	391,000	1,058	17,067	18,125
25+954,67	26+000	45,330	1,357	3,934	5,291

Tabla 28: Tiempo de concentración tramo 1-2-3

Fuente: Rincon S.

Los cálculos restantes de los demás tramos se encuentran en apéndice C

4.2.1.9 Caudal de Diseño Total.

En base a lo antes mencionado en el marco teórico, se tomará en cuenta la estimación del caudal total como la del caudal generado por infiltración más el caudal

de abatimiento del nivel freático, por consiguiente para el cálculo del caudal por infiltración en referencia a la tabla (n° 24) se pudo obtener el valor de la precipitación máxima horaria de frecuencia anual registrada en la zona (I_R) para los tramos comprendidos desde las progresivas 25+150 a 26+391 de se consideró 106,68 mm/h, para los tramos restantes 99,30 mm/h todo esto para un periodo de retorno de diez años tabla (n° 23) y por ser este un proyecto que aún no se ejecuta se consideró un tipo de carpeta asfáltica normalmente conservada un factor de infiltración (F_i) de 0.4 y un factor de retención de la base de 1/3. la sección de la vialidad consta de 3 canales por sentido, y una isla central de 20 metros, por otra parte la distancia entre taquillas de descarga 50 metros, garantizando así uniformidad en el sistema de drenaje para cada tramo.

Entonces:

$$I_{R1} = \frac{\text{---}}{\text{---}} = 0.000029633 \text{ m/s}$$

$$I_{R2} = \frac{\text{---}}{\text{---}} = 0.000027583 \text{ m/s}$$

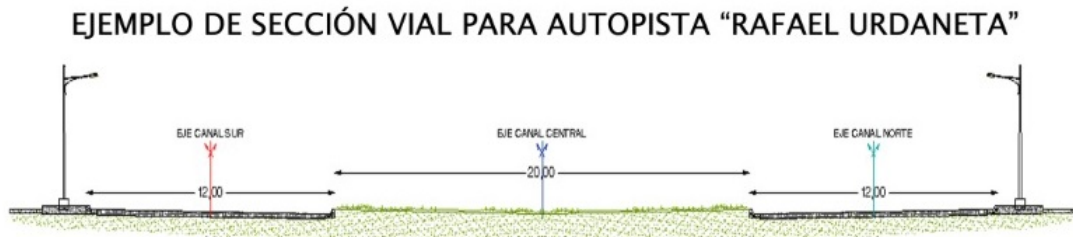


Tabla 36: Sección transversal de la vía

Fuente: Rincon S.

TRAMO 1-2-3								
Caudal por infiltracion Qinf								
Tramo	Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	lr (m/s)	B (m)	Fi	Fr	Qinf (m3/s)
1	25+150	25+371	50,000	2,963E-05	6	0,400	0,33	1,185E-03
2	25+371	25+563,67	50,000					1,185E-03
3	25+563,67	25+954,67	50,000					1,185E-03
4	25+954,67	26+000	50,000					1,185E-03

Tabla 29: Caudal de infiltración

Fuente: Rincon S.

Los cálculos restantes de los demás tramos se encuentran en apéndice C

El cálculo del caudal de abatimiento del nivel freático, no se consideró dado a que en los sondeos realizados por la Asociación Cooperativa PERFOCA, no se detectó nivel freático. Por lo tanto el caudal de diseño quedaría como se ilustra en la siguiente tabla.

GASTO TOTAL SUBDRENAJE TIPO			
TRAMO	Qinf (m3/s)	QNf (m3/s)	Qtotal (m3/s)
1-2-3	4,74E-03	0,00	4,74E-03
4-5-6-7	5,68E-03	0,00	5,68E-03
8-9-10	8,83E-03	0,00	8,83E-03
11-12-13-14	8,83E-03	0,00	8,83E-03
15-16-17	6,62E-03	0,00	6,62E-03

Tabla 30: Caudal total de diseño por tramos

Fuente: Rincon S.

Los cálculos restantes de los demás tramos se encuentran en apéndice C.

4.3 Analizar sistemas de subdrenaje que cumplan con las expectativas, antes propuestas:

La garantía en cuanto a la durabilidad de un proyecto, viene dado en asegurar que su fase inicial, cumpla con una precisión en sus estimaciones permitiendo cumplir de manera satisfactoria con las necesidades presentes. Así mismo cada proyecto debe

pasar por una correcta toma de decisión donde se evidencie que este será rentable y duradero.

4.3.1. Elección de los Tipos de Subdrenaje a emplear

Para lograr el buen diseño de un subdrenaje se debe tener en cuenta aspectos fundamentales como las características topográficas, geotécnicas, hidrológicas e hidráulicas, ya antes analizadas, y considerando las diferentes alternativas para sistemas de subdrenajes en proyectos viales como lo son, el sistema longitudinal y el sistema transversal.

Al hablar del sistema de subdrenaje longitudinal se hace referencia a que es el encargado de captar los flujos que convergen horizontalmente y en dirección paralela a la vía, este sistema consta de dos alternativas la primera es el dren francés conformado por un medio filtrante de geotextil y un medio drenante de material granular tipo grava que conduce el agua captada hacia una tubería de drenaje, la segunda opción es el sistema de subdrenaje con geodren que es un compuesto conformado por un material filtrante en geotextil y una geored como material drenante que descarga a la tubería de drenaje.

El sistema de subdrenaje transversal consiste en la captación de los flujos de aguas ascendentes y en su conducción hacia el sistema de subdrenaje longitudinal, adicionalmente este sistema evita el acceso de agua hacia las capas de la estructura de pavimento. Este sistema consta de dos alternativas, una es los geotextiles planares que conducen el agua horizontalmente gracias a sus propiedades de transmisibilidad, y la segunda los geodrenes, estos son geocompuestos similares a los utilizados en el sistema de subdrenaje longitudinal altamente resistente a la compresión y que conducen el agua hacia este sistema.

Para garantizar un adecuado manejo de las aguas subsuperficiales en este proyecto se consideran dos combinaciones de los sistemas de subdrenaje longitudinal y transversal antes mencionados.

- 1) Utilizar geodren como sistemas de subdrenaje longitudinal y geotextil como sistema de drenaje trasversal

- 2) Utilizar dren Francés con tubería perforada como sistemas de subdrenaje longitudinal y geotextil como sistema de drenaje transversal.

Cabe destacar que el geodrén vial es un sistema integral de captación, conducción y evacuación de fluidos que está compuesto por un Geotextil No Tejido, una red drenante y tubería de PVC corrugada de drenaje. Es una alternativa al sistema de drenaje tradicional o filtro francés, donde la red drenante y la tubería cumplen la función de drenaje, mientras el Geotextil actúa como elemento de filtración.

Por otra parte el dren francés es un sistema de subdrenaje conformado por una excavación, la colocación de un geotextil como medio de filtro y un medio drenante conformado por gravas o arenas y en la parte inferior una tubería de PVC para evacuar el agua captada.

En virtud de lo antes expuesto se tomó como sistema de drenaje la combinación dos, que consta de un dren Francés con tubería PVC perforada como sistema de subdrenaje longitudinal y un geotextil no tejido como sistema de drenaje trasversal. Razón que se justificara a través de los cálculos en los cuales 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, para dar funcionalidad a dicho sistema se depende de las propiedades de este material y su buen comportamiento en el medio. 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 un 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.

Una vez obtenido los cálculos del caudal de diseño se calculan las dimensiones del dren tomando en consideración que dichas medidas cumplan con los requisitos mínimos de maniobra para la ejecución. 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.

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

Q_{Total} : Caudal total

V : Velocidad de flujo, depende absolutamente de la pendiente longitudinal y el material drenante. (Ver Figura 37)

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.

El mecanismo a aplicar corresponde a considerar el tipo de material drenante, con ello se emplea la Figura (n° 37) teniendo como dato de entrada la pendiente del dren, para efectos iniciales corresponde a la pendiente del tramo de vialidad se intercepta con la línea del material drenante escogido y se puede determinar la Velocidad de flujo

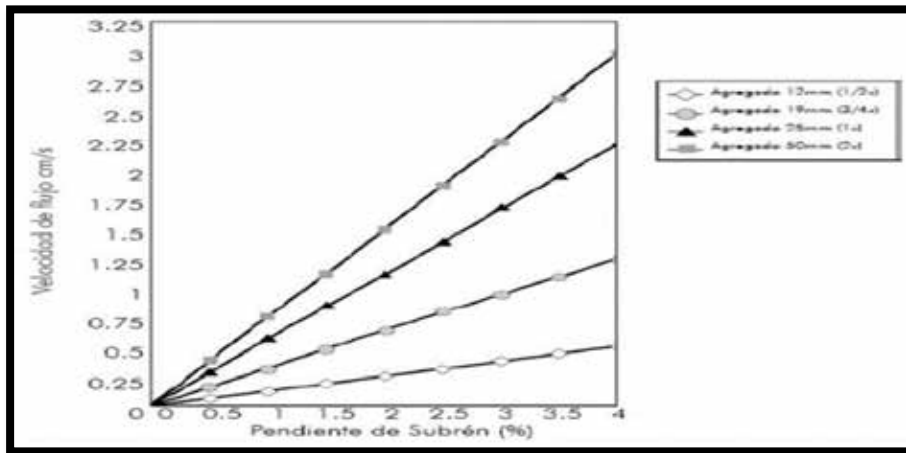


Figura 37: Velocidad de flujo de acuerdo a la pendiente del subdrén y el material drenante

Fuente: PAVCO (2012)

TRAMO 1-2-3							
CALCULOS DEL AREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE							
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	% pendientes	V (m/s)	i	Qt	Area (m2)
25+150	433,021						
25+172,667	432,975	22,667	-0,203	0,0015	1,00	0,00474	3,16
25+201	428,808	28,333	-14,707	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+229,333	426,648	28,333	-7,624	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+257,67	425,626	28,337	-3,607	0,0126	1,00	0,00474	0,38
25+286	423,629	28,330	-7,049	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+314,33	422,550	28,330	-3,809	0,0128	1,00	0,00474	0,37
25+342,67	423,813	28,340	4,457	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+371	426,446	28,330	9,294	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+399,330	428,314	28,330	6,594	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+327,7670	426,677	28,340	-5,776	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+450,630	426,962	22,960	1,241	0,0045	1,00	0,00474	1,05
25+478,670	428,278	28,040	4,693	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+507	427,326	28,330	-3,360	0,0075	1,00	0,00474	0,63
25+535,33	425,059	28,330	-8,002	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+563,67	424,671	28,340	-1,369	0,0047	1,00	0,00474	1,01
25+592	425,012	28,330	1,204	0,0045	1,00	0,00474	1,05
25+620,34	426,654	28,340	5,794	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+548,67	429,521	28,330	10,120	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+677	432,265	28,330	9,686	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+705,34	430,773	28,340	-5,265	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+733,67	429,050	28,330	-6,082	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+762	426,305	28,330	-9,689	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+790,34	423,531	28,340	-9,788	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+818,67	424,583	28,330	3,713	0,0127	1,00	0,00474	0,37
25+847	425,469	28,330	3,127	0,0060	1,00	0,00474	0,79
25+875,34	424,338	28,340	-3,991	0,0129	1,00	0,00474	0,37
25+903,67	423,284	28,330	-3,720	0,0127	1,00	0,00474	0,37
25+932	422,874	28,330	-1,447	0,0049	1,00	0,00474	0,97
25+954,67	421,865	22,670	-4,451	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+966	421,227	11,330	-5,631	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+977,34	420,590	11,340	-5,617	0,0130	1,00	0,00474	0,36
25+988,67	420,192	11,330	-3,513	0,0125	1,00	0,00474	0,38
25+994,34	420,084	5,670	-1,905	0,0070	1,00	0,00474	0,68
26+000	420,063	5,660	-0,371	0,0013	1,00	0,00474	3,65

Tabla 31: Calculo de área transversal de la zanja de drenaje tramo 1-2-3
Fuente: Rincon s.

Los cálculos restantes de los demás tramos se encuentran en apéndice C.

4.3.3 Ancho y Profundidad de la zanja.

En el presente cálculo se estima un ancho de la zanja considerando tanto el ancho de la maquinaria tipo retroexcavadora y dejando un espacio para posibles altercados, el cual sería de 1m y luego se procedió a calcular la profundidad de la zanja.

TRAMO 1-2-3			
CALCULOS DEL DIMENSIONADO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE			
Progresiva	Area (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
25+150			
25+172,667	3,16	1,00	3,16
25+201	0,36	1,00	0,36
25+229,333	0,36	1,00	0,36
25+257,67	0,38	1,00	0,38
25+286	0,36	1,00	0,36
25+314,33	0,37	1,00	0,37
25+342,67	0,36	1,00	0,36
25+371	0,36	1,00	0,36
25+399,330	0,36	1,00	0,36
25+327,7670	0,36	1,00	0,36
25+450,630	1,05	1,00	1,05
25+478,670	0,36	1,00	0,36
25+507	0,63	1,00	0,63
25+535,33	0,36	1,00	0,36
25+563,67	1,01	1,00	1,01
25+592	1,05	1,00	1,05
25+620,34	0,36	1,00	0,36
25+548,67	0,36	1,00	0,36
25+677	0,36	1,00	0,36
25+705,34	0,36	1,00	0,36
25+733,67	0,36	1,00	0,36
25+762	0,36	1,00	0,36
25+790,34	0,36	1,00	0,36
25+818,67	0,37	1,00	0,37
25+847	0,79	1,00	0,79
25+875,34	0,37	1,00	0,37
25+903,67	0,37	1,00	0,37
25+932	0,97	1,00	0,97
25+954,67	0,36	1,00	0,36
25+966	0,36	1,00	0,36
25+977,34	0,36	1,00	0,36
25+988,67	0,38	1,00	0,38
25+994,34	0,68	1,00	0,68
26+000	3,65	1,00	3,65

Tabla 32: Calculo de la profundidad de la zanja de drenaje tramo 1-2-3

Fuente: Rincon s.

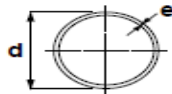
Para garantizar uniformidad al sistema de drenaje se tomara una profundidad de 0.9m. Los cálculos restantes de los demás tramos se encuentran en apéndice C.

4.3.4. Estimación del diámetro de la tubería a utilizar.

Este elemento es de gran importancia debido a que su principal función es la de recoger y evacuar el agua sobrante atraída mediante las capas drenantes. Generalmente la tubería es colocada horizontalmente en el borde del pavimento con una ligera pendiente para que el desagüe se produzca por gravedad. Actualmente se están empleando tuberías de polietileno o PVC; este tipo de tuberías han venido reemplazado a las anteriormente fabricadas con concreto o con metal debido a que son más económicas y ofrecen una mayor resistencia.

Para el dimensionado de la tubería se considerò un analisis según la ecuación de Manning para los distintos diámetros presentados (ver tabla n° 33)

Tubería para Aguas Negras
Longitud 3 mts
Norma COVENIN 656



Diámetro Nominal	Diámetro Exterior Promedio		Espesor de Pared Mínimo	
	(mm)	(mm)	(mm)	(Pulg)
50	50,10	1,97	1,80	0,07
75	75,15	2,96	1,80	0,07
110	110,15	4,34	2,20	0,09
160	160,20	6,31	3,20	0,13
200	200,20	7,88	4,00	0,16
250	250,25	9,85	4,90	0,19

Tabla 33: Diámetros por las Norma COVENIN 656

Fuente: Rincon S.

Ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1,49}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Dónde:

Q: Caudal total drenado (m³/s)

A: área de la sección transversal de la tubería en m².

—

n: coeficiente de rugosidad de Manning con un parámetro en función del material de 0.013 para tuberías perforadas tipo empleadas en sistema de subdrenajes (Manual PAVCO Geosintéticos Novena Edición, 2012)

R: radio hidráulico de la sección transversal de la tubería



S: pendiente del subdrenaje.

Realizado dicho cálculo se pudo observar el valor del caudal (Q) para la tubería PVC de 4" cumplía para el tramo comprendido entre los puntos 1,2 y 3.

TRAMO 1-2-3								
CALCULOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DEL SUBDRENAJE								
Progresiva	% Pdte	Qt (m3/s)	n	Φ (mm)	Area (m2)	Rh (m)	Qcap	Vc (m/s)
25+150								
25+172,667	-0,203						0,030	3,157
25+201	-14,707						0,255	26,877
25+229,333	-7,624						0,184	19,351
25+257,67	-3,607						0,126	13,309
25+286	-7,049						0,177	18,607
25+314,33	-3,809						0,130	13,677
25+342,67	4,457						0,141	14,795
25+371	9,294						0,203	21,366
25+399,330	6,594						0,171	17,996
25+327,7670	-5,776						0,160	16,844
25+450,630	1,241						0,074	7,808
25+478,670	4,693						0,144	15,183
25+507	-3,360						0,122	12,847
25+535,33	-8,002						0,188	19,825
25+563,67	-1,369						0,078	8,200
25+592	1,204						0,073	7,689
25+620,34	5,794						0,160	16,869
25+548,67	10,120	0,00474	0,013	110	0,009503	0,028	0,212	22,295
25+677	9,686						0,207	21,811
25+705,34	-5,265						0,153	16,080
25+733,67	-6,082						0,164	17,283
25+762	-9,689						0,207	21,815
25+790,34	-9,788						0,208	21,926
25+818,67	3,713						0,128	13,505
25+847	3,127						0,118	12,394
25+875,34	-3,991						0,133	14,000
25+903,67	-3,720						0,128	13,518
25+932	-1,447						0,080	8,431
25+954,67	-4,451						0,141	14,785
25+966	-5,631						0,158	16,631
25+977,34	-5,617						0,158	16,610
25+988,67	-3,513						0,125	13,135
25+994,34	-1,905						0,092	9,672
26+000	-0,371						0,041	4,269

Tabla 34: Calculo de estimación de diámetro la tubería

Fuente: Rincon S.

TRAMO 1-2-3									
CALCULO DE ESTIMACION DE DIAMETRO DE TUBERIA									
Φ (in)	Pendiente	Φ (mm)	Area (m ²)	n	S ^{1/2}	Rh	Rh ^{2/3}	Qcap (m ³ /s)	Qtt
2	0,14707	75	0,00441786	0,013	0,383	0,019	0,071	0,0092	0,00474
4	0,14707	110	0,00950332	0,013	0,384	0,028	0,091	0,0255	
6	0,14707	160	0,02010619	0,013	0,384	0,040	0,117	0,0694	
8	0,14707	200	0,03141593	0,013	0,384	0,050	0,136	0,1258	
10	0,14707	250	0,04908739	0,013	0,384	0,063	0,157	0,2281	

Tabla 35: Calculo del diseño de la tubería

Fuente: Rincon S.

Los cálculos restantes de los demás tramos se encuentran en apéndice C.

Consideraciones generales a tomar en cuenta respecto al empleo de tuberías perforadas, principalmente no conviene perforar la parte superior del tubo, pues esto favorece la entrada de partículas finas, tampoco es conveniente colocar perforaciones en la parte baja pues se propiciaría la salida del agua captada, cuando su velocidad disminuya o cuando se tenga un gasto bajo.

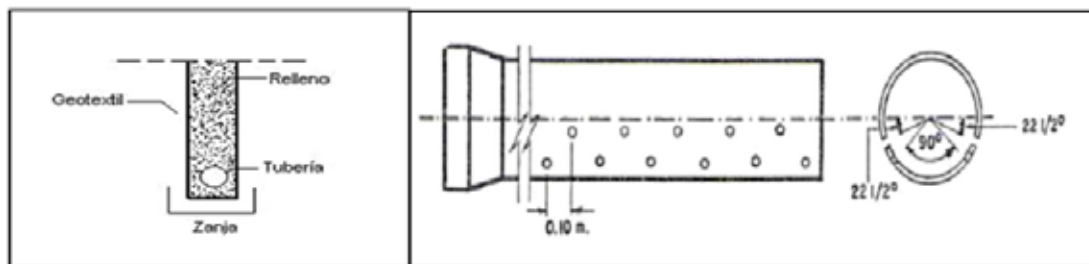


Figura 38: Perforación de la tubería de drenaje

Fuente: Rico Alfonso (2005)

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. Para la selección del geotextil hay que tener en cuenta la resistencia a la colmatación y durabilidad.

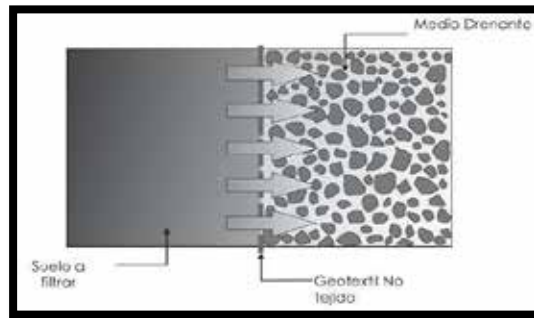


Figura 39: Paso del agua a través del sistema de filtración

Fuente: Manual PAVCO (2012)

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 (TAA)**

Este criterio asegura que las aberturas sean lo suficientemente pequeñas para evitar la migración del suelo hacia el medio drenante o hacia donde 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:

$$TAA < D_{85} * B$$

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 partículas (mm) corresponde al 85% de suelo que pasa al ser tamizado.

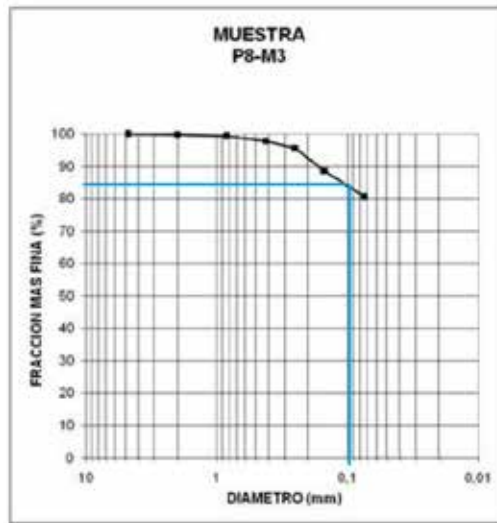


Figura 40: Curva Granular muestra P8-M3
Fuente: PERFOCA

B: Coeficiente que depende del tipo de geotextil. Para geotextiles no tejidos:

B= 1,8

CRITERIO DE RETENCION					
Geotextil no tejido	TAA	D85	B	D85*B	TAA < D85*B
NT 3000	0,15	0,1	1,8	0,18	Cumple
NT 4000	0,106				Cumple
NT 5000	0,125				Cumple
NT 6000	0,106				Cumple

Tabla 36: Factor de seguridad global
Fuente: Rincon S.

✓ **Criterio de Permeabilidad.**

Se debe permitir un adecuado flujo del agua a través del geotextil considerando su habilidad para esto. El coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio de la cual el geotextil permite un adecuado paso de flujo perpendicular al plano del mismo, para revisar la permeabilidad del geotextil se debe tener en cuenta lo siguiente:

Ø Para condiciones de flujo estable o flujo laminar y suelos no dispersivos, con porcentajes de finos no mayores al 50% y de acuerdo con el criterio de Schober y Teindl (1979); Wates (1980); Carroll (1983); Christopher y Holtz (1985) y numerosos otros:

Dónde:

$K_g > K_s$

K_g : permeabilidad del geotextil

K_s : permeabilidad del suelo

Ø Para condiciones de flujo crítico, altos gradientes hidráulicos y buscando un correcto desempeño a largo plazo reduciendo riesgo, colmatación se recomienda usar el criterio de Carroll (1983); Chistopher y Holtz (1985):

K_g : Permeabilidad del geotextil.

K_s : Permeabilidad del suelo.

En estas condiciones también se recomienda colocar una capa de arena media a gruesa. Lo antes expuesto está establecido en el manual PAVCO (2012) ,para el presente trabajo como se busca un correcto desempeño del diseño a largo plazo reduciendo riesgos colmatación se recomienda usar el criterio de Carroll (1983); Chistopher y Holtz (1985).

CRITERIO DE EPERMEABILIDAD				
Geotextil no tejido	K_g	K_s	10^*K_s	$K_g > 10^* K_s$
NT 3000	0,27	2,38E-03	0,02	Cumple
NT 4000	0,20	2,38E-03	0,02	Cumple
NT 5000	0,22	2,38E-03	0,02	Cumple
NT 6000	0,17	2,38E-03	0,02	Cumple

Tabla 37: Criterio de permeabilidad

Fuente: Rincon S.

✓ Criterio de Colmatación.

La colmatación se presenta cuando partículas finas de suelo penetran dentro del geotextil, bloqueando sus canales de poros o cuando son depositadas del lado aguas arriba del geotextil, produciendo una reducción significativa de la permeabilidad. Por lo tanto, el geotextil debe tener un porcentaje mínimo de espacios vacíos. Los geotextiles que presentan mayor resistencia a la colmatación, son los geotextiles no tejidos punzonados por agujas, dado al espesor que poseen. 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 usarlos como filtros en sistemas de drenaje.

Para la evaluación de los criterios de colmatación, la mayoría de los autores tienen en cuenta una serie de parámetros que no cuantifican verdaderamente el potencial de colmatación en los filtros, puesto que el aspecto fundamental a tener en cuenta es la porosidad, ya que esta establece la cantidad de partículas de suelo que quedan retenidas en el geotextil permitiendo que a pesar de esto se mantenga el flujo de agua, siendo este el factor de mayor importancia para la evaluación del criterio de colmatación. Como se dijo anteriormente los geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad mayor del 50% lo que garantiza que en caso de colmatación parcial del material, siga existiendo una alta porosidad, suficiente para permitir el paso del flujo en el sistema.

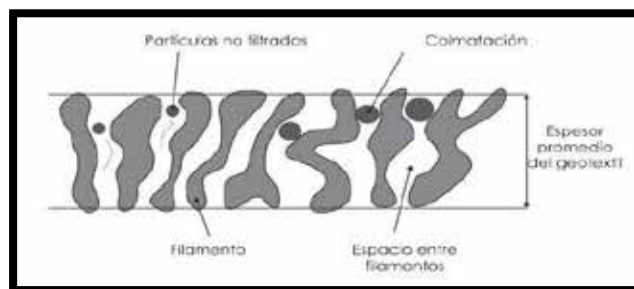


Figura 41: Colmatación del filtro por penetración de partículas

Fuente: Manual PAVCO (2012)

Por tanto en base a las recomendaciones realizadas por el manual de diseño de subdrenajes PAVCO (2012), el geotextil a utilizar para el diseño de este proyecto es un geotextil no tejido punzonado por agujas, ya que este tipo de material cumple con este criterio.

✓ **Criterio de Supervivencia.**

El geotextil en el proceso de instalación y a lo largo de su vida útil puede estar sometido a esfuerzos, los cuales deben ser soportados de tal manera que no afecten drásticamente sus propiedades hidráulicas y físicas. S.M. Leuttich, J.P. Giroud, R.C. Bachus 1992.

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, resistencia al rasgado. En la figura nº 42 se presentan las propiedades mínimas que se deben cumplir.

Propiedad	Resistencia a la tensión (Grab)	Resistencia a la costura	Resistencia a la penetración con pistón 50mm de diámetro	Resistencia al rasgado trapezoidal
Norma de ensayo	INVE - 901	INVE - 901	INVE - 913	INVE - 903
Valor mínimo promedio por rollo	700 N	630 N	1375 N	250 N

Figura 42: Especificaciones generales de construcción de carreteras Artículo 673-07 INVIAS-AASHTO M288-05

Fuente: Manual PACVO (2012)

✓ **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.

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:

- Permitividad ultima.
- Permitividad requerida.

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:

$$ult = -$$

ult: Permitividad última

K: Permeabilidad del geotextil

T: Espesor del geotextil

PERMITIVIDAD ULTIMA			
Geotextil no tejido	k	t (mm)	Ψ_{ult}
NT 3000	0,27	1,8	0,15
NT 4000	0,20	2	0,10
NT 5000	0,22	2,2	0,10
NT 6000	0,17	2,8	0,06

Tabla 38: Cálculo de la permitividad última

Fuente: Rincon S.

· **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:

req: Permitividad requerida.

Qt: Caudal por tramo.

H: Cabeza hidráulica, que es igual a la altura del subdrenaje.

H: Altura del subdren.

L: Longitud del tramo de drenaje.

PERMITIVIDAD REQUERIDA				
Qt	L (m)	H (m)	ΔH (m)	Ψreq
3,09E-02	50	1	1	6,18E-04

Tabla 39: Cálculo de la permitividad requerida

Fuente: Rincon S.

· **Permitividad Admisible.**

Para el cálculo de la permitividad admisible, es necesario tomar en cuenta la permitividad última, que es aportada por el fabricante y los factores de reducción que se disponen según el tipo de proyecto. (Ver Figura 43 y Tabla 40).

Dónde:

adm: Permitividad admisible.

ult: Permitividad última.

FRSCB: Factor de reducción por y taponamiento

FRCR: Factor de reducción por creep o fluencia.

FRIN: Factor de reducción por intrusión.

FRCC: Factor de reducción por colmatación química.

FRBC: 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 43: Factor de reducción para geotextiles en drenajes

Fuente: Manual geosintéticos PAVCO (2012)

PERMITIVIDAD ADMISIBLE							
Geotextil no tejido	ψ_{ult}	FRSCB	FRCR	FRIN	FR _{CC}	FRBC	ψ_{adm}
NT 3000	0,15	2	1,25	1,1	1,25	2	0,02182
NT 4000	0,10						0,01455
NT 5000	0,10						0,01455
NT 6000	0,06						0,00883

Tabla 40: Permitividad admisible

Fuente: Rincon S.

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:

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

FSg: Factor de seguridad global.

adm: Permitividad admisible.

req: Permitividad requerida

FACTOR DE SEGURIDAD GLOBAL			
Geotextil no tejido	Ψ_{adm}	Ψ_{req}	FSg
NT 3000	0,02182	0,00062	3,53E+01
NT 4000	0,01455		2,35E+01
NT 5000	0,01455		2,35E+01
NT 6000	0,00883		1,43E+01

Tabla 41: Factor de seguridad global

Fuente: Rincon S.

Se puede apreciar que para todos los casos de geotextiles no tejidos se cumple la condición del factor de seguridad.

4.4 Elaborar el diseño de un sistema de subdrenaje para la autopista Rafael Urdaneta para el tramo distribuidor Guacara- Arturo Michelena.

En esta última fase se procede a la presentación según los criterios adoptados; y a los métodos implementados para llevar a cabo el diseño de subdrenaje, destacando los cálculos antes realizados a fin de cumplir con la naturaleza y objeto del estudio.

Por tal motivo se procede a seleccionar el geotextil de tipo filtrante, que facilite la efectividad en cuanto a la descarga y la eliminación eficaz de las aguas que se colecten, así como también garantizando la estabilidad de la estructura, en consecuencia se analizaron cuatro de los geotextiles no tejidos especificados en el manual PAVCO (2012). Comparando las características mecánicas, hidráulicas, y físicas que mejor se adapten al proyecto de la vialidad en estudio; todos los factores fueron verificados y cumplen con las condiciones, es por ello que se propone la utilización de del geotextil NT4000 dado a sus propiedades, y a su cinco funciones, brindando grandes beneficios al sistema, que a pesar que el geotextil NT 3000

también cumple con los requisitos, se excluye por ser este un tipo de geotextil que no cumple la función de estabilización, está sumamente importante para el diseño. En cuanto al resto de los geotextiles analizados se pudo ver que cumplen con las expectativas propuestas, no obstante la propuesta se convierte en un diseño más económico.

De igual forma es importante resaltar que es finalmente un estudio de factibilidad técnica y económica quien determina el geotextil adecuado a ser empleado.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GEOTEXTILES NO TEJIDOS						
PROPIEDADES MECANICAS	NORMA	UNIDAD	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000
Método Grab						
Resistencia a la tensión	ASTM D4632	N (lb) %	830 (187) > 50	1080 (243) > 50	1165 (262) > 50	1310 (295) > 50
Enlogación						
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N (lb)	400 (90)	520 (118)	650 (146)	750 (169)
Método CBR						
Resistencia al punzonamiento	ASTM D6241	Kn	2,1	2,8	3,3	4,0
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D4533	N (lb)	295 (66)	350 (79)	400 (90)	470 (106)
Método Mullen Burst						
Resistencia al Estallido	ASTM D3786	kPa (psi)	2070 (300)	2484 (360)	3036 (440)	3519 (510)
PROPIEDADES HIDRÀULICAS	NORMA	UNIDAD	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000
Tamaño de abertura aparente	ASTM D4751	mm (N. tamiz)	0,150 (100)	0,106 (140)	0,125 (120)	0,106 (140)
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	0,27	0,20	0,22	0,17
Permitividad	ASTM D4491	s ⁻¹	0,15	0,1	0,1	0,06
Taza de flujo	ASTM D4491	L/min/m ²	4400	2930	2700	1920
Retencion de asfalto	ASTM D6140	L/m ²	N.A	N.A	N.A	N.A
PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000
Espesor	ASTM D5199	mm	1,8	2	2,2	2,8
Resistencia UV @ 500 horas	ASTM D4355	%	> 70	> 70	> 70	> 70
Punto de fusión	ASTM D276	°C	N.A	N.A	N.A	N.A
Rollo ancho	Medido	m	35-38-40	35-38-40	35-38-40	35-38-40
Rollo largo	Medido	m	120	130	120	100
Rollo àrea	Calculado	m ²	420-456-480	455-494-520	420-456-480	350-380-400
FUNCION DEL GEOTEXTIL	NORMA	UNIDAD	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000
Filtración			x	x	x	x
Drenaje			x	x	x	x
Protección			x	x	x	x
Separación			x	x	x	x
Estabilización				x	x	x
Repavimentación						

Tabla 42: Consideraciones técnicas de los geotextiles

Fuente: Rincon S. Base Manual de geosintetico PAVCO (2012)

Finalmente el diseño de subdrenaje estará constituido por un dren francés como sistema de subdrenaje longitudinal, conformado por un medio filtrante para este caso

se utilizara el geotextil NT 4000, y un medio drenante de material granular tipo grava con un tamaño uniforme de 19 mm (3/4”), que conducirá el agua captada hacia la tubería del dren, que según cálculos antes realizados será de 4”, para todo los tramos, mientras que, el sistema de subdrenaje transversal estará constituido por el geotextil antes mencionado. Cumpliéndose de esta manera con el objetivo propuesto.

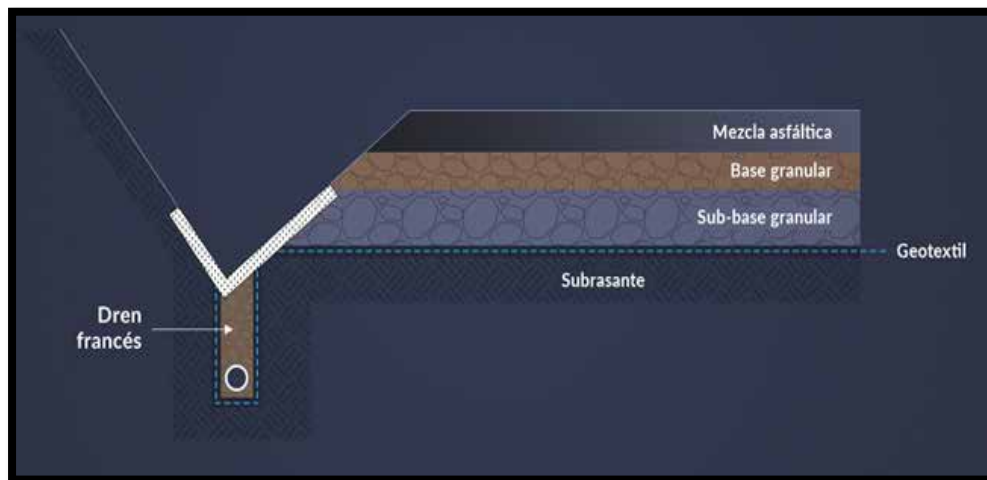


Figura 44: Estructura de drenaje

Fuente: <http://blog.geomatrix.co/an%C3%A1lisis-comparativo-entre-el-dren-franc%C3%A9s-y-el-geodr%C3%A9n-como-sistemas-de-subdrenaje>

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

A continuación se presentan las principales conclusiones que constituyen una visión global, entorno a los principales hallazgos y resultados del estudio, así como los objetivos planteados.

Se observó a través de las variables hidrológicas, topográficas geotécnicas e hidráulicas estudiadas en el tramo, distribuidor Guacara -Arturo Michelena; la aplicación del subdrenaje de durabilidad y funcionalidad mediante el uso de geotextiles cuyas características aseguran una adecuada resistencia en la interacción suelo-estructura y evitan el exceso del agua nocivo para la estabilidad de la obra.

Se constató la debilidad en cuanto al estudio directo del tramo Distribuidor Guacara Arturo Michelena, debido a la situación país; sin embargo se tomó como referencia el estudio de suelos realizados por la Asociación PERFOCA, el cual sirvió como punto de apoyo para el presente estudio.

Se aseveró la importancia que debe tenerse en relación al comportamiento del flujo tanto superficial como subsuperficial en el terraplén, para detectar su incidencia en el suelo y demás componentes.

Como aspecto relevante se muestra la implementación del geotextil no tejido como sistema de subdrenaje transversal, en un sistema tradicional.

Se evidenció que los geotextiles de tipo filtrante estudiados tomando en consideración las características mecánicas, hidráulicas y físicas reúnen las condiciones para garantizar la estabilidad de la estructura adaptándose al proyecto de la vialidad en estudio.

Finalmente para la determinación de la propuesta, se concluyó que es un estudio de factibilidad técnico – económico quien determina el geotextil, adecuado a ser empleado en el tramo Distribuidor Guacara Arturo Michelena.

Recomendaciones

En relación a las conclusiones emitidas se recomiendan:

- Realizar la propuesta del diseño de subdrenaje, considerando el estudio detallado del suelo, en el tramo Guacara-Arturo Michelena, que por razones país no se pudieron analizar, para así lograr un mejor desempeño de la ingeniería de detalle.
- Considerando lo antes expuesto se recomienda estudiar la utilización del geodren, que es una excelente alternativa como sistema de subdrenaje.
- En el cálculo de cada una de las estructuras hidráulicas verificar la dimensión de la cuenca contribuyente, tomando en cuenta que muchas de ellas nacen en la Cordillera de la Costa ya que en algunas su curso ha sido modificado.
- La misma consideración para la estimación del coeficiente de escorrentía promedio de cada cuenca, haciendo las debidas previsiones de cambio de cobertura superficial por el proceso de urbanización de amplios sectores.
- En los estudios geotécnicos hacer especial énfasis en la detección y comportamiento de las aguas subsuperficiales, tanto de infiltración como el nivel freático y la respuesta del suelo ante las posibles fluctuaciones de las mismas.
- Verificar en cada caso la descarga de las obras hidráulicas a fin de minimizar los efectos sobre la estructura del terraplén y todas las obras asociadas.
- Establecer planes de contingencia en relación al incremento de los niveles del Lago de Valencia.
- Establecer planes de mantenimiento preventivo y/o correctivo aplicable a la infraestructura hidráulica de recolección de aguas pluviales, a fin de asegurar

el buen funcionamiento del proyecto, para que de esta manera su vida útil sea prolongada.

- Sentar mecanismos de actualización de documentos técnicos y de información para lograr mejores gestiones de datos, que permitan analizar y diseñar sistemas de subdrenajes funcionales y eficientes para posibles estudios futuros.
- Se recomienda verificar por medios de estudios económicos al momento de la ejecución que puedan garantizar la factibilidad que ofrece el proyecto realizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado C, (2015) **“Estudio de la utilización de geotextiles como filtro en presas de tierra homogéneas”** Cuenca- Ecuador
- Arias. F (2016) **El proyecto de investigación** (7ª ed.). Caracas, Venezuela: Episteme
- Arias, Fidia (2012) **Proyecto de investigación** Editorial Epistemes 6ta edición Caracas
- Arias, F (2006). **El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica.** Quinta edición. Editorial Episteme. Caracas
- Benítez R (1986) **Técnicas generales para la construcción de carreteras** Lima Perú.
- Báez D. (2008) **Diseño de Drenaje Pluvial y evaluación de impacto ambiental** (7ma edición) Caracas.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999).**
<https://venezuela.justia.com/federales/constitucion-de-la-republica-bolivariana-de-venezuela/>
- De Jesús, F y Ospino, J. (2020, Carabobo) en su trabajo de investigación titulado **“Diseño de un sistema de sub drenaje (SDSD) de aguas pluviales, en la av. paseo monumental, municipio Valencia, edo. Carabobo”**
- Delgado. H (2016) **Diseño Geométrico de vías.** Segunda edición, Bogotá, Ediciones Ecoe
- Gabaldon (2010) **Lineamiento sobre las vías de comunicación, Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales Versión impresa ISSN 200 30507** Caracas Diciembre 2010.
- Hernández O y Macero T (2018) En su trabajo de investigación titulado **“Implementación de sistemas de subdrenajes de aguas pluviales Avenida Paseo Valencia, tramo Kayson Avenida Sesquicentenario, Municipio Valencia- Edo. Carabobo”**
- Leal.F (2011) **Lineamiento para la construcción de carreteras y sus políticas de riesgos.** Lima Perú.

- Marín H y Pérez (2014, México) en su investigación titulada **“Drenaje y subdrenaje en carreteras”**
- Morgan (1994) **Evaluación y prevención de riesgos Ambientales en Centroamérica**. Documenta Universitaria. Girona (España)
- Orozco, C (2002) **Manual teórico y práctico de metodología para tesis, tutores y jurados de investigación**. 1era Edición. Caracas Venezuela.
- Robert. K (2016) **Aplicación de drenajes urbanos** Bogotá .Colombia
- Robert M. Koerner en su libro "**Designing With Geosynthetics**"- Quinta Edición.
- Sabino, (2001). **La ciencia, su método y su filosofía**. 5ªEdición. Bogotá: Panamericana.
- Tamayo, M y Tamayo, M. (2001). **El proceso de la investigación científica**. Editorial Limusa, México

Apéndice A: Imágenes de la evolución del Lago de Valencia, que evidencian un acenso de su nivel trayendo como consecuencia afección de las siguientes infraestructuras que quedaron desaparecidas bajo el nivel o en peligro de perdida por su cercanía con el lago.

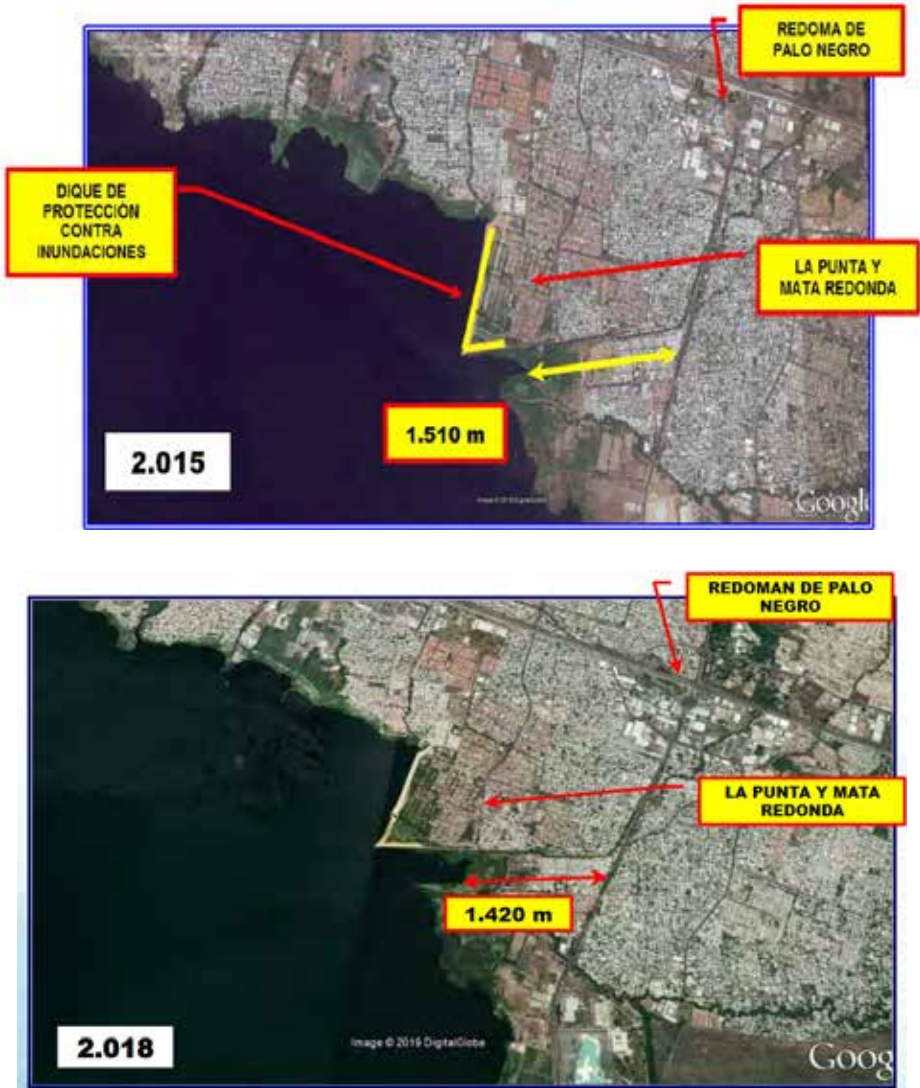
DISEÑO DE SUBDRENAJE EN LA AUTOPISTA RAFAEL URDANETA
PARA EL TRAMO DISTRIBUIDOR GUACARA - ARTURO MICHELENA.

Autor: Rincon U. Sandra M.

C.I: 22.214.775

San Diego, Abril de 2021

A1. Vista del área de la Punta y Mata Redonda en el año 2015-2018, lado noreste del Lago de Valencia.



Fuente: Ing. Gian F. Morassutti

A2. Vista del área al Sur de Punta y Mata Redonda, lado este del Lago de Valencia, donde se observa el incremento del lago con respecto a las estación de bombeo Camburito años 2005-2018.



Fuente: Ing. Gian F. Morassutti

A3. Vista del área norte del lago cercanías del Viaducto La Cabrera para el año 2005-2016. Obsérvese la distancia es de 1.200 metros para el año 2005 y para el año 2016 ya la superficie del algo está debajo de la ARC.



Fuente: Ing. Gian F. Morassutti

A4. Vista del área sur del lago cercanías de la Carretera Guigue para el año 2005-2018. Obsérvese la distancia más corta con la carretera es de 210 metros para el año 2005 y para el año 2018 ya la superficie del lago ha alcanzado la carretera.



Fuente: Ing. Gian F. Morassutti

A5. Vista del área Oeste del lago cercanías de la Planta de tratamiento de Los Guayos para el año 2005-2018. Obsérvese la distancia del lago hasta la laguna de maduración es de 1.140 metros, mientras que el sector sur de la Isla La Culebra tiene una distancia de 1.150 metros, esto para el año 2005. para el año 2018 toda la zona de la planta está inundada.



Fuente: Ing. Gian F. Morassutti

A6. Vista del área del Lago de Valencia para los años venideros, se muestran como sería el comportamiento del agua para las cotas 415 y 416. Para la zona de Mata Redonda, Av Los Aviadores y zonas residenciales de Maracay.



Fuente: Ing. Gian F. Morassutti

A7. Vista del área del Lago de Valencia para los años venideros, se muestran como sería el comportamiento del agua para las cotas 415 y 416. Para el área de La Cabrera.



Fuente: Ing. Gian F. Morassutti

A8. Vista del área del Lago de Valencia para los años venideros, se muestran como sería el comportamiento del agua para las cotas 415 y 416. Para el área de la desembocadura del Rio los Guayos.



Fuente: Ing. Gian F. Morassutti

Apéndice B: Data topográfica de la vialidad entre los puntos comprendidos en el tramo Distribuidor Guacara – Arturo Michelena

DISEÑO DE SUBDRENAJE EN LA AUTOPISTA RAFAEL URDANETA
PARA EL TRAMO DISTRIBUIDOR GUACARA - ARTURO MICHELENA.

Autor: Rincon U. Sandra M.

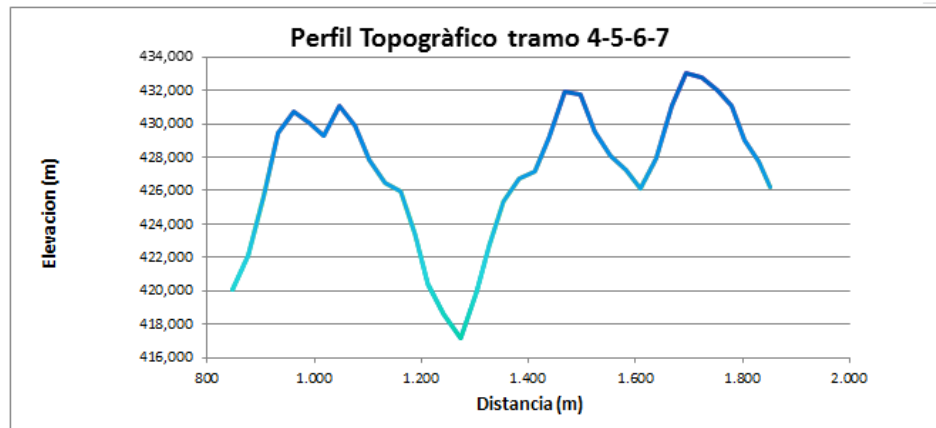
C.I: 22.214.775

San Diego, Abril de 2021

Apéndice B1: Tablas de datos y resultados topográficos.

TRAMO 4-5-6-7					
DATOS TOPOGRÁFICOS					
Progresiva	Latitud	Longitud	Cotas	Distancia (m)	Dist. Acum
26+000	10.154129	-67.899951	420,063	0,000	850,000
26+028,34	10.154311	-67.899770	422,090	28,340	878,340
26+056,67	10.154494	-67.899588	425,749	28,330	906,670
26+085	10.154676	-67.899407	429,465	28,330	935,000
26+113,34	10.154859	-67.899225	430,756	28,340	963,340
26+141,67	10.155041	-67.899044	430,073	28,330	991,670
26+170	10.155223	-67.898862	429,256	28,330	1020,000
26+198,30	10.155406	-67.898680	431,074	28,300	1048,300
26+226,70	10.155588	-67.898499	429,862	28,400	1076,700
26+255	10.155770	-67.898317	427,821	28,300	1105,000
26+283,30	10.155953	-67.898136	426,500	28,300	1133,300
26+311,70	10.156135	-67.897954	425,943	28,400	1161,700
26+340	10.156318	-67.897773	423,390	28,300	1190,000
26+362,70	10.156463	-67.897627	420,403	22,700	1212,700
26+391	10.156643	-67.897443	418,653	28,300	1241,000
26+425	10.156824	-67.897259	417,204	34,000	1275,000
26+453,30	10.157040	-67.897039	419,901	28,300	1303,300
26+476	10.157191	-67.896900	422,742	22,700	1326,000
26+504,30	10.157381	-67.896726	425,377	28,300	1354,300
26+532,70	10.157571	-67.896552	426,720	28,400	1382,700
26+561	10.157761	-67.896379	427,145	28,300	1411,000
26+589	10.157951	-67.896205	429,219	28,000	1439,000
26+617,70	10.158140	-67.896032	431,969	28,700	1467,700
26+646	10.158330	-67.895858	431,791	28,300	1496,000
26+674,30	10.158520	-67.895685	429,574	28,300	1524,300
26+702,70	10.158710	-67.895511	428,075	28,400	1552,700
26+731	10.158900	-67.895338	427,285	28,300	1581,000
26+759,30	10.159090	-67.895164	426,153	28,300	1609,300
26+787,70	10.159280	-67.894990	427,905	28,400	1637,700
26+816	10.159470	-67.894817	431,055	28,300	1666,000
26+844,30	10.159659	-67.894643	433,013	28,300	1694,300
26+872,70	10.159849	-67.894470	432,816	28,400	1722,700
26+901	10.160039	-67.894296	432,010	28,300	1751,000
26+929,30	10.160229	-67.894123	431,050	28,300	1779,300
26+952	10.160385	-67.893990	429,005	22,700	1802,000
26+980,30	10.160598	-67.893845	427,768	28,300	1830,300
27+000	10.161037	-67.893548	426,180	19,700	1850,000

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.



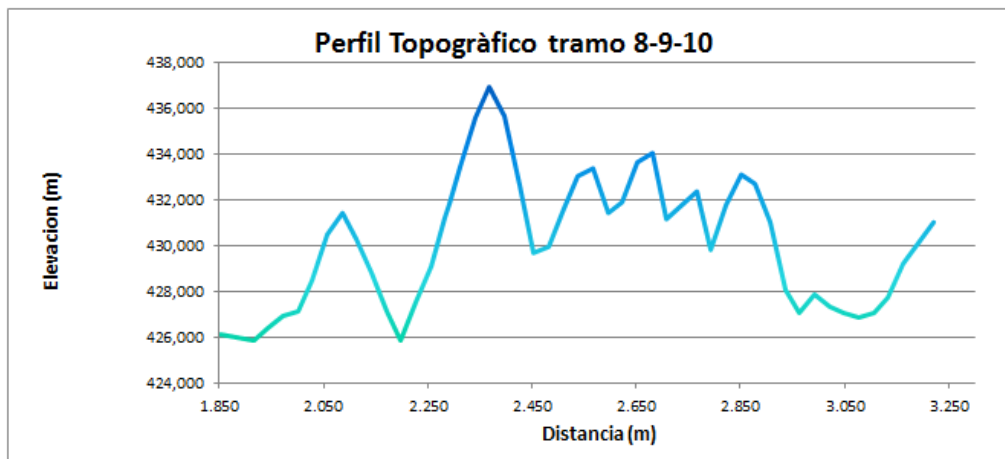
Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth

Data topografica del tramo entre los puntos 8,9 y 10.

TRAMO 8-9-10					
DATOS TOPOGRÀFICOS					
Progresiva	Latitud	Longitud	Cotas	Distancia (m)	Dist. Acum
27+000	10.161037	-67.893548	426,180	0,000	1850,000
27+065,30	10.161250	-67.893437	426,015	65,300	1915,300
27+093,70	10.161478	-67.893318	426,446	28,400	1943,700
27+122	10.161705	-67.893200	426,975	28,300	1972,000
27+150,30	10.161933	-67.893081	427,219	28,300	2000,300
27+178,70	10.162160	-67.892962	428,525	28,400	2028,700
27+207	10.162388	-67.892843	430,504	28,300	2057,000
27+235,3	10.162615	-67.892725	431,430	28,300	2085,300
27+263,7	10.162843	-67.892606	430,321	28,400	2113,700
27+292	10.163070	-67.892487	428,863	28,300	2142,000
273+20,3	10.163298	-67.892368	427,190	28,300	2170,300
27+348,7	10.163526	-67.892250	425,935	28,400	2198,700
27+377	10.163753	-67.892131	427,615	28,300	2227,000
27+405,3	10.163981	-67.892012	429,130	28,300	2255,300
27+433,7	10.164208	-67.891893	431,287	28,400	2283,700
27+442,2	10.164277	-67.891857	431,849	8,500	2292,200
27+462	10.164448	-67.891829	433,470	19,800	2312,000
27+490,3	10.164698	-67.891771	435,559	28,300	2340,300
27+518,7	10.164947	-67.891712	436,954	28,400	2368,700
27+547	10.165197	-67.891653	435,646	28,300	2397,000
27+575,3	10.165446	-67.891595	432,685	28,300	2425,300
27+603,7	10.165696	-67.891536	429,725	28,400	2453,700
27+632	10.165945	-67.891478	429,962	28,300	2482,000
27+660,3	10.166194	-67.891419	431,624	28,300	2510,300
27+688,7	10.166444	-67.891360	433,069	28,400	2538,700

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

TRAMO 8-9-10 Continuaciòn					
DATOS TOPOGRÀFICOS					
Progresiva	Latitud	Longitud	Cotas	Distancia (m)	Dist. Acum
27+688,7	10.166444	-67.891360	433,069	0,000	2538,700
27+717	10.166693	-67.891302	433,405	28,300	2567,000
27+745,3	10.166943	-67.891243	431,458	28,300	2595,300
27+773,7	10.167192	-67.891184	431,944	28,400	2623,700
27+802	10.167442	-67.891126	433,636	28,300	2652,000
27+830,3	10.167691	-67.891067	434,072	28,300	2680,300
27+858,7	10.167941	-67.891009	431,209	28,400	2708,700
27+887	10.168190	-67.890950	431,778	28,300	2737,000
27+915,3	10.168440	-67.890891	432,361	28,300	2765,300
27+943,7	10.168689	-67.890833	429,860	28,400	2793,700
27+972	10.168939	-67.890774	431,802	28,300	2822,000
28+000,3	10.169188	-67.890716	433,140	28,300	2850,300
28+028,7	10.169438	-67.890657	432,756	28,400	2878,700
28+057	10.169687	-67.890598	431,052	28,300	2907,000
28+085,3	10.169937	-67.890540	428,107	28,300	2935,300
28+113,7	10.170186	-67.890481	427,124	28,400	2963,700
28+142	10.170436	-67.890423	427,931	28,300	2992,000
28+170,3	10.170685	-67.890364	427,410	28,300	3020,300
28+198,7	10.170935	-67.890305	427,128	28,400	3048,700
28+227	10.171184	-67.890247	426,948	28,300	3077,000
28+255,3	10.171434	-67.890188	427,094	28,300	3105,300
28+283,7	10.171683	-67.890129	427,767	28,400	3133,700
28+312	10.171933	-67.890071	429,275	28,300	3162,000
28+368	10.172174	-67.890014	431,069	56,000	3218,000



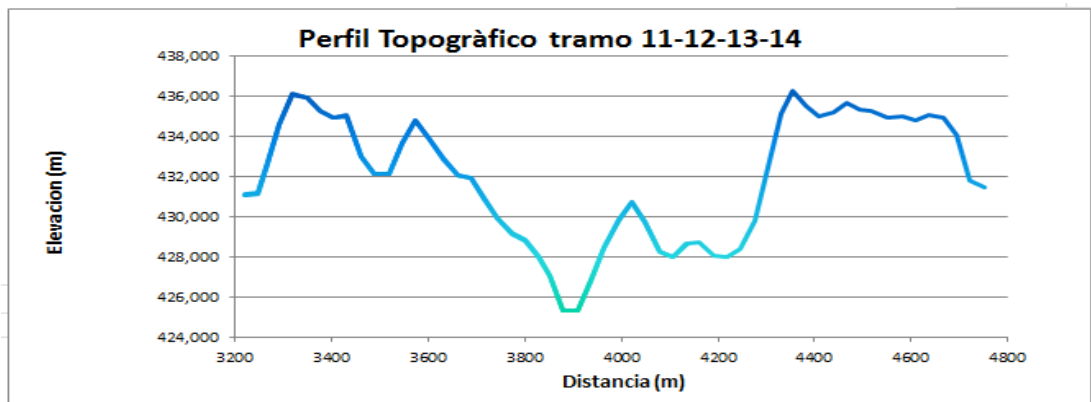
Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

Data topografica del tramo entre los puntos 11,12,13 y 14.

TRAMO 11-12-13-14					
DATOS TOPOGRÁFICOS					
Progresiva	Latitud	Longitud	Cotas	Distancia (m)	Dist. Acum
28+368	10.172174	-67.890014	431,069	0,000	3218,000
28+396,3	10.172182	-67.890011	431,136	28,300	3246,300
28+416,9	10.172376	-67.889945	432,667	20,600	3266,900
28+441,5	10.172570	-67.889879	434,578	24,600	3291,500
28+469,8	10.172813	-67.889797	436,061	28,300	3319,800
28+498,1	10.173056	-67.889714	435,895	28,300	3348,100
28+526,5	10.173287	-67.889604	435,232	28,400	3376,500
28+554,8	10.173516	-67.889489	434,928	28,300	3404,800
28+581,1	10.173746	-67.889373	434,997	26,300	3431,100
28+611,5	10.173975	-67.889257	432,989	30,400	3461,500
28+639,8	10.174204	-67.889142	432,121	28,300	3489,800
28+668,1	10.174433	-67.889026	432,102	28,300	3518,100
28+696,5	10.174662	-67.888911	433,662	28,400	3546,500
28+724,8	10.174891	-67.888795	434,766	28,300	3574,800
28+751,1	10.175120	-67.888679	433,882	26,300	3601,100
28+781,5	10.175350	-67.888564	432,869	30,400	3631,500
28+809,8	10.175579	-67.888448	432,058	28,300	3659,800
28+838,1	10.175808	-67.888333	431,906	28,300	3688,100
28+866,5	10.176037	-67.888217	430,869	28,400	3716,500
28+892,8	10.176266	-67.888101	429,884	26,300	3742,800
28+922,8	10.176495	-67.887986	429,142	30,000	3772,800
28+951,2	10.176724	-67.887870	428,805	28,400	3801,200
28+977,5	10.176953	-67.887755	428,013	26,300	3827,500
29+002,4	10.177139	-67.887661	427,040	24,900	3852,400
29+030,5	10.177362	-67.887539	425,346	28,100	3880,500
29+058,8	10.177587	-67.887416	425,382	28,300	3908,800
29+087,2	10.177812	-67.887292	426,813	28,400	3937,200
29+115,5	10.178038	-67.887169	428,416	28,300	3965,500
29+143,8	10.178263	-67.887046	429,799	28,300	3993,800
29+172,1	10.178488	-67.886923	430,718	28,300	4022,100
29+200,4	10.178713	-67.886800	429,726	28,300	4050,400
29+228,8	10.178938	-67.886676	428,257	28,400	4078,800
29+257,1	10.179164	-67.886553	427,989	28,300	4107,100
29+285,4	10.179389	-67.886430	428,626	28,300	4135,400

TRAMO 11-12-13-14 continuacion					
DATOS TOPOGRÀFICOS					
Progresiva	Latitud	Longitud	Cotas	Distancia (m)	Dist. Acum
29+285,4	10.179389	-67.886430	428,626	0,000	4135,400
29+311,8	10.179614	-67.886307	428,711	26,400	4161,800
29+340,1	10.179839	-67.886183	428,044	28,300	4190,100
29+368,4	10.180109	-67.886036	428,000	28,300	4218,400
29+396,8	10.180290	-67.885937	428,378	28,400	4246,800
29+425,1	10.180515	-67.885814	429,789	28,300	4275,100
29+453,1	10.180740	-67.885690	432,424	28,000	4303,100
29+481,5	10.180965	-67.885567	435,107	28,400	4331,500
29+503,8	10.181145	-67.885469	436,277	22,300	4353,800
29+531,8	10.181369	-67.885343	435,508	28,000	4381,800
29+560,1	10.181593	-67.885217	434,962	28,300	4410,100
29+588,4	10.181816	-67.885091	435,207	28,300	4438,400
29+616,7	10.182040	-67.884965	435,675	28,300	4466,700
29+645	10.182264	-67.884839	435,323	28,300	4495,000
29+669	10.182532	-67.884688	435,223	24,000	4519,000
29+703	10.182801	-67.884537	434,934	34,000	4553,000
29+731	10.183025	-67.884411	434,974	28,000	4581,000
29+759,4	10.183248	-67.884285	434,753	28,400	4609,400
29+787,7	10.183472	-67.884159	435,075	28,300	4637,700
29+816	10.183696	-67.884033	434,927	28,300	4666,000
29+844,4	10.183920	-67.883907	434,036	28,400	4694,400
29+872,7	10.184143	-67.883781	431,772	28,300	4722,700
29+900	10.185102	-67.883242	431,436	27,300	4750,000

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

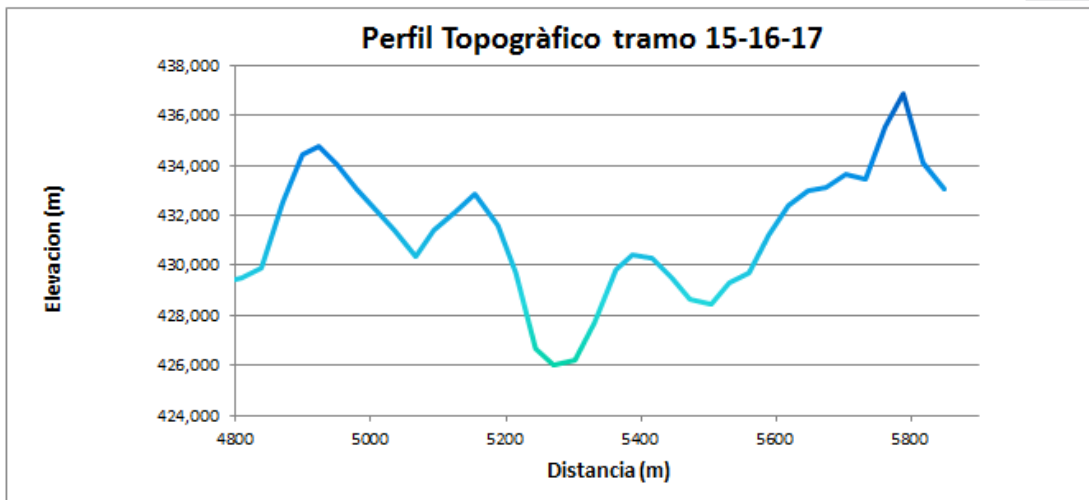


Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

Data topografica del tramo entre los puntos 15,16 y 17.

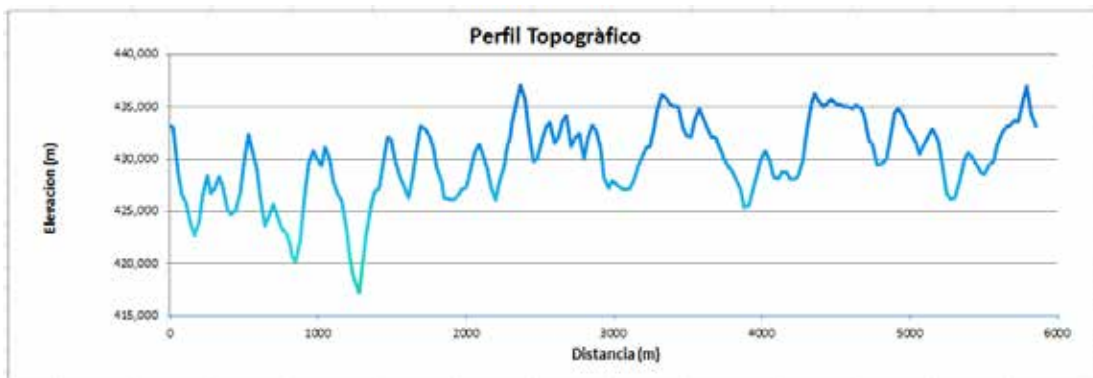
TRAMO 15-16-17					
DATOS TOPOGRÀFICOS					
Progresiva	Latitud	Longitud	Cotas	Distancia (m)	Dist. Acum
29+900	10.185102	-67.883242	431,436	0,000	4750,000
29+929,40	10.185038	-67.883278	429,311	29,400	4779,400
29+958,80	10.185102	-67.883242	429,498	29,400	4808,800
29+988,20	10.185247	-67.883135	429,943	29,400	4838,200
30+020,20	10.185503	-67.882963	432,537	32,000	4870,200
30+048,60	10.185715	-67.882819	434,445	28,400	4898,600
30+074,90	10.185928	-67.882675	434,808	26,300	4924,900
30+101,20	10.186141	-67.882532	434,042	26,300	4951,200
30+129,60	10.186354	-67.882388	433,102	28,400	4979,600
30+158,90	10.186567	-67.882244	432,227	29,300	5008,900
30+187,20	10.186780	-67.882100	431,441	28,300	5037,200
30+217,50	10.186993	-67.881957	430,407	30,300	5067,500
30+245,80	10.187206	-67.881813	431,413	28,300	5095,800
30+276,20	10.187419	-67.881669	432,164	30,400	5126,200
30+304,60	10.187632	-67.881526	432,870	28,400	5154,600
30+339,90	10.187845	-67.881382	431,649	35,300	5189,900
30+366,20	10.188058	-67.881238	429,741	26,300	5216,200
30+395,50	10.188271	-67.881095	426,666	29,300	5245,500
30+422,80	10.188484	-67.880951	426,076	27,300	5272,800
30+454,20	10.188697	-67.880807	426,219	31,400	5304,200
30+482,5	10.188861	-67.880683	427,754	28,300	5332,500
30+513,9	10.189059	-67.880520	429,827	31,400	5363,900
30+540,2	10.189257	-67.880356	430,476	26,300	5390,200
30+568,6	10.189455	-67.880192	430,309	28,400	5418,600
30+597	10.189653	-67.880028	429,516	28,400	5447,000
30+625,3	10.189851	-67.879864	428,694	28,300	5475,300
30+655,6	10.190050	-67.879700	428,473	30,300	5505,600
30+684	10.190248	-67.879536	429,352	28,400	5534,000
30+712,3	10.190446	-67.879372	429,705	28,300	5562,300
30+740,6	10.190644	-67.879208	431,215	28,300	5590,600
30+771	10.190842	-67.879044	432,395	30,400	5621,000
30+799,3	10.191080	-67.878848	433,000	28,300	5649,300
30+827,6	10.191238	-67.878717	433,168	28,300	5677,600
30+856	10.191436	-67.878553	433,656	28,400	5706,000
30+885,4	10.191635	-67.878389	433,492	29,400	5735,400
30+913,7	10.191833	-67.878225	435,571	28,300	5763,700
30+942,1	10.192031	-67.878061	436,936	28,400	5792,100
30+970,5	10.192229	-67.877897	434,156	28,400	5820,500
31+000	10.192308	-67.877831	433,092	29,500	5850,000

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.



Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

Data perfil topogràfic la Autopista Rafael Urdaneta del tramo Distribuidor Guacara- Arturo Michelena.



Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

Apéndice C: Tablas de resultados del diseño de subdrenaje en el tramo Distribuidor Guacara – Arturo Michelena, Autopista Rafael Urdaneta.

DISEÑO DE SUBDRENAJE EN LA AUTOPISTA RAFAEL URDANETA
PARA EL TRAMO DISTRIBUIDOR GUACARA – ARTURO MICHELENA.

Autor: Rincon U. Sandra M.

C.I: 22.214.775

San Diego, Abril de 2021

INDICE DE TABLAS

TABLA		Pag
1	C1. Análisis de la variación de pendiente en el tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.....	157
2	C2. Análisis de la variación de pendiente en el tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.....	158
3	C3. Análisis de la variación de pendiente en el tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.....	160
4	C4. Análisis de la variación de pendiente en el tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.....	162
5	C5. Análisis de la dirección del sentido del flujo en el tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.....	164
6	C6. Análisis de la dirección del sentido del flujo en el tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.....	166
7	C7. Análisis de la dirección del sentido del flujo en el tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.....	168
8	C8. Determinación del tiempo de concentración tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.....	169
9	C9. Determinación del tiempo de concentración tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.....	170
10	C10. Determinación del tiempo de concentración tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.....	171
11	C11. Determinación del tiempo de concentración tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.....	172

12	C12. Determinación de gastos de infiltración tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.....	173
13	C13. Determinación de gastos de infiltración tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.....	173
14	C14. Determinación de gastos de infiltración tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.....	174
15	C15. Determinación de gastos de infiltración tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.....	174
16	C16. Determinación del área de la sección transversal de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.....	175
17	C17. Determinación del área de la sección transversal de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.....	176
18	C18. Determinación del área de la sección transversal de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.....	178
19	C19. Determinación del área de la sección transversal de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.....	180
20	C20. Dimensionado de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.....	181
21	C21. Dimensionado de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.....	182
22	C22. Dimensionado de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.....	184
23	C23. Dimensionado de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.....	186

24	C24. Calculo de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.....	187
25	C25. Calculo de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.....	188
26	C26. Calculo de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.....	189
27	C27. Calculo de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.....	191
28	C28. Calculo de la estimación del diámetro de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.....	192
29	C29. Calculo de la estimación del diámetro de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.....	192
30	C30. Calculo de la estimación del diámetro de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.....	192
31	C31. Calculo de la estimación del diámetro de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.....	193

C1. Análisis de la variación de pendiente en el tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.

TRAMO 4-5-6-7					
CALCULOS DE LA VARIACION DE PENDIENTES					
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	% pendientes	Pendientes m/m
26+000	420,063	5,660	850,000	-0,371	-0,0037
26+028,34	422,090	28,340	878,340	7,152	0,0715
26+056,67	425,749	28,330	906,670	12,916	0,1292
26+085	429,465	28,330	935,000	13,117	0,1312
26+113,34	430,756	28,340	963,340	4,555	0,0456
26+141,67	430,073	28,330	991,670	-2,411	-0,0241
26+170	429,256	28,330	1020,000	-2,884	-0,0288
26+198,30	431,074	28,300	1048,300	6,424	0,0642
26+226,70	429,862	28,400	1076,700	-4,268	-0,0427
26+255	427,821	28,300	1105,000	-7,212	-0,0721
26+283,30	426,500	28,300	1133,300	-4,668	-0,0467
26+311,70	425,943	28,400	1161,700	-1,961	-0,0196
26+340	423,390	28,300	1190,000	-9,021	-0,0902
26+362,70	420,403	22,700	1212,700	-13,159	-0,1316
26+391	418,653	28,300	1241,000	-6,184	-0,0618
26+425	417,204	34,000	1275,000	-4,262	-0,0426
26+453,30	419,901	28,300	1303,300	9,530	0,0953
26+476	422,742	22,700	1326,000	12,515	0,1252
26+504,30	425,377	28,300	1354,300	9,311	0,0931
26+532,70	426,720	28,400	1382,700	4,729	0,0473
26+561	427,145	28,300	1411,000	1,502	0,0150
26+589	429,219	28,000	1439,000	7,407	0,0741
26+617,70	431,969	28,700	1467,700	9,582	0,0958
26+646	431,791	28,300	1496,000	-0,629	-0,0063
26+674,30	429,574	28,300	1524,300	-7,834	-0,0783
26+702,70	428,075	28,400	1552,700	-5,278	-0,0528
26+731	427,285	28,300	1581,000	-2,792	-0,0279
26+759,30	426,153	28,300	1609,300	-4,000	-0,0400
26+787,70	427,905	28,400	1637,700	6,169	0,0617
26+816	431,055	28,300	1666,000	11,131	0,1113
26+844,30	433,013	28,300	1694,300	6,919	0,0692
26+872,70	432,816	28,400	1722,700	-0,694	-0,0069
26+901	432,010	28,300	1751,000	-2,848	-0,0285
26+929,30	431,050	28,300	1779,300	-3,392	-0,0339
26+952	429,005	22,700	1802,000	-9,009	-0,0901
26+980,30	427,768	28,300	1830,300	-4,371	-0,0437
27+000	426,180	19,700	1850,000	-8,061	-0,0806

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C2. Análisis de la variación de pendiente en el tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10

TRAMO 8-9-10					
CALCULOS DE LA VARIACION DE PENDIENTES					
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	% pendientes	Pendientes m/m
27+000	426,180	19,700	1850,000	-8,061	-0,0806
27+065,30	426,015	65,300	1915,300	-0,253	-0,0025
27+093,70	426,446	28,400	1943,700	1,518	0,0152
27+122	426,975	28,300	1972,000	1,869	0,0187
27+150,30	427,219	28,300	2000,300	0,862	0,0086
27+178,70	428,525	28,400	2028,700	4,599	0,0460
27+207	430,504	28,300	2057,000	6,993	0,0699
27+235,3	431,430	28,300	2085,300	3,272	0,0327
27+263,7	430,321	28,400	2113,700	-3,905	-0,0390
27+292	428,863	28,300	2142,000	-5,152	-0,0515
273+20,3	427,190	28,300	2170,300	-5,912	-0,0591
27+348,7	425,935	28,400	2198,700	-4,419	-0,0442
27+377	427,615	28,300	2227,000	5,936	0,0594
27+405,3	429,130	28,300	2255,300	5,353	0,0535
27+433,7	431,287	28,400	2283,700	7,595	0,0760
27+442,2	431,849	8,500	2292,200	6,612	0,0661
27+462	433,470	19,800	2312,000	8,187	0,0819
27+490,3	435,559	28,300	2340,300	7,382	0,0738
27+518,7	436,954	28,400	2368,700	4,912	0,0491
27+547	435,646	28,300	2397,000	-4,622	-0,0462
27+575,3	432,685	28,300	2425,300	-10,463	-0,1046
27+603,7	429,725	28,400	2453,700	-10,423	-0,1042
27+632	429,962	28,300	2482,000	0,837	0,0084
27+660,3	431,624	28,300	2510,300	5,873	0,0587
27+688,7	433,069	28,400	2538,700	5,088	0,0509

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

TRAMO 8-9-10 Continuacion					
CALCULOS DE LA VARIACION DE PENDIENTES					
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	% pendientes	Pendientes m/m
27+688,7	433,069	28,400	2538,700	5,088	0,0509
27+717	433,405	28,300	2567,000	1,187	0,0119
27+745,3	431,458	28,300	2595,300	-6,880	-0,0688
27+773,7	431,944	28,400	2623,700	1,711	0,0171
27+802	433,636	28,300	2652,000	5,979	0,0598
27+830,3	434,072	28,300	2680,300	1,541	0,0154
27+858,7	431,209	28,400	2708,700	-10,081	-0,1008
27+887	431,778	28,300	2737,000	2,011	0,0201
27+915,3	432,361	28,300	2765,300	2,060	0,0206
27+943,7	429,860	28,400	2793,700	-8,806	-0,0881
27+972	431,802	28,300	2822,000	6,862	0,0686
28+000,3	433,140	28,300	2850,300	4,728	0,0473
28+028,7	432,756	28,400	2878,700	-1,352	-0,0135
28+057	431,052	28,300	2907,000	-6,021	-0,0602
28+085,3	428,107	28,300	2935,300	-10,406	-0,1041
28+113,7	427,124	28,400	2963,700	-3,461	-0,0346
28+142	427,931	28,300	2992,000	2,852	0,0285
28+170,3	427,410	28,300	3020,300	-1,841	-0,0184
28+198,7	427,128	28,400	3048,700	-0,993	-0,0099
28+227	426,948	28,300	3077,000	-0,636	-0,0064
28+255,3	427,094	28,300	3105,300	0,516	0,0052
28+283,7	427,767	28,400	3133,700	2,370	0,0237
28+312	429,275	28,300	3162,000	5,329	0,0533
28+368	431,069	56,000	3218,000	3,204	0,0320

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C3. Análisis de la variación de pendiente en el tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.

TRAMO 11-12-13-14					
CALCULOS DE LA VARIACION DE PENDIENTES					
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	% pendientes	Pendientes m/m
28+368	431,069	28,400	3218,000	3,204	0,0320
28+396,3	431,136	28,300	3246,300	0,237	0,0024
28+416,9	432,667	20,600	3266,900	7,432	0,0743
28+441,5	434,578	24,600	3291,500	7,768	0,0777
28+469,8	436,061	28,300	3319,800	5,240	0,0524
28+498,1	435,895	28,300	3348,100	-0,587	-0,0059
28+526,5	435,232	28,400	3376,500	-2,335	-0,0233
28+554,8	434,928	28,300	3404,800	-1,074	-0,0107
28+581,1	434,997	26,300	3431,100	0,262	0,0026
28+611,5	432,989	30,400	3461,500	-6,605	-0,0661
28+639,8	432,121	28,300	3489,800	-3,067	-0,0307
28+668,1	432,102	28,300	3518,100	-0,067	-0,0007
28+696,5	433,662	28,400	3546,500	5,493	0,0549
28+724,8	434,766	28,300	3574,800	3,901	0,0390
28+751,1	433,882	26,300	3601,100	-3,361	-0,0336
28+781,5	432,869	30,400	3631,500	-3,332	-0,0333
28+809,8	432,058	28,300	3659,800	-2,866	-0,0287
28+838,1	431,906	28,300	3688,100	-0,537	-0,0054
28+866,5	430,869	28,400	3716,500	-3,651	-0,0365
28+892,8	429,884	26,300	3742,800	-3,745	-0,0375
28+922,8	429,142	30,000	3772,800	-2,473	-0,0247
28+951,2	428,805	28,400	3801,200	-1,187	-0,0119
28+977,5	428,013	26,300	3827,500	-3,011	-0,0301
29+002,4	427,040	24,900	3852,400	-3,908	-0,0391
29+030,5	425,346	28,100	3880,500	-6,028	-0,0603
29+058,8	425,382	28,300	3908,800	0,127	0,0013
29+087,2	426,813	28,400	3937,200	5,039	0,0504
29+115,5	428,416	28,300	3965,500	5,664	0,0566
29+143,8	429,799	28,300	3993,800	4,887	0,0489
29+172,1	430,718	28,300	4022,100	3,247	0,0325
29+200,4	429,726	28,300	4050,400	-3,505	-0,0351
29+228,8	428,257	28,400	4078,800	-5,173	-0,0517
29+257,1	427,989	28,300	4107,100	-0,947	-0,0095
29+285,4	428,626	28,300	4135,400	2,251	0,0225

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

TRAMO 11-12-13-14 Continuacion					
CALCULOS DE LA VARIACION DE PENDIENTES					
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	% pendientes	Pendientes m/m
29+285,4	428,626	28,300	4135,400	2,251	0,0225
29+311,8	428,711	26,400	4161,800	0,322	0,0032
29+340,1	428,044	28,300	4190,100	-2,357	-0,0236
29+368,4	428,000	28,300	4218,400	-0,155	-0,0016
29+396,8	428,378	28,400	4246,800	1,331	0,0133
29+425,1	429,789	28,300	4275,100	4,986	0,0499
29+453,1	432,424	28,000	4303,100	9,411	0,0941
29+481,5	435,107	28,400	4331,500	9,447	0,0945
29+503,8	436,277	22,300	4353,800	5,247	0,0525
29+531,8	435,508	28,000	4381,800	-2,746	-0,0275
29+560,1	434,962	28,300	4410,100	-1,929	-0,0193
29+588,4	435,207	28,300	4438,400	0,866	0,0087
29+616,7	435,675	28,300	4466,700	1,654	0,0165
29+645	435,323	28,300	4495,000	-1,244	-0,0124
29+669	435,223	24,000	4519,000	-0,417	-0,0042
29+703	434,934	34,000	4553,000	-0,850	-0,0085
29+731	434,974	28,000	4581,000	0,143	0,0014
29+759,4	434,753	28,400	4609,400	-0,778	-0,0078
29+787,7	435,075	28,300	4637,700	1,138	0,0114
29+816	434,927	28,300	4666,000	-0,523	-0,0052
29+844,4	434,036	28,400	4694,400	-3,137	-0,0314
29+872,7	431,772	28,300	4722,700	-8,000	-0,0800
29+900	431,436	27,300	4750,000	-1,231	-0,0123

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C4. Análisis de la variación de pendiente en el tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.

TRAMO 15-16-17					
CALCULOS DE LA VARIACION DE PENDIENTES					
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	% pendientes	Pendientes m/m
29+900	431,436	27,300	4750,000	-8,330	-0,0833
29+929,40	429,311	29,400	4779,400	-7,228	-0,0723
29+958,80	429,498	29,400	4808,800	0,636	0,0064
29+988,20	429,943	29,400	4838,200	1,514	0,0151
30+020,20	432,537	32,000	4870,200	8,106	0,0811
30+048,60	434,445	28,400	4898,600	6,718	0,0672
30+074,90	434,808	26,300	4924,900	1,380	0,0138
30+101,20	434,042	26,300	4951,200	-2,913	-0,0291
30+129,60	433,102	28,400	4979,600	-3,310	-0,0331
30+158,90	432,227	29,300	5008,900	-2,986	-0,0299
30+187,20	431,441	28,300	5037,200	-2,777	-0,0278
30+217,50	430,407	30,300	5067,500	-3,413	-0,0341
30+245,80	431,413	28,300	5095,800	3,555	0,0355
30+276,20	432,164	30,400	5126,200	2,470	0,0247
30+304,60	432,870	28,400	5154,600	2,486	0,0249
30+339,90	431,649	35,300	5189,900	-3,459	-0,0346
30+366,20	429,741	26,300	5216,200	-7,255	-0,0725
30+395,50	426,666	29,300	5245,500	-10,495	-0,1049
30+422,80	426,076	27,300	5272,800	-2,161	-0,0216
30+454,20	426,219	31,400	5304,200	0,455	0,0046
30+482,5	427,754	28,300	5332,500	5,424	0,0542
30+513,9	429,827	31,400	5363,900	6,602	0,0660
30+540,2	430,476	26,300	5390,200	2,468	0,0247
30+568,6	430,309	28,400	5418,600	-0,588	-0,0059
30+597	429,516	28,400	5447,000	-2,792	-0,0279
30+625,3	428,694	28,300	5475,300	-2,905	-0,0290
30+655,6	428,473	30,300	5505,600	-0,729	-0,0073
30+684	429,352	28,400	5534,000	3,095	0,0310
30+712,3	429,705	28,300	5562,300	1,247	0,0125
30+740,6	431,215	28,300	5590,600	5,336	0,0534
30+771	432,395	30,400	5621,000	3,882	0,0388
30+799,3	433,000	28,300	5649,300	2,138	0,0214
30+827,6	433,168	28,300	5677,600	0,594	0,0059
30+856	433,656	28,400	5706,000	1,718	0,0172
30+885,4	433,492	29,400	5735,400	-0,558	-0,0056
30+913,7	435,571	28,300	5763,700	7,346	0,0735
30+942,1	436,936	28,400	5792,100	4,806	0,0481
30+970,5	434,156	28,400	5820,500	-9,789	-0,0979
31+000	433,092	29,500	5850,000	-3,607	-0,0361

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

TRAMO 4-5-6-7						
CALCULOS PARA LA DIRECCION DEL SENTIDO DEL FLUJO EN LA VIA						
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	Pte %	Pte m/m	Pte Media
26+000	420,063	5,660	850,000	-0,371	-0,0037	
26+028,34	422,090	28,340	878,340	7,152	0,0715	0,010503673
26+056,67	425,749	28,330	906,670	12,916	0,1292	
26+085	429,465	28,330	935,000	13,117	0,1312	
26+113,34	430,756	28,340	963,340	4,555	0,0456	
26+141,67	430,073	28,330	991,670	-2,411	-0,0241	
26+170	429,256	28,330	1020,000	-2,884	-0,0288	
26+198,30	431,074	28,300	1048,300	6,424	0,0642	
26+226,70	429,862	28,400	1076,700	-4,268	-0,0427	
26+255	427,821	28,300	1105,000	-7,212	-0,0721	
26+283,30	426,500	28,300	1133,300	-4,668	-0,0467	
26+311,70	425,943	28,400	1161,700	-1,961	-0,0196	
26+340	423,390	28,300	1190,000	-9,021	-0,0902	
26+362,70	420,403	22,700	1212,700	-13,159	-0,1316	
26+391	418,653	28,300	1241,000	-6,184	-0,0618	
26+425	417,204	34,000	1275,000	-4,262	-0,0426	0,009072699
26+453,30	419,901	28,300	1303,300	9,530	0,0953	
26+476	422,742	22,700	1326,000	12,515	0,1252	
26+504,30	425,377	28,300	1354,300	9,311	0,0931	
26+532,70	426,720	28,400	1382,700	4,729	0,0473	
26+561	427,145	28,300	1411,000	1,502	0,0150	
26+589	429,219	28,000	1439,000	7,407	0,0741	
26+617,70	431,969	28,700	1467,700	9,582	0,0958	
26+646	431,791	28,300	1496,000	-0,629	-0,0063	
26+674,30	429,574	28,300	1524,300	-7,834	-0,0783	
26+702,70	428,075	28,400	1552,700	-5,278	-0,0528	
26+731	427,285	28,300	1581,000	-2,792	-0,0279	
26+759,30	426,153	28,300	1609,300	-4,000	-0,0400	
26+787,70	427,905	28,400	1637,700	6,169	0,0617	
26+816	431,055	28,300	1666,000	11,131	0,1113	-0,00263514
26+844,30	433,013	28,300	1694,300	6,919	0,0692	
26+872,70	432,816	28,400	1722,700	-0,694	-0,0069	
26+901	432,010	28,300	1751,000	-2,848	-0,0285	
26+929,30	431,050	28,300	1779,300	-3,392	-0,0339	
26+952	429,005	22,700	1802,000	-9,009	-0,0901	
26+980,30	427,768	28,300	1830,300	-4,371	-0,0437	
27+000	426,180	19,700	1850,000	-8,061	-0,0806	

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C5. Análisis de la dirección del sentido del flujo en el tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.

TRAMO 8-9-10						
CALCULOS PARA LA DIRECCION DEL SENTIDO DEL FLUJO EN LA VIA						
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	Pte %	Pte m/m	Pte Media
27+000	426,180	19,700	1850,000	-8,061	-0,0806	0,00210209
27+065,30	426,015	65,300	1915,300	-0,253	-0,0025	
27+093,70	426,446	28,400	1943,700	1,518	0,0152	
27+122	426,975	28,300	1972,000	1,869	0,0187	
27+150,30	427,219	28,300	2000,300	0,862	0,0086	
27+178,70	428,525	28,400	2028,700	4,599	0,0460	
27+207	430,504	28,300	2057,000	6,993	0,0699	
27+235,3	431,430	28,300	2085,300	3,272	0,0327	-0,00060923
27+263,7	430,321	28,400	2113,700	-3,905	-0,0390	
27+292	428,863	28,300	2142,000	-5,152	-0,0515	
273+20,3	427,190	28,300	2170,300	-5,912	-0,0591	
27+348,7	425,935	28,400	2198,700	-4,419	-0,0442	
27+377	427,615	28,300	2227,000	5,936	0,0594	
27+405,3	429,130	28,300	2255,300	5,353	0,0535	
27+433,7	431,287	28,400	2283,700	7,595	0,0760	0,001465798
27+442,2	431,849	8,500	2292,200	6,612	0,0661	
27+462	433,470	19,800	2312,000	8,187	0,0819	
27+490,3	435,559	28,300	2340,300	7,382	0,0738	
27+518,7	436,954	28,400	2368,700	4,912	0,0491	
27+547	435,646	28,300	2397,000	-4,622	-0,0462	
27+575,3	432,685	28,300	2425,300	-10,463	-0,1046	
27+603,7	429,725	28,400	2453,700	-10,423	-0,1042	0,000151259
27+632	429,962	28,300	2482,000	0,837	0,0084	
27+660,3	431,624	28,300	2510,300	5,873	0,0587	
27+688,7	433,069	28,400	2538,700	5,088	0,0509	

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

TRAMO 8-9-10 Continuación						
CALCULOS PARA LA DIRECCION DEL SENTIDO DEL FLUJO EN LA VIA						
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	Pte %	Pte m/m	Pte Media
27+688,7	433,069	28,400	2538,700	5,088	0,0509	
27+717	433,405	28,300	2567,000	1,187	0,0119	0,000374212
27+745,3	431,458	28,300	2595,300	-6,880	-0,0688	
27+773,7	431,944	28,400	2623,700	1,711	0,0171	
27+802	433,636	28,300	2652,000	5,979	0,0598	
27+830,3	434,072	28,300	2680,300	1,541	0,0154	
27+858,7	431,209	28,400	2708,700	-10,081	-0,1008	
27+887	431,778	28,300	2737,000	2,011	0,0201	
27+915,3	432,361	28,300	2765,300	2,060	0,0206	
27+943,7	429,860	28,400	2793,700	-8,806	-0,0881	
27+972	431,802	28,300	2822,000	6,862	0,0686	
28+000,3	433,140	28,300	2850,300	4,728	0,0473	-0,00197199
28+028,7	432,756	28,400	2878,700	-1,352	-0,0135	
28+057	431,052	28,300	2907,000	-6,021	-0,0602	
28+085,3	428,107	28,300	2935,300	-10,406	-0,1041	
28+113,7	427,124	28,400	2963,700	-3,461	-0,0346	
28+142	427,931	28,300	2992,000	2,852	0,0285	
28+170,3	427,410	28,300	3020,300	-1,841	-0,0184	
28+198,7	427,128	28,400	3048,700	-0,993	-0,0099	
28+227	426,948	28,300	3077,000	-0,636	-0,0064	
28+255,3	427,094	28,300	3105,300	0,516	0,0052	
28+283,7	427,767	28,400	3133,700	2,370	0,0237	0,000949911
28+312	429,275	28,300	3162,000	5,329	0,0533	
28+368	431,069	28,400	3218,000	3,204	0,0320	

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C6. Análisis de la dirección del sentido del flujo en el tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.

TRAMO 11-12-13-14						
CALCULOS PARA LA DIRECCION DEL SENTIDO DEL FLUJO EN LA VIA						
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	Pte %	Pte m/m	Pte Media
28+368	431,069	28,400	3218,000	3,204	0,0632	0,0011334
28+396,3	431,136	28,300	3246,300	0,237	0,0024	
28+416,9	432,667	20,600	3266,900	7,432	0,0743	
28+441,5	434,578	24,600	3291,500	7,768	0,0777	
28+469,8	436,061	28,300	3319,800	5,240	0,0524	
28+498,1	435,895	28,300	3348,100	-0,587	-0,0059	
28+526,5	435,232	28,400	3376,500	-2,335	-0,0233	
28+554,8	434,928	28,300	3404,800	-1,074	-0,0107	
28+581,1	434,997	26,300	3431,100	0,262	0,0026	-0,00029047
28+611,5	432,989	30,400	3461,500	-6,605	-0,0661	
28+639,8	432,121	28,300	3489,800	-3,067	-0,0307	
28+668,1	432,102	28,300	3518,100	-0,067	-0,0007	
28+696,5	433,662	28,400	3546,500	5,493	0,0549	
28+724,8	434,766	28,300	3574,800	3,901	0,0390	
28+751,1	433,882	26,300	3601,100	-3,361	-0,0336	
28+781,5	432,869	30,400	3631,500	-3,332	-0,0333	
28+809,8	432,058	28,300	3659,800	-2,866	-0,0287	-0,00133563
28+838,1	431,906	28,300	3688,100	-0,537	-0,0054	
28+866,5	430,869	28,400	3716,500	-3,651	-0,0365	
28+892,8	429,884	26,300	3742,800	-3,745	-0,0375	
28+922,8	429,142	30,000	3772,800	-2,473	-0,0247	
28+951,2	428,805	28,400	3801,200	-1,187	-0,0119	
28+977,5	428,013	26,300	3827,500	-3,011	-0,0301	
29+002,4	427,040	24,900	3852,400	-3,908	-0,0391	
29+030,5	425,346	28,100	3880,500	-6,028	-0,0603	0,000248886
29+058,8	425,382	28,300	3908,800	0,127	0,0013	
29+087,2	426,813	28,400	3937,200	5,039	0,0504	
29+115,5	428,416	28,300	3965,500	5,664	0,0566	
29+143,8	429,799	28,300	3993,800	4,887	0,0489	
29+172,1	430,718	28,300	4022,100	3,247	0,0325	
29+200,4	429,726	28,300	4050,400	-3,505	-0,0351	
29+228,8	428,257	28,400	4078,800	-5,173	-0,0517	
29+257,1	427,989	28,300	4107,100	-0,947	-0,0095	0,000050781
29+285,4	428,626	28,300	4135,400	2,251	0,0225	

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

TRAMO 11-12-13-14 Continuacion						
CALCULOS PARA LA DIRECCION DEL SENTIDO DEL FLUJO EN LA VIA						
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	Pte %	Pte m/m	Pte Media
29+285,4	428,626	28,300	4135,400	2,251	0,0225	
29+311,8	428,711	26,400	4161,800	0,322	0,0032	0,00088262
29+340,1	428,044	28,300	4190,100	-2,357	-0,0236	
29+368,4	428,000	28,300	4218,400	-0,155	-0,0016	
29+396,8	428,378	28,400	4246,800	1,331	0,0133	
29+425,1	429,789	28,300	4275,100	4,986	0,0499	
29+453,1	432,424	28,000	4303,100	9,411	0,0941	
29+481,5	435,107	28,400	4331,500	9,447	0,0945	0,000644939
29+503,8	436,277	22,300	4353,800	5,247	0,0525	
29+531,8	435,508	28,000	4381,800	-2,746	-0,0275	
29+560,1	434,962	28,300	4410,100	-1,929	-0,0193	
29+588,4	435,207	28,300	4438,400	0,866	0,0087	
29+616,7	435,675	28,300	4466,700	1,654	0,0165	
29+645	435,323	28,300	4495,000	-1,244	-0,0124	-0,00081832
29+669	435,223	24,000	4519,000	-0,417	-0,0042	
29+703	434,934	34,000	4553,000	-0,850	-0,0085	
29+731	434,974	28,000	4581,000	0,143	0,0014	
29+759,4	434,753	28,400	4609,400	-0,778	-0,0078	
29+787,7	435,075	28,300	4637,700	1,138	0,0114	
29+816	434,927	28,300	4666,000	-0,523	-0,0052	
29+844,4	434,036	28,400	4694,400	-3,137	-0,0314	
29+872,7	431,772	28,300	4722,700	-8,000	-0,0800	
29+900	431,436	27,300	4750,000	-1,231	-0,0123	

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C7. Análisis de la dirección del sentido del flujo en el tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.

TRAMO 15-16-17						
CALCULOS PARA LA DIRECCION DEL SENTIDO DEL FLUJO EN LA VIA						
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	Dis. Acum (m)	Pte %	Pte m/m	Pte Media
29+900	431,436	27,300	4750,000	-1,231	-0,0123	
29+929,40	429,311	29,400	4779,400	-7,228	-0,0723	0,000684684
29+958,80	429,498	29,400	4808,800	0,636	0,0064	
29+988,20	429,943	29,400	4838,200	1,514	0,0151	
30+020,20	432,537	32,000	4870,200	8,106	0,0811	
30+048,60	434,445	28,400	4898,600	6,718	0,0672	
30+074,90	434,808	26,300	4924,900	1,380	0,0138	
30+101,20	434,042	26,300	4951,200	-2,913	-0,0291	-0,00066623
30+129,60	433,102	28,400	4979,600	-3,310	-0,0331	
30+158,90	432,227	29,300	5008,900	-2,986	-0,0299	
30+187,20	431,441	28,300	5037,200	-2,777	-0,0278	
30+217,50	430,407	30,300	5067,500	-3,413	-0,0341	
30+245,80	431,413	28,300	5095,800	3,555	0,0355	
30+276,20	432,164	30,400	5126,200	2,470	0,0247	-0,00097922
30+304,60	432,870	28,400	5154,600	2,486	0,0249	
30+339,90	431,649	35,300	5189,900	-3,459	-0,0346	
30+366,20	429,741	26,300	5216,200	-7,255	-0,0725	
30+395,50	426,666	29,300	5245,500	-10,495	-0,1049	
30+422,80	426,076	27,300	5272,800	-2,161	-0,0216	
30+454,20	426,219	31,400	5304,200	0,455	0,0046	0,000409401
30+482,5	427,754	28,300	5332,500	5,424	0,0542	
30+513,9	429,827	31,400	5363,900	6,602	0,0660	
30+540,2	430,476	26,300	5390,200	2,468	0,0247	
30+568,6	430,309	28,400	5418,600	-0,588	-0,0059	
30+597	429,516	28,400	5447,000	-2,792	-0,0279	
30+625,3	428,694	28,300	5475,300	-2,905	-0,0290	0,000908342
30+655,6	428,473	30,300	5505,600	-0,729	-0,0073	
30+684	429,352	28,400	5534,000	3,095	0,0310	
30+712,3	429,705	28,300	5562,300	1,247	0,0125	
30+740,6	431,215	28,300	5590,600	5,336	0,0534	
30+771	432,395	30,400	5621,000	3,882	0,0388	
30+799,3	433,000	28,300	5649,300	2,138	0,0214	-0,00009641
30+827,6	433,168	28,300	5677,600	0,594	0,0059	
30+856	433,656	28,400	5706,000	1,718	0,0172	
30+885,4	433,492	29,400	5735,400	-0,558	-0,0056	
30+913,7	435,571	28,300	5763,700	7,346	0,0735	
30+942,1	436,936	28,400	5792,100	4,806	0,0481	
30+970,5	434,156	28,400	5820,500	-9,789	-0,0979	
31+000	433,092	29,500	5850,000	-3,607	-0,0361	

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C8. Determinación del tiempo de concentración tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.

TRAMO 4-5-6-7					
CALCULOS PARA TIEMPO DE CONCENTRACION SUPERFICIAL Tcs (min)					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Pte Media	ΔL	Tcs (min)
26+000	26+198,30	198,300	0,010504	28	0,683
26+198,30	26+391	192,700	0,010009		0,700
26+391	26+617,70	226,700	0,009073		0,735
26+617,70	26+816	198,300	0,000549		2,989
26+816	27+000	184,000	0,002635		1,364
CALCULOS PARA TIEMPO DE VIAJE Tv (min)					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Pte Media	Vpm	Tv (min)
26+000	26+198,30	198,300	0,010504	0,102487	6,618
26+198,30	26+391	192,700	0,010009	0,100044	6,595
26+391	26+617,70	226,700	0,009073	0,095251	7,763
26+617,70	26+816	198,300	0,000549	0,023423	20,623
26+816	27+000	184,000	0,002635	0,051334	10,640
CALCULOS PARA TIEMPO DE CONCENTRACION Tc = Tcs + Tv					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
26+000	26+198,30	198,300	0,683	6,618	7,301
26+198,30	26+391	192,700	0,700	6,595	7,295
26+391	26+617,70	226,700	0,735	7,763	8,497
26+617,70	26+816	198,300	2,989	20,623	23,612
26+816	27+000	184,000	1,364	10,640	12,003

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C9. Determinación del tiempo de concentración tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.

TRAMO 8-9-10					
CALCULOS PARA TIEMPO DE CONCENTRACION SUPERFICIAL Tcs (min)					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Pte Media	ΔL	Tcs (min)
27+000	27+207	207,000	0,002102	30	1,636
27+207	27+405,3	198,300	0,000609		3,039
27+405,3	27+575,3	170,000	0,001466		1,959
27+575,3	27+688,7	113,400	0,001466		1,959
27+688,7	27+830,3	141,600	0,000374		3,877
27+830,3	28+000,3	170,000	0,000327		4,148
28+000,3	28+198,7	198,400	0,001972		1,689
28+198,7	28+368	169,300	0,000950		2,433

CALCULOS PARA TIEMPO DE VIAJE Tv (min)					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Pte Media	Vpm	Tv (min)
27+000	27+207	207,000	0,002102	0,045849	12,709
27+207	27+405,3	198,300	0,000609	0,024683	19,808
27+405,3	27+575,3	170,000	0,001466	0,038286	12,547
27+575,3	27+688,7	113,400	0,001466	0,038286	9,186
27+688,7	27+830,3	141,600	0,000374	0,019345	18,438
27+830,3	28+000,3	170,000	0,000327	0,018083	22,356
28+000,3	28+198,7	198,400	0,001972	0,044407	12,607
28+198,7	28+368	169,300	0,000950	0,030821	14,781

CALCULOS PARA TIEMPO DE CONCENTRACION Tc = Tcs + Tv					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
27+000	27+207	207,000	1,636	12,709	14,345
27+207	27+405,3	198,300	3,039	19,808	22,846
27+405,3	27+575,3	170,000	1,959	12,547	14,506
27+575,3	27+688,7	113,400	1,959	9,186	11,145
27+688,7	27+830,3	141,600	3,877	18,438	22,315
27+830,3	28+000,3	170,000	4,148	22,356	26,503
28+000,3	28+198,7	198,400	1,689	12,607	14,296
28+198,7	28+368	169,300	2,433	14,781	17,214

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C10. Determinación del tiempo de concentración tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.

TRAMO 11-12-13-14					
CALCULOS PARA TIEMPO DE CONCENTRACION SUPERFICIAL Tcs (min)					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Pte Media	ΔL	Tcs (min)
28+368	28+554,8	186,800	0,001133	29	2,154
28+554,8	28+751,1	196,300	0,000290		4,254
28+751,1	28+951,2	200,100	0,001336		1,984
28+951,2	29+143,8	192,600	0,000249		4,596
29+143,8	29+285,4	141,600	0,000051		10,174
29+285,4	29+453,1	167,700	0,000883		2,440
29+453,1	29+645	191,900	0,000645		2,855
29+645	29+900	255,000	0,000818		2,534
CALCULOS PARA TIEMPO DE VIAJE Tv (min)					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Pte Media	Vpm	Tv (min)
28+368	28+554,8	186,800	0,001133	0,033666	14,896
28+554,8	28+751,1	196,300	0,000290	0,017043	26,139
28+751,1	28+951,2	200,100	0,001336	0,036546	14,744
28+951,2	29+143,8	192,600	0,000249	0,015776	27,338
29+143,8	29+285,4	141,600	0,000051	0,007126	39,779
29+285,4	29+453,1	167,700	0,000883	0,029709	15,094
29+453,1	29+645	191,900	0,000645	0,025396	18,895
29+645	29+900	255,000	0,000818	0,028606	21,458
CALCULOS PARA TIEMPO DE CONCENTRACION Tc = Tcs + Tv					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
28+368	28+554,8	186,800	2,154	14,896	17,049
28+554,8	28+751,1	196,300	4,254	26,139	30,393
28+751,1	28+951,2	200,100	1,984	14,744	16,727
28+951,2	29+143,8	192,600	4,596	27,338	31,933
29+143,8	29+285,4	141,600	10,174	39,779	49,953
29+285,4	29+453,1	167,700	2,440	15,094	17,534
29+453,1	29+645	191,900	2,855	18,895	21,749
29+645	29+900	255,000	2,534	21,458	23,993

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C11. Determinación del tiempo de concentración tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.

TRAMO 15-16-17					
CALCULOS PARA TIEMPO DE CONCENTRACION SUPERFICIAL Tcs (min)					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Pte Media	ΔL	Tcs (min)
29+900	30+074,90	174,900	0,000685	30	2,866
30+074,90	30+245,80	170,900	0,000666		2,906
30+245,80	30+454,20	208,400	0,000979		2,397
30+454,20	30+655,6	201,400	0,000409		3,707
30+655,6	30+856	200,400	0,000908		2,488
30+856	31+000	144,000	0,000096		7,638
CALCULOS PARA TIEMPO DE VIAJE Tv (min)					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Pte Media	Vpm	Tv (min)
29+900	30+074,90	174,900	0,000685	0,026166	17,192
30+074,90	30+245,80	170,900	0,000666	0,025812	17,067
30+245,80	30+454,20	208,400	0,000979	0,031293	17,143
30+454,20	30+655,6	201,400	0,000409	0,020234	23,361
30+655,6	30+856	200,400	0,000908	0,030139	17,123
30+856	31+000	144,000	0,000096	0,009819	31,484
CALCULOS PARA TIEMPO DE CONCENTRACION Tc = Tcs + Tv					
Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Tcs (min)	Tv (min)	Tc (min)
29+900	30+074,90	174,900	2,866	17,192	20,058
30+074,90	30+245,80	170,900	2,906	17,067	19,972
30+245,80	30+454,20	208,400	2,397	17,143	19,540
30+454,20	30+655,6	201,400	3,707	23,361	27,067
30+655,6	30+856	200,400	2,488	17,123	19,611
30+856	31+000	144,000	7,638	31,484	39,122

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C12. Determinación de gastos de infiltración tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.

TRAMO 4-5-6-7								
Caudal por infiltracion Qinf								
Tramo	Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Ir (m/s)	B (m)	Fi	Fr	Qinf (m3/s)
5	26+000	26+198,30	50,000	2,96E-05	6	0,400	0,33	1,19E-03
6	26+198,30	26+391	50,000					1,19E-03
7	26+391	26+617,70	50,000	2,76E-05				1,10E-03
8	26+617,70	26+816	50,000					1,10E-03
9	26+816	27+000	50,000					1,10E-03

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C13. Determinación de gastos de infiltración tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.

TRAMO 8-9-10								
Caudal por infiltracion Qinf								
Tramo	Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	Ir (m/s)	B (m)	Fi	Fr	Qinf (m3/s)
10	27+000	27+207	50,000	2,76E-05	6	0,400	0,33	1,10E-03
11	27+207	27+405,3	50,000					1,10E-03
12	27+405,3	27+575,3	50,000					1,10E-03
13	27+575,3	27+688,7	50,000					1,10E-03
14	27+688,7	27+830,3	50,000					1,10E-03
15	27+830,3	28+000,3	50,000					1,10E-03
16	28+000,3	28+198,7	50,000					1,10E-03
17	28+198,7	28+368	50,000					1,10E-03

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C14. Determinación de gastos de infiltración tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.

TRAMO 11-12-13-14								
Caudal por infiltracion Qinf								
Tramo	Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	lr (m/s)	B (m)	Fi	Fr	Qinf (m3/s)
18	28+368	28+554,8	50,000	2,76E-05	6	0,400	0,33	1,10E-03
19	28+554,8	28+751,1	50,000					1,10E-03
20	28+751,1	28+951,2	50,000					1,10E-03
21	28+951,2	29+143,8	50,000					1,10E-03
22	29+143,8	29+285,4	50,000					1,10E-03
23	29+285,4	29+453,1	50,000					1,10E-03
24	29+453,1	29+645	50,000					1,10E-03
25	29+645	29+900	50,000					1,10E-03

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C15. Determinación de gastos de infiltración tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.

TRAMO 15-16-17								
Caudal por infiltracion Qinf								
Tramo	Pva Inic	Pva Fin	Long. (m)	lr (m/s)	B (m)	Fi	Fr	Qinf (m3/s)
26	29+900	30+074,90	50,000	2,76E-05	6	0,400	0,33	1,10E-03
27	30+074,90	30+245,80	50,000					1,10E-03
28	30+245,80	30+454,20	50,000					1,10E-03
29	30+454,20	30+655,6	50,000					1,10E-03
30	30+655,6	30+856	50,000					1,10E-03
31	30+856	31+000	50,000					1,10E-03

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C16. Determinación del área de la sección transversal de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.

TRAMO 4-5-6-7							
CALCULOS DEL AREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE							
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	% pendientes	V (m/s)	i	Qt	Area (m2)
26+000	420,063	5,660	-0,371	0,0013	1,00	0,00474	3,65
26+028,34	422,090	28,340	7,152	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+056,67	425,749	28,330	12,916	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+085	429,465	28,330	13,117	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+113,34	430,756	28,340	4,555	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+141,67	430,073	28,330	-2,411	0,0075	1,00	0,00568	0,76
26+170	429,256	28,330	-2,884	0,0085	1,00	0,00568	0,67
26+198,30	431,074	28,300	6,424	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+226,70	429,862	28,400	-4,268	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+255	427,821	28,300	-7,212	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+283,30	426,500	28,300	-4,668	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+311,70	425,943	28,400	-1,961	0,0070	1,00	0,00568	0,81
26+340	423,390	28,300	-9,021	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+362,70	420,403	22,700	-13,159	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+391	418,653	28,300	-6,184	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+425	417,204	34,000	-4,262	0,0126	1,00	0,00568	0,45
26+453,30	419,901	28,300	9,530	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+476	422,742	22,700	12,515	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+504,30	425,377	28,300	9,311	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+532,70	426,720	28,400	4,729	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+561	427,145	28,300	1,502	0,0050	1,00	0,00568	1,14
26+589	429,219	28,000	7,407	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+617,70	431,969	28,700	9,582	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+646	431,791	28,300	-0,629	0,0027	1,00	0,00568	2,10
26+674,30	429,574	28,300	-7,834	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+702,70	428,075	28,400	-5,278	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+731	427,285	28,300	-2,792	0,0080	1,00	0,00568	0,71
26+759,30	426,153	28,300	-4,000	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+787,70	427,905	28,400	6,169	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+816	431,055	28,300	11,131	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+844,30	433,013	28,300	6,919	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+872,70	432,816	28,400	-0,694	0,0029	1,00	0,00568	1,96
26+901	432,010	28,300	-2,848	0,0080	1,00	0,00568	0,71
26+929,30	431,050	28,300	-3,392	0,0123	1,00	0,00568	0,46
26+952	429,005	22,700	-9,009	0,0130	1,00	0,00568	0,44
26+980,30	427,768	28,300	-4,371	0,0130	1,00	0,00568	0,44
27+000	426,180	19,700	-8,061	0,0130	1,00	0,00568	0,44

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C17. Determinación del área de la sección transversal de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.

TRAMO 8-9-10							
CALCULOS DEL AREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE							
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	% pendientes	V (m/s)	i	Qt	Area (m2)
27+000	426,180	19,700	-8,061	0,0130	1,00	0,00568	0,44
27+065,30	426,015	65,300	-0,253	0,0013	1,00	0,00883	6,79
27+093,70	426,446	28,400	1,518	0,0050	1,00	0,00883	1,77
27+122	426,975	28,300	1,869	0,0050	1,00	0,00883	1,77
27+150,30	427,219	28,300	0,862	0,0015	1,00	0,00883	5,88
27+178,70	428,525	28,400	4,599	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+207	430,504	28,300	6,993	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+235,3	431,430	28,300	3,272	0,0120	1,00	0,00883	0,74
27+263,7	430,321	28,400	-3,905	0,0129	1,00	0,00883	0,68
27+292	428,863	28,300	-5,152	0,0130	1,00	0,00883	0,68
273+20,3	427,190	28,300	-5,912	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+348,7	425,935	28,400	-4,419	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+377	427,615	28,300	5,936	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+405,3	429,130	28,300	5,353	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+433,7	431,287	28,400	7,595	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+442,2	431,849	8,500	6,612	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+462	433,470	19,800	8,187	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+490,3	435,559	28,300	7,382	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+518,7	436,954	28,400	4,912	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+547	435,646	28,300	-4,622	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+575,3	432,685	28,300	-10,463	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+603,7	429,725	28,400	-10,423	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+632	429,962	28,300	0,837	0,0015	1,00	0,00883	5,88
27+660,3	431,624	28,300	5,873	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+688,7	433,069	28,400	5,088	0,0130	1,00	0,00883	0,68

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

TRAMO 8-9-10 Continucion							
CALCULOS DEL AREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE							
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	% pendientes	V (m/s)	i	Qt	Area (m2)
27+688,7	433,069	28,400	5,088	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+717	433,405	28,300	1,187	0,0035	1,00	0,00883	2,52
27+745,3	431,458	28,300	-6,880	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+773,7	431,944	28,400	1,711	0,0055	1,00	0,00883	1,60
27+802	433,636	28,300	5,979	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+830,3	434,072	28,300	1,541	0,0050	1,00	0,00883	1,77
27+858,7	431,209	28,400	-10,081	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+887	431,778	28,300	2,011	0,0075	1,00	0,00883	1,18
27+915,3	432,361	28,300	2,060	0,0075	1,00	0,00883	1,18
27+943,7	429,860	28,400	-8,806	0,0130	1,00	0,00883	0,68
27+972	431,802	28,300	6,862	0,0130	1,00	0,00883	0,68
28+000,3	433,140	28,300	4,728	0,0130	1,00	0,00883	0,68
28+028,7	432,756	28,400	-1,352	0,0045	1,00	0,00883	1,96
28+057	431,052	28,300	-6,021	0,0130	1,00	0,00883	0,68
28+085,3	428,107	28,300	-10,406	0,0130	1,00	0,00883	0,68
28+113,7	427,124	28,400	-3,461	0,0124	1,00	0,00883	0,71
28+142	427,931	28,300	2,852	0,0080	1,00	0,00883	1,10
28+170,3	427,410	28,300	-1,841	0,0060	1,00	0,00883	1,47
28+198,7	427,128	28,400	-0,993	0,0048	1,00	0,00883	1,84
28+227	426,948	28,300	-0,636	0,0022	1,00	0,00883	4,01
28+255,3	427,094	28,300	0,516	0,0020	1,00	0,00883	4,41
28+283,7	427,767	28,400	2,370	0,0078	1,00	0,00883	1,13
28+312	429,275	28,300	5,329	0,0130	1,00	0,00883	0,68
28+368	431,069	56,000	3,204	0,0120	1,00	0,00883	0,74

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C18. Determinación del área de la sección transversal de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.

TRAMO 11-12-13-14							
CALCULOS DEL AREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE							
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	% pendientes	V (m/s)	i	Qt	Area (m2)
28+368	431,069	28,400	3,204	0,0120	1,00	0,00883	0,74
28+396,3	431,136	28,300	0,237	0,0015	1,00	0,00883	5,88
28+416,9	432,667	20,600	7,432	0,0130	1,00	0,00883	0,68
28+441,5	434,578	24,600	7,768	0,0130	1,00	0,00883	0,68
28+469,8	436,061	28,300	5,240	0,0130	1,00	0,00883	0,68
28+498,1	435,895	28,300	-0,587	0,0025	1,00	0,00883	3,53
28+526,5	435,232	28,400	-2,335	0,0065	1,00	0,00883	1,36
28+554,8	434,928	28,300	-1,074	0,0030	1,00	0,00883	2,94
28+581,1	434,997	26,300	0,262	0,0015	1,00	0,00883	5,88
28+611,5	432,989	30,400	-6,605	0,0130	1,00	0,00883	0,68
28+639,8	432,121	28,300	-3,067	0,0100	1,00	0,00883	0,88
28+668,1	432,102	28,300	-0,067	0,0008	1,00	0,00883	11,03
28+696,5	433,662	28,400	5,493	0,0130	1,00	0,00883	0,68
28+724,8	434,766	28,300	3,901	0,0129	1,00	0,00883	0,68
28+751,1	433,882	26,300	-3,361	0,0120	1,00	0,00883	0,74
28+781,5	432,869	30,400	-3,332	0,0120	1,00	0,00883	0,74
28+809,8	432,058	28,300	-2,866	0,0080	1,00	0,00883	1,10
28+838,1	431,906	28,300	-0,537	0,0022	1,00	0,00883	4,01
28+866,5	430,869	28,400	-3,651	0,0126	1,00	0,00883	0,70
28+892,8	429,884	26,300	-3,745	0,0128	1,00	0,00883	0,69
28+922,8	429,142	30,000	-2,473	0,0065	1,00	0,00883	1,36
28+951,2	428,805	28,400	-1,187	0,0040	1,00	0,00883	2,21
28+977,5	428,013	26,300	-3,011	0,0100	1,00	0,00883	0,88
29+002,4	427,040	24,900	-3,908	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+030,5	425,346	28,100	-6,028	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+058,8	425,382	28,300	0,127	0,0009	1,00	0,00883	9,81
29+087,2	426,813	28,400	5,039	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+115,5	428,416	28,300	5,664	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+143,8	429,799	28,300	4,887	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+172,1	430,718	28,300	3,247	0,0120	1,00	0,00883	0,74
29+200,4	429,726	28,300	-3,505	0,0125	1,00	0,00883	0,71
29+228,8	428,257	28,400	-5,173	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+257,1	427,989	28,300	-0,947	0,0030	1,00	0,00883	2,94
29+285,4	428,626	28,300	2,251	0,0085	1,00	0,00883	1,04

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

TRAMO 11-12-13-14 Continucion							
CALCULOS DEL AREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE							
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	% pendientes	V (m/s)	i	Qt	Area (m2)
29+285,4	428,626	28,300	2,251	0,0085	1,00	0,00883	1,04
29+311,8	428,711	26,400	0,322	0,0020	1,00	0,00883	4,41
29+340,1	428,044	28,300	-2,357	0,0080	1,00	0,00883	1,10
29+368,4	428,000	28,300	-0,155	0,0009	1,00	0,00883	9,81
29+396,8	428,378	28,400	1,331	0,0060	1,00	0,00883	1,47
29+425,1	429,789	28,300	4,986	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+453,1	432,424	28,000	9,411	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+481,5	435,107	28,400	9,447	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+503,8	436,277	22,300	5,247	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+531,8	435,508	28,000	-2,746	0,0085	1,00	0,00883	1,04
29+560,1	434,962	28,300	-1,929	0,0070	1,00	0,00883	1,26
29+588,4	435,207	28,300	0,866	0,0030	1,00	0,00883	2,94
29+616,7	435,675	28,300	1,654	0,0045	1,00	0,00883	1,96
29+645	435,323	28,300	-1,244	0,0040	1,00	0,00883	2,21
29+669	435,223	24,000	-0,417	0,0020	1,00	0,00883	4,41
29+703	434,934	34,000	-0,850	0,0027	1,00	0,00883	3,27
29+731	434,974	28,000	0,143	0,0008	1,00	0,00883	11,03
29+759,4	434,753	28,400	-0,778	0,0005	1,00	0,00883	17,65
29+787,7	435,075	28,300	1,138	0,0040	1,00	0,00883	2,21
29+816	434,927	28,300	-0,523	0,0003	1,00	0,00883	29,42
29+844,4	434,036	28,400	-3,137	0,0120	1,00	0,00883	0,74
29+872,7	431,772	28,300	-8,000	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+900	431,436	27,300	-1,231	0,0130	1,00	0,00883	0,68

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C19. Determinación del área de la sección transversal de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.

TRAMO 15-16-17							
CALCULOS DEL AREA TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE							
Progresiva	Cotas	Distancia (m)	% pendientes	V (m/s)	i	Qt	Area (m2)
29+900	431,436	27,300	-8,330	0,0130	1,00	0,00883	0,68
29+929,40	429,311	29,400	-7,228	0,0020	1,00	0,00662	3,31
29+958,80	429,498	29,400	0,636	0,0020	1,00	0,00662	3,31
29+988,20	429,943	29,400	1,514	0,0040	1,00	0,00662	1,66
30+020,20	432,537	32,000	8,106	0,0130	1,00	0,00662	0,51
30+048,60	434,445	28,400	6,718	0,0130	1,00	0,00662	0,51
30+074,90	434,808	26,300	1,380	0,0045	1,00	0,00662	1,47
30+101,20	434,042	26,300	-2,913	0,0085	1,00	0,00662	0,78
30+129,60	433,102	28,400	-3,310	0,0124	1,00	0,00662	0,53
30+158,90	432,227	29,300	-2,986	0,0085	1,00	0,00662	0,78
30+187,20	431,441	28,300	-2,777	0,0080	1,00	0,00662	0,83
30+217,50	430,407	30,300	-3,413	0,0124	1,00	0,00662	0,53
30+245,80	431,413	28,300	3,555	0,0125	1,00	0,00662	0,53
30+276,20	432,164	30,400	2,470	0,0080	1,00	0,00662	0,83
30+304,60	432,870	28,400	2,486	0,0080	1,00	0,00662	0,83
30+339,90	431,649	35,300	-3,459	0,0124	1,00	0,00662	0,53
30+366,20	429,741	26,300	-7,255	0,0130	1,00	0,00662	0,51
30+395,50	426,666	29,300	-10,495	0,0130	1,00	0,00662	0,51
30+422,80	426,076	27,300	-2,161	0,0075	1,00	0,00662	0,88
30+454,20	426,219	31,400	0,455	0,0015	1,00	0,00662	4,41
30+482,5	427,754	28,300	5,424	0,0130	1,00	0,00662	0,51
30+513,9	429,827	31,400	6,602	0,0130	1,00	0,00662	0,51
30+540,2	430,476	26,300	2,468	0,0080	1,00	0,00662	0,83
30+568,6	430,309	28,400	-0,588	0,0018	1,00	0,00662	3,68
30+597	429,516	28,400	-2,792	0,0085	1,00	0,00662	0,78
30+625,3	428,694	28,300	-2,905	0,0090	1,00	0,00662	0,74
30+655,6	428,473	30,300	-0,729	0,0020	1,00	0,00662	3,31
30+684	429,352	28,400	3,095	0,0100	1,00	0,00662	0,66
30+712,3	429,705	28,300	1,247	0,0045	1,00	0,00662	1,47
30+740,6	431,215	28,300	5,336	0,0130	1,00	0,00662	0,51
30+771	432,395	30,400	3,882	0,0128	1,00	0,00662	0,52
30+799,3	433,000	28,300	2,138	0,0080	1,00	0,00662	0,83
30+827,6	433,168	28,300	0,594	0,0018	1,00	0,00662	3,68
30+856	433,656	28,400	1,718	0,0055	1,00	0,00662	1,20
30+885,4	433,492	29,400	-0,558	0,0020	1,00	0,00662	3,31
30+913,7	435,571	28,300	7,346	0,0130	1,00	0,00662	0,51
30+942,1	436,936	28,400	4,806	0,0130	1,00	0,00662	0,51
30+970,5	434,156	28,400	-9,789	0,0130	1,00	0,00662	0,51
31+000	433,092	29,500	-3,607	0,0126	1,00	0,00662	0,53

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C20. Dimensionado de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.

TRAMO 4-5-6-7			
CALCULOS DEL DIMENSIONADO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE			
Progresiva	Area (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
26+000	3,65	1,00	3,65
26+028,34	0,44	1,00	0,44
26+056,67	0,44	1,00	0,44
26+085	0,44	1,00	0,44
26+113,34	0,44	1,00	0,44
26+141,67	0,76	1,00	0,76
26+170	0,67	1,00	0,67
26+198,30	0,44	1,00	0,44
26+226,70	0,44	1,00	0,44
26+255	0,44	1,00	0,44
26+283,30	0,44	1,00	0,44
26+311,70	0,81	1,00	0,81
26+340	0,44	1,00	0,44
26+362,70	0,44	1,00	0,44
26+391	0,44	1,00	0,44
26+425	0,45	1,00	0,45
26+453,30	0,44	1,00	0,44
26+476	0,44	1,00	0,44
26+504,30	0,44	1,00	0,44
26+532,70	0,44	1,00	0,44
26+561	1,14	1,00	1,14
26+589	0,44	1,00	0,44
26+617,70	0,44	1,00	0,44
26+646	2,10	1,00	2,10
26+674,30	0,44	1,00	0,44
26+702,70	0,44	1,00	0,44
26+731	0,71	1,00	0,71
26+759,30	0,44	1,00	0,44
26+787,70	0,44	1,00	0,44
26+816	0,44	1,00	0,44
26+844,30	0,44	1,00	0,44
26+872,70	1,96	1,00	1,96
26+901	0,71	1,00	0,71
26+929,30	0,46	1,00	0,46
26+952	0,44	1,00	0,44
26+980,30	0,44	1,00	0,44
27+000	0,44	1,00	0,44

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C21. Dimensionado de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.

TRAMO 8-9-10			
CALCULOS DEL DIMENSIONADO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE			
Progresiva	Area (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
27+000	0,44	1,00	0,44
27+065,30	6,79	1,00	6,79
27+093,70	1,77	1,00	1,77
27+122	1,77	1,00	1,77
27+150,30	5,88	1,00	5,88
27+178,70	0,68	1,00	0,68
27+207	0,68	1,00	0,68
27+235,3	0,74	1,00	0,74
27+263,7	0,68	1,00	0,68
27+292	0,68	1,00	0,68
273+20,3	0,68	1,00	0,68
27+348,7	0,68	1,00	0,68
27+377	0,68	1,00	0,68
27+405,3	0,68	1,00	0,68
27+433,7	0,68	1,00	0,68
27+442,2	0,68	1,00	0,68
27+462	0,68	1,00	0,68
27+490,3	0,68	1,00	0,68
27+518,7	0,68	1,00	0,68
27+547	0,68	1,00	0,68
27+575,3	0,68	1,00	0,68
27+603,7	0,68	1,00	0,68
27+632	5,88	1,00	5,88
27+660,3	0,68	1,00	0,68
27+688,7	0,68	1,00	0,68

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

TRAMO 8-9-10 Continuacion			
CALCULOS DEL DIMENSIONADO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE			
Progresiva	Area (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
27+688,7	0,68	1,00	0,68
27+717	2,52	1,00	2,52
27+745,3	0,68	1,00	0,68
27+773,7	1,60	1,00	1,60
27+802	0,68	1,00	0,68
27+830,3	1,77	1,00	1,77
27+858,7	0,68	1,00	0,68
27+887	1,18	1,00	1,18
27+915,3	1,18	1,00	1,18
27+943,7	0,68	1,00	0,68
27+972	0,68	1,00	0,68
28+000,3	0,68	1,00	0,68
28+028,7	1,96	1,00	1,96
28+057	0,68	1,00	0,68
28+085,3	0,68	1,00	0,68
28+113,7	0,71	1,00	0,71
28+142	1,10	1,00	1,10
28+170,3	1,47	1,00	1,47
28+198,7	1,84	1,00	1,84
28+227	4,01	1,00	4,01
28+255,3	4,41	1,00	4,41
28+283,7	1,13	1,00	1,13
28+312	0,68	1,00	0,68
28+368	0,74	1,00	0,74

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C22. Dimensionado de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.

TRAMO 11-12-13-14			
CALCULOS DEL DIMENSIONADO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE			
Progresiva	Area (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
28+368	0,74	1,00	0,74
28+396,3	5,88	1,00	5,88
28+416,9	0,68	1,00	0,68
28+441,5	0,68	1,00	0,68
28+469,8	0,68	1,00	0,68
28+498,1	3,53	1,00	3,53
28+526,5	1,36	1,00	1,36
28+554,8	2,94	1,00	2,94
28+581,1	5,88	1,00	5,88
28+611,5	0,68	1,00	0,68
28+639,8	0,88	1,00	0,88
28+668,1	11,03	1,00	11,03
28+696,5	0,68	1,00	0,68
28+724,8	0,68	1,00	0,68
28+751,1	0,74	1,00	0,74
28+781,5	0,74	1,00	0,74
28+809,8	1,10	1,00	1,10
28+838,1	4,01	1,00	4,01
28+866,5	0,70	1,00	0,70
28+892,8	0,69	1,00	0,69
28+922,8	1,36	1,00	1,36
28+951,2	2,21	1,00	2,21
28+977,5	0,88	1,00	0,88
29+002,4	0,68	1,00	0,68
29+030,5	0,68	1,00	0,68
29+058,8	9,81	1,00	9,81
29+087,2	0,68	1,00	0,68
29+115,5	0,68	1,00	0,68
29+143,8	0,68	1,00	0,68
29+172,1	0,74	1,00	0,74
29+200,4	0,71	1,00	0,71
29+228,8	0,68	1,00	0,68
29+257,1	2,94	1,00	2,94
29+285,4	1,04	1,00	1,04

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

TRAMO 11-12-13-14 Continuacion			
CALCULOS DEL DIMENSIONADO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE			
Progresiva	Area (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
29+285,4	1,04	1,00	1,04
29+311,8	4,41	1,00	4,41
29+340,1	1,10	1,00	1,10
29+368,4	9,81	1,00	9,81
29+396,8	1,47	1,00	1,47
29+425,1	0,68	1,00	0,68
29+453,1	0,68	1,00	0,68
29+481,5	0,68	1,00	0,68
29+503,8	0,68	1,00	0,68
29+531,8	1,04	1,00	1,04
29+560,1	1,26	1,00	1,26
29+588,4	2,94	1,00	2,94
29+616,7	1,96	1,00	1,96
29+645	2,21	1,00	2,21
29+669	4,41	1,00	4,41
29+703	3,27	1,00	3,27
29+731	11,03	1,00	11,03
29+759,4	17,65	1,00	17,65
29+787,7	2,21	1,00	2,21
29+816	29,42	1,00	29,42
29+844,4	0,74	1,00	0,74
29+872,7	0,68	1,00	0,68
29+900	0,68	1,00	0,68

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C23. Dimensionado de la zanja de subdrenaje tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.

TRAMO 15-16-17			
CALCULOS DEL DIMENSIONADO DE LA ZANJA DE SUBDRENAJE			
Progresiva	Area (m2)	Ancho (m)	Profundidad (m)
29+900	0,68	1,00	0,68
29+929,40	3,31	1,00	3,31
29+958,80	3,31	1,00	3,31
29+988,20	1,66	1,00	1,66
30+020,20	0,51	1,00	0,51
30+048,60	0,51	1,00	0,51
30+074,90	1,47	1,00	1,47
30+101,20	0,78	1,00	0,78
30+129,60	0,53	1,00	0,53
30+158,90	0,78	1,00	0,78
30+187,20	0,83	1,00	0,83
30+217,50	0,53	1,00	0,53
30+245,80	0,53	1,00	0,53
30+276,20	0,83	1,00	0,83
30+304,60	0,83	1,00	0,83
30+339,90	0,53	1,00	0,53
30+366,20	0,51	1,00	0,51
30+395,50	0,51	1,00	0,51
30+422,80	0,88	1,00	0,88
30+454,20	4,41	1,00	4,41
30+482,5	0,51	1,00	0,51
30+513,9	0,51	1,00	0,51
30+540,2	0,83	1,00	0,83
30+568,6	3,68	1,00	3,68
30+597	0,78	1,00	0,78
30+625,3	0,74	1,00	0,74
30+655,6	3,31	1,00	3,31
30+684	0,66	1,00	0,66
30+712,3	1,47	1,00	1,47
30+740,6	0,51	1,00	0,51
30+771	0,52	1,00	0,52
30+799,3	0,83	1,00	0,83
30+827,6	3,68	1,00	3,68
30+856	1,20	1,00	1,20
30+885,4	3,31	1,00	3,31
30+913,7	0,51	1,00	0,51
30+942,1	0,51	1,00	0,51
30+970,5	0,51	1,00	0,51
31+000	0,53	1,00	0,53

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C24. Calculo de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.

TRAMO 4-5-6-7								
CALCULOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DEL SUBDRENAJE								
Progresiva	% Pdte	Qt (m3/s)	n	Φ (mm)	Area (m2)	Rh (m)	Qcap	Vc (m/s)
26+000	-0,371						0,041	4,269
26+028,34	7,152						0,178	18,743
26+056,67	12,916						0,239	25,187
26+085	13,117						0,241	25,382
26+113,34	4,555						0,142	14,958
26+141,67	-2,411						0,103	10,882
26+170	-2,884						0,113	11,901
26+198,30	6,424						0,169	17,763
26+226,70	-4,268						0,138	14,478
26+255	-7,212						0,179	18,821
26+283,30	-4,668						0,144	15,142
26+311,70	-1,961						0,093	9,815
26+340	-9,021						0,200	21,050
26+362,70	-13,159						0,242	25,422
26+391	-6,184						0,166	17,428
26+425	-4,262						0,137	14,468
26+453,30	9,530						0,206	21,635
26+476	12,515						0,236	24,793
26+504,30	9,311	0,00568	0,013	110	0,009503	0,028	0,203	21,385
26+532,70	4,729						0,145	15,240
26+561	1,502						0,082	8,588
26+589	7,407						0,181	19,074
26+617,70	9,582						0,206	21,694
26+646	-0,629						0,053	5,558
26+674,30	-7,834						0,186	19,616
26+702,70	-5,278						0,153	16,101
26+731	-2,792						0,111	11,709
26+759,30	-4,000						0,133	14,017
26+787,70	6,169						0,165	17,407
26+816	11,131						0,222	23,382
26+844,30	6,919						0,175	18,434
26+872,70	-0,694						0,055	5,837
26+901	-2,848						0,112	11,827
26+929,30	-3,392						0,123	12,908
26+952	-9,009						0,200	21,035
26+980,30	-4,371						0,139	14,652
27+000	-8,061						0,189	19,898

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C25. Calculo de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.

TRAMO 8-9-10								
CALCULOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DEL SUBDRENAJE								
Progresiva	% Pdte	Qt (m3/s)	n	Ø (mm)	Area (m2)	Rh (m)	Qcap	Vc (m/s)
27+000	-8,061	0,00883	0,013	110	0,009503	0,028	0,189	19,898
27+065,30	-0,253						0,033	3,523
27+093,70	1,518						0,082	8,634
27+122	1,869						0,091	9,582
27+150,30	0,862						0,062	6,507
27+178,70	4,599						0,143	15,029
27+207	6,993						0,176	18,533
27+235,3	3,272						0,120	12,677
27+263,7	-3,905						0,132	13,849
27+292	-5,152						0,151	15,907
273+20,3	-5,912						0,162	17,040
27+348,7	-4,419						0,140	14,732
27+377	5,936						0,162	17,075
27+405,3	5,353						0,154	16,215
27+433,7	7,595						0,184	19,314
27+442,2	6,612						0,171	18,021
27+462	8,187						0,191	20,053
27+490,3	7,382						0,181	19,041
27+518,7	4,912						0,148	15,532
27+547	-4,622						0,143	15,067
27+575,3	-10,463						0,215	22,669
27+603,7	-10,423						0,215	22,626
27+632	0,837						0,061	6,413
27+660,3	5,873						0,161	16,984
27+688,7	5,088						0,150	15,808

TRAMO 8-9-10 Continuacion								
CALCULOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DEL SUBDRENAJE								
Progresiva	% Pdte	Qt (m3/s)	n	Ø (mm)	Area (m2)	Rh (m)	Qcap	Vc (m/s)
27+688,7	5,088	0,00883	0,013	110	0,009503	0,028	0,150	15,808
27+717	1,187						0,073	7,636
27+745,3	-6,880						0,175	18,382
27+773,7	1,711						0,087	9,168
27+802	5,979						0,163	17,136
27+830,3	1,541						0,083	8,699
27+858,7	-10,081						0,211	22,252
27+887	2,011						0,094	9,937
27+915,3	2,060						0,096	10,059
27+943,7	-8,806						0,198	20,797
27+972	6,862						0,174	18,359
28+000,3	4,728						0,145	15,239
28+028,7	-1,352						0,077	8,149
28+057	-6,021						0,163	17,197
28+085,3	-10,406						0,215	22,608
28+113,7	-3,461						0,124	13,039
28+142	2,852						0,112	11,835
28+170,3	-1,841						0,090	9,509
28+198,7	-0,993						0,066	6,984
28+227	-0,636						0,053	5,589
28+255,3	0,516						0,048	5,034
28+283,7	2,370						0,103	10,788
28+312	5,329						0,154	16,178
28+368	3,204						0,119	12,544

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C26. Calculo de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.

TRAMO 11-12-13-14								
CALCULOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DEL SUBDRENAJE								
Progresiva	% Pdte	Qt (m3/s)	n	Φ (mm)	Area (m2)	Rh (m)	Qcap	Vc (m/s)
28+368	3,204						0,119	12,544
28+396,3	0,237						0,032	3,410
28+416,9	7,432						0,182	19,106
28+441,5	7,768						0,186	19,533
28+469,8	5,240						0,152	16,043
28+498,1	-0,587						0,051	5,368
28+526,5	-2,335						0,102	10,708
28+554,8	-1,074						0,069	7,264
28+581,1	0,262						0,034	3,590
28+611,5	-6,605						0,171	18,012
28+639,8	-3,067						0,117	12,274
28+668,1	-0,067						0,017	1,816
28+696,5	5,493						0,156	16,425
28+724,8	3,901						0,132	13,842
28+751,1	-3,361						0,122	12,849
28+781,5	-3,332						0,122	12,793
28+809,8	-2,866	0,00883	0,013	110	0,009503	0,028	0,113	11,864
28+838,1	-0,537						0,049	5,136
28+866,5	-3,651						0,127	13,392
28+892,8	-3,745						0,129	13,563
28+922,8	-2,473						0,105	11,022
28+951,2	-1,187						0,073	7,634
28+977,5	-3,011						0,116	12,162
29+002,4	-3,908						0,132	13,854
29+030,5	-6,028						0,164	17,207
29+058,8	0,127						0,024	2,500
29+087,2	5,039						0,150	15,732
29+115,5	5,664						0,159	16,680
29+143,8	4,887						0,147	15,493
29+172,1	3,247						0,120	12,629
29+200,4	-3,505						0,125	13,121
29+228,8	-5,173						0,151	15,939
29+257,1	-0,947						0,065	6,820
29+285,4	2,251						0,100	10,514

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

TRAMO 11-12-13-14 Continuacion								
CALCULOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DEL SUBDRENAJE								
Progresiva	% Pdte	Qt (m3/s)	n	Φ (mm)	Area (m2)	Rh (m)	Qcap	Vc (m/s)
29+285,4	2,251						0,100	10,514
29+311,8	0,322						0,038	3,977
29+340,1	-2,357						0,102	10,759
29+368,4	-0,155						0,026	2,763
29+396,8	1,331						0,077	8,085
29+425,1	4,986						0,149	15,649
29+453,1	9,411						0,204	21,499
29+481,5	9,447						0,205	21,541
29+503,8	5,247						0,153	16,053
29+531,8	-2,746						0,110	11,614
29+560,1	-1,929						0,093	9,735
29+588,4	0,866	0,00883	0,013	110	0,009503	0,028	0,062	6,521
29+616,7	1,654						0,086	9,012
29+645	-1,244						0,074	7,816
29+669	-0,417						0,043	4,524
29+703	-0,850						0,061	6,461
29+731	0,143						0,025	2,649
29+759,4	-0,778						0,059	6,182
29+787,7	1,138						0,071	7,476
29+816	-0,523						0,048	5,068
29+844,4	-3,137						0,118	12,413
29+872,7	-8,000						0,188	19,822
29+900	-1,231						0,074	7,775

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C27. Calculo de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.

TRAMO 15-16-17								
CALCULOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DEL SUBDRENAJE								
Progresiva	% Pdte	Qt (m3/s)	n	Φ (mm)	Area (m2)	Rh (m)	Qcap	Vc (m/s)
29+900	-8,330						0,192	20,227
29+929,40	-7,228						0,179	18,842
29+958,80	0,636						0,053	5,589
29+988,20	1,514						0,082	8,622
30+020,20	8,106						0,190	19,954
30+048,60	6,718						0,173	18,165
30+074,90	1,380						0,078	8,234
30+101,20	-2,913						0,114	11,960
30+129,60	-3,310						0,121	12,750
30+158,90	-2,986						0,115	12,111
30+187,20	-2,777						0,111	11,680
30+217,50	-3,413						0,123	12,946
30+245,80	3,555						0,126	13,213
30+276,20	2,470						0,105	11,015
30+304,60	2,486						0,105	11,050
30+339,90	-3,459						0,124	13,034
30+366,20	-7,255						0,179	18,877
30+395,50	-10,495						0,216	22,704
30+422,80	-2,161						0,098	10,303
30+454,20	0,455	0,00662	0,013	110	0,009503	0,028	0,045	4,729
30+482,5	5,424						0,155	16,322
30+513,9	6,602						0,171	18,007
30+540,2	2,468						0,105	11,009
30+568,6	-0,588						0,051	5,374
30+597	-2,792						0,111	11,711
30+625,3	-2,905						0,114	11,944
30+655,6	-0,729						0,057	5,985
30+684	3,095						0,117	12,330
30+712,3	1,247						0,074	7,827
30+740,6	5,336						0,154	16,189
30+771	3,882						0,131	13,808
30+799,3	2,138						0,097	10,247
30+827,6	0,594						0,051	5,400
30+856	1,718						0,087	9,187
30+885,4	-0,558						0,050	5,234
30+913,7	7,346						0,181	18,995
30+942,1	4,806						0,146	15,365
30+970,5	-9,789						0,208	21,927
31+000	-3,607						0,126	13,310

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C28. Calculo de la estimación del diámetro de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 4,5,6 y 7.

TRAMO 4-5-6-7									
CALCULO DE ESTIMACION DE DIAMETRO DE TUBERIA									
Φ (in)	Pendiente	Φ (mm)	Area (m2)	n	S ^{1/2}	Rh	Rh ^{2/3}	Qcap (m3/s)	Qtt
2	0,13159	75,00	0,00441786	0,013	0,363	0,019	0,071	0,0087	0,00568
4	0,13159	110,00	0,00950332	0,013	0,363	0,028	0,091	0,0242	
6	0,13159	160,00	0,02010619	0,013	0,363	0,040	0,117	0,0656	
8	0,13159	200,00	0,03141593	0,013	0,363	0,050	0,136	0,1190	
10	0,13159	250,00	0,04908739	0,013	0,363	0,063	0,157	0,2157	

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C29. Calculo de la estimación del diámetro de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 8,9 y 10.

TRAMO 8-9-10									
CALCULO DE ESTIMACION DE DIAMETRO DE TUBERIA									
Φ (in)	Pendiente	Φ (mm)	Area (m2)	n	S ^{1/2}	Rh	Rh ^{2/3}	Qcap (m3/s)	Qtt
2	0,10463	75,00	0,00441786	0,013	0,323	0,019	0,071	0,0078	0,00883
4	0,10463	110,00	0,00950332	0,013	0,323	0,028	0,091	0,0215	
6	0,10463	160,00	0,02010619	0,013	0,323	0,040	0,117	0,0585	
8	0,10463	200,00	0,03141593	0,013	0,323	0,050	0,136	0,1061	
10	0,10463	250,00	0,04908739	0,013	0,323	0,063	0,157	0,1924	

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C30. Calculo de la estimación del diámetro de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 11,12,13 y 14.

TRAMO 11-12-13-14									
CALCULO DE ESTIMACION DE DIAMETRO DE TUBERIA									
Φ (in)	Pendiente	Φ (mm)	Area (m2)	n	S ^{1/2}	Rh	Rh ^{2/3}	Qcap (m3/s)	Qtt
2	0,09447	75,00	0,00441786	0,013	0,307	0,019	0,071	0,0074	0,00883
4	0,09447	110,00	0,00950332	0,013	0,307	0,028	0,091	0,0205	
6	0,09447	160,00	0,02010619	0,013	0,307	0,040	0,117	0,0556	
8	0,09447	200,00	0,03141593	0,013	0,307	0,050	0,136	0,1008	
10	0,09447	250,00	0,04908739	0,013	0,307	0,063	0,157	0,1828	

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.

C31. Calculo de la estimación del diámetro de la tubería de drenaje para el tramo comprendido entre los puntos 15,16 y 17.

TRAMO 15-16-17									
CALCULO DE ESTIMACION DE DIAMETRO DE TUBERIA									
Φ (in)	Pendiente	Φ (mm)	Area (m2)	n	$S^{1/2}$	Rh	$Rh^{2/3}$	Qcap (m3/s)	Qtt
2	0,10495	75,00	0,00441786	0,013	0,324	0,019	0,071	0,0078	0,00662
4	0,10495	110,00	0,00950332	0,013	0,324	0,028	0,091	0,0216	
6	0,10495	160,00	0,02010619	0,013	0,324	0,040	0,117	0,0586	
8	0,10495	200,00	0,03141593	0,013	0,324	0,050	0,136	0,1063	
10	0,10495	250,00	0,04908739	0,013	0,324	0,063	0,157	0,1926	

Fuente: Rincon S (2021), en base a Google Earth.