INFORME DEL ESTUDIO DE HIDROLOGIA, HIDRAULICA Y SOCAVACION PLACA HUELLA TULANTA

Proyecto:

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLA EN LA VEREDA TULANTA Y EL VOLCÁN DEL MUNICIPIO DE PAMPLONITA NORTE DE SANTANDER

Peticionario:
ALCALDÍA DE PAMPLONITA
Nit: 890506116-8

Sergio Alejandro Labrador Gutiérrez
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería de Vías y transporte
M.P. 54202-089504

Pamplonita, Norte de Santander
Enero de 2025

Dirección: CENTRO COMERCIAL BOLIVAR LC G6-2 BARRIO SAN MATEO
Cel: 3123285276 ; E-mail: sergiolabradorg@hotmail.com

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN 4
1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 4
2. ALCANCE DEL ESTUDIO 5
3. PERIODOS DE RETORNO DE OBRAS DE DRENAJE VIAL 7
3.1. PERIODOS DE RETORNO DE OBRAS DE DRENAJE VIAL 7
4. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LA ZONA 7
5. INVENTARIO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EXISTENTES 7
6. Modelos Lluvia – Escorrentía 9
6.1. Método del hidrograma de escorrentía superficial 9
6.2. Método racional 9
7. ANÁLISIS Y DISEÑO DE OBRAS PARA EL CONTROL DE AGUAS LLUVIAS 11
7.1. PARÁMETROS DE DISEÑO 11
7.1.1. Características de la zona 11
7.1.2. Intensidad - Frecuencia - Duración De Las Lluvias 12
7.1.3. Análisis de precipitaciones en la cuenca: 13
7.1.4. Coeficiente de Escorrentía 20
7.1.5. Áreas aferentes de drenaje a la vía 21
8. EVALUACIÓN HIDRAULICA DE LAS ESTRUCTURAS 22
8.1. Cunetas 22
8.2. Alcantarillas 23
8.3. diseño de disipadores 25
9. Conclusiones 27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de pamplonita 4
Figura 2. Ubicación tramo vereda Tulanta, municipio de Pamplonita..... 5
Figura 4. Zona de estudio el Tulanta mapa aéreo Google earth. 6
Figura 5. Zona de estudio el Tulanta mapa de carreteras Google earth 6
Figura 6. Ubicación de la estación LA DONJUANA 2 13
Figura 7. Detalles de la estación LA DONJUANA 2 14
Figura 8. Área aferente zona Tulanta..... 21
Figura 9. Sección típica placa huella..... 22
Figura 10. Encole y descole alcantarilla tipo invias. 24
Figura 11. Sección tipo disipador 26

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tramos de estudio..... 5
Tabla 2. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial del invias 7
Tabla 3. Detalle de las alcantarillas existentes..... 8
Tabla 4. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales..... 11
Tabla 5. Valores de los coeficientes a,b,c y d para el calculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia. 13
Tabla 6. Valores máximos mensuales de precipitación total (datos en mm), estación meteorológica..... 14
Tabla 7. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas (datos en mm), estación meteorológica 15
Tabla 8. Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno 16
Tabla 9. Tabla de intensidades - Tiempo de duración..... 17
Tabla 10. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial 19
Tabla 11. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales..... 20
Tabla 12. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas urbanas..... 20
Tabla 13. Verificación de cunetas 23
Tabla 14. Verificación de alcantarillas..... 25
Tabla 15. Descripción de disipadores 26

1. INTRODUCCIÓN

Realizar los análisis hidrológicos y diseños de la obra de drenaje necesarios para el correcto funcionamiento del proyecto CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLA EN LA VEREDA TULANTA DEL MUNICIPIO DE PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER, cumpliendo las disposiciones descritas vigentes en el Manual de Drenajes para Carreteras INVIAS (2009) y las disposiciones del Código Colombiano de Diseño de Puentes CCP14 (2014).

1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Municipio de Pamplonita, se encuentran ubicado en la Subregión Sur - Occidental, del departamento Norte de Santander, a una distancia de 64 kilómetros aproximadamente, de la capital Norte santandereana.



Figura 1. Localización del municipio de pamplonita

Fuente:https://es.wikipedia.org/wiki/Pamplonita#/media/Archivo:Colombia_-_Norte_de_Santander_-_Pamplonita.svg

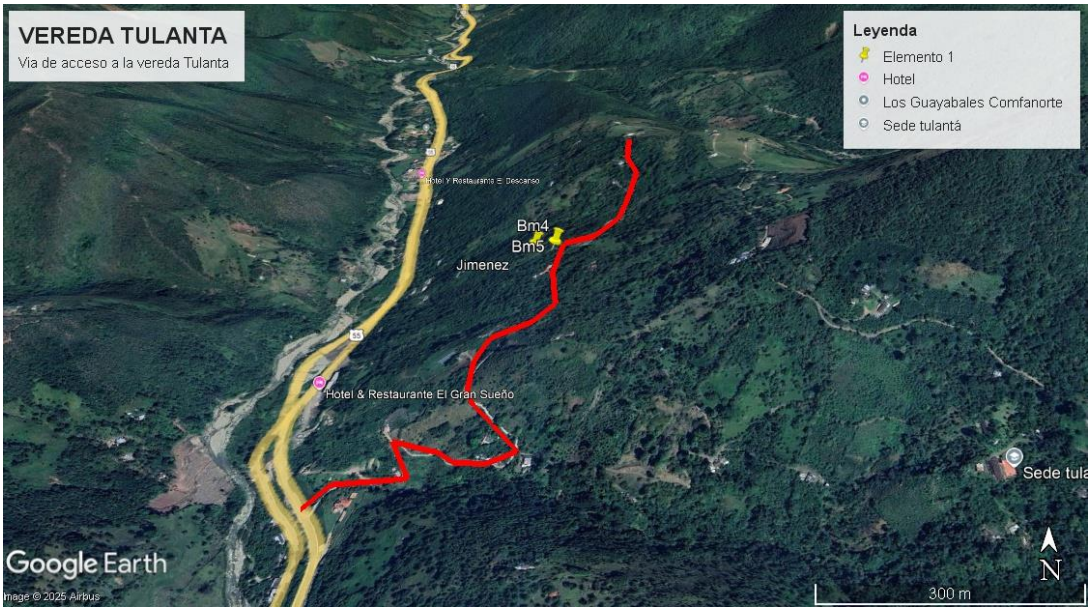


Figura 2. Ubicación tramo vereda Tulanta, municipio de Pamplonita
Fuente:https://www.google.com/maps/@7.55906,72.6192,7815m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDIwMi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D

2. ALCANCE DEL ESTUDIO

Este estudio está orientado al manejo de la escorrentía superficial proveniente de aguas lluvias en las vías terciarias de la vereda Tulanta del municipio de Pamplonita, Norte de Santander. El estudio se desarrolló cumpliendo con las recomendaciones del Manual de Drenaje para Carreteras y la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

El estudio genera una evaluación para las estructuras de drenaje existentes y propuestas dentro del diseño de las placa-huellas para la vereda Tulanta del municipio de Pamplonita, teniendo en cuenta 4 tramos para la vereda Tulanta.;

Tabla 1. Descripción de los tramos de estudio

TRAMO	ABSCISA INICAL	ABSCISA FINAL	LONGITUD (m)
T1 TULANTA	K0+195	K0+310,71	115,71
T2 TULANTA	K0+809	K0+926,22	117,22
T3 TULANTA	k1+000	k1+253	253
T4 TULANTA	k1+578	k1+689,19	111,19



Figura 3. Zona de estudio el Tulanta mapa aéreo Google earth.



Figura 4. Zona de estudio el Tulanta mapa de carreteras Google earth

3. PERIODOS DE RETORNO DE OBRAS DE DRENAJE VIAL

De acuerdo al manual de drenaje para carreteras presentado por el Instituto Nacional de VÍAS, es usual tomar riesgos permisibles en obras de drenaje de vías en el rango entre 0.05 y 0.10, dependiendo de la importancia de la obra, que indirectamente está ligada al caudal pico de escorrentía superficial y a los daños que se causarían cuando la obra es desbordada en su caudal de diseño.

3.1. PERIODOS DE RETORNO DE OBRAS DE DRENAJE VIAL

Se deberán adoptar los siguientes periodos de retorno para el cálculo de caudales máximos instantáneos anuales en obras de drenaje vial:

Tabla 2. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial del invias

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)[1]
Cunetas	5
Zanjas de Coronación[2]	10
Estructuras de Caída[2]	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o Igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Fuente: Manual de drenaje para carreteras (INVIAS)

Como el estudio contempla análisis de cunetas y alcantarillas, se adopta periodo de retorno de 5 años para cunetas y periodo de retorno de 10 años para el análisis de alcantarillas.

4. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LA ZONA

La zona en estudio del componente hidrológico del proyecto comprende el área de la divisoria de aguas que drena por escorrentías a la vía, las cuales son captadas por las

cunetas y estas las transportan hasta las alcantarillas que las evacuan a zonas donde no representan amenaza, en este caso hasta el cauce más cercano.

Para poder determinar los caudales que llegan a los tramos de vía que se encuentran en la vereda Tulanta, entre las abscisas de los diseños, se determinan los parámetros básicos para aplicar el método racional que es el que se ajusta a la información disponible de la zona. Entre estos parámetros están las curvas IDF, el coeficiente de escorrentía y el área de la divisoria aferente a la vía.

5. INVENTARIO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EXISTENTES

Se realizo una inspección a las zonas que están proyectando diseñarse, por lo cual se identificaron las siguientes estructuras existentes y se describen las condiciones en las cuales se encuentran;

Tabla 3. Detalle de las alcantarillas existentes

Tramo	No.	Abscisa	Encole	ducto	Descole	Estructura de disipación
Tulanta tramo 2	1	915,7	Encole medianamente colmatado Sección de 1x1x0,20 Long 4,4 Guarda rueda de 1,8*0,20*0,40 Tubería en concreto de 22" Altura 1,8	un tramo colapsado, longitud tunería de 24”, 4,6 m	Descole Tubería en concreto Elaborada en concreto ciclópeo	no hay
Tulanta tramo 3	2	1043,3	Tubería en concreto de 21" Sección de 1x1*0,20 Buen estado Guarda rueda 1,54*0,30,*0,25 Altura 1,51 En funcionamiento	en buen estado, tubería de 24”, longitud 4,6 m	Descole alc #2 tramo #3 En buen estado En funcionamiento Concreto ciclópeo	no hay
Tulanta tramo 3	3	1254,3	Sección 1,40*1,46*0,20 Tubería en concreto de 21" Buen estado En funcionamiento Guarda rueda 1,8 x0,15 x 0,23 Altura de 2,15	en buen estado, tubería de 24” longitud, 5,4 m	Altura 3,6 Buen estado Concreto ciclópeo En funcionamiento Espesor 0,25	no hay

tulanta tramo 4	4	1578	Sección 1*1*0,4 Altura 1,70 En buen estado En funcionamiento Guarda rueda 1,4*0,15*0,20	Long 5,7 Tubería en concreto de 24"	Muro 2,16*0,26*1 Buen estado	no hay

6. Modelos Lluvia – Escorrentía

Los modelos lluvia – escorrentía son utilizados cuando no existe la posibilidad de obtener medidas directas de caudales de drenaje en hoyas hidrográficas, y son modelos en los cuales se calcula la escorrentía superficial.

Existentes en la cuenca de interés y representativos de ella, aplicados a la hoya hidrográfica con características específicas geométricas, de suelos, vegetación, etc., se calcula el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial sobre la hoya.

6.1. Método del hidrograma de escorrentía superficial

Utilizado para áreas de drenaje mayores a 2.5 km2. Sherman, el autor de la metodología, lo propuso para áreas de drenaje de hasta 20 km2, pero es usual utilizarlo en hidrología para valores mayores. Cuando las áreas de drenaje en una cuenca son mayores a este valor, se aconseja subdividirla en subcuencas y aplicar metodologías computacionales (programas HEC-1 o HEC-HMS, por ejemplo) para tener en cuenta el hidrograma de creciente producido por cada una de las subcuencas y su tránsito a través del canal principal de la misma.

6.2. Método racional

Existe discrepancia entre los diferentes autores sobre el rango de aplicabilidad del método en relación con el área de drenaje de las hoyas. Valores entre 0.65 y 12.5 km2 han sido citados en la literatura técnica. La tendencia actual es usar 1.3 a 2.5 km2 como el límite superior para la aplicabilidad del método racional. Según el Manual de INVIAS de drenajes se deberá adoptar un área de drenaje máxima igual a 2.5 km2 para el uso de este método.

Para el presente estudio se va a utilizar el método racional teniendo en cuenta que el área de la cuenca de la zona de estudio es menor a 2.5 km2.

El método racional parte de la definición del coeficiente de escorrentía C, valor adimensional, el cual se puede definir como la relación entre el volumen de escorrentía superficial, VE, y el volumen de precipitación total, Vp, ambos expresados en m3, así:

$$C = \frac{VEscorrentia\ Superificial}{VPrecipitación\ Total} = \frac{VE}{VP} = \frac{\frac{VE}{t}}{\frac{VP}{t}}$$

$$\frac{VP}{t} = iA \qquad \frac{VE}{t} = QE$$

Dónde:

QE: Caudal de escorrentía superficial, en metros cúbicos por segundo (m3/s).
i: Intensidad de precipitación, en metros por segundo (m/s).
t: Tiempo de duración de la lluvia, en segundos (s).
A: Área de drenaje de la hoya hidrográfica, en metros cuadrados (m2).

Al utilizar la fórmula racional, se supone que el caudal QE toma un valor de caudal máximo (pico) QP, cuando, debido a una cierta intensidad de lluvia sobre el área de drenaje, es producido por esa precipitación que se mantiene por un tiempo igual al periodo de concentración del caudal en el punto en consideración. Teóricamente, éste es el tiempo de concentración, el cual se define como el tiempo requerido para que la escorrentía superficial fluya desde la parte más remota de la hoya hasta el punto de interés.

Entonces, QP corresponde a una lluvia de intensidad i sobre un área de drenaje A, lluvia ésta que dure, como mínimo, un tiempo tal que toda el área de drenaje contribuya a la escorrentía superficial, siendo QP el caudal máximo de escorrentía superficial, el cual está dado por:

$$QP = CiA$$

Ahora bien, si A está dado en km2, i en mm/h y Qp en m3/s, la anterior ecuación queda igual a:

$$QP = 0.278\ CiA$$

7. ANÁLISIS Y DISEÑO DE OBRAS PARA EL CONTROL DE AGUAS LLUVIAS

7.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Para lograr un buen diseño deben tomarse en cuenta todas las variables que puedan intervenir en la determinación de un gasto de aguas lluvias acumulándose y que pueden crear inconvenientes en la comunidad y en la infraestructura de servicios existente o proyectada, sin embargo no deja de reconocerse que ello resulta difícil de evaluar y que aún con la mejor información posible, existirán criterios que primarán en el diseño de los proyectos referidos a un rango de probabilidades de ocurrencia de daños. En general se pueden considerar tres (3) factores importantes, para efectos de diseño de un sistema de recolección de aguas lluvias.

7.1.1. Características de la zona

El tipo de superficie, sus pendientes, así como los porcentajes de construcción son factores que influyen sobre el grado de impermeabilidad que facilita o retarda el escurrimiento de las aguas lluvias que puedan concentrarse en un punto.

Definidas las áreas y las características de la superficie que la constituyen se proceden por razones prácticas a determinar un coeficiente medio por zonas o para todo el proyecto dependiendo de su magnitud. Existen tablas que recomiendan factores de impermeabilización o escorrentía y que para nuestro proyecto indica el Coeficiente de escorrentía. Considerando que las cunetas drenaran el agua de escorrentía de la vía y del talud superior se adopta un coeficiente de escorrentía para el diseño de estas de 0.82, recomendado por el manual de drenaje para carreteras para tierras cultivadas en terreno montañoso.

Tabla 4. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.			

Fuente: Manual de drenaje para carreteras (INVIAS)

7.1.2. Intensidad - Frecuencia - Duración De Las Lluvias

Las características de las lluvias a considerar en el diseño dependen del grado de protección que se desee, lo cual, por razones económicas, se basa en la importancia del sector, en la importancia de los canales de drenaje y las vías, y los posibles daños que se puedan causar por no controlar las mismas.

Las curvas Intensidad - Frecuencia - Duración de las lluvias sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con períodos de retorno específicos.

Para el diseño hidráulico se tuvo en cuenta la estación meteorológica 37010030 CACOTA, perteneciente al IDEAM de la cual se obtuvo las curvas IDF.

Las curvas IDF se hallaron por el método simplificado del manual de drenaje de carreteras, el procedimiento se presenta a continuación:

Las intensidades se calculan con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

En donde:

i: es la intensidad promedio del aguacero para un periodo de retorno T específico, en mm/horas.
T: periodo de retorno en años.
M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual
t: es el tiempo de duración de la lluvia, en minutos.
a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados y sus valores se presentan en la Tabla 2.12 del manual de drenaje de carreteras de INVÍAS.

Tabla 5. Valores de los coeficientes a,b,c y d para el calculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia.

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: Manual de drenaje para carreteras (INVIAS)

7.1.3. Análisis de precipitaciones en la cuenca:

En la zona se cerca al los tramos de estudio se cuenta con la estación meteorológica 16010020 DONJUANA LA 2, del IDEAM ubicada en una zona cercana al sitio en estudio, esto hace que los datos de esta estación ofrezcan la suficiente confianza.



Figura 5. Ubicación de la estación LA DONJUANA 2

Fuente:
https://www.google.com/maps/@7.53122,72.61742,31261m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDEyOS4xIKXMDSoASAFQAw%3D%3D

Se empleó en el estudio la totalidad de los datos de precipitaciones máximas mensuales en 24 horas con una base de datos de 30 años desde el año 1995 hasta el 2024 con el fin de que la muestra fuera lo más significativa posible.

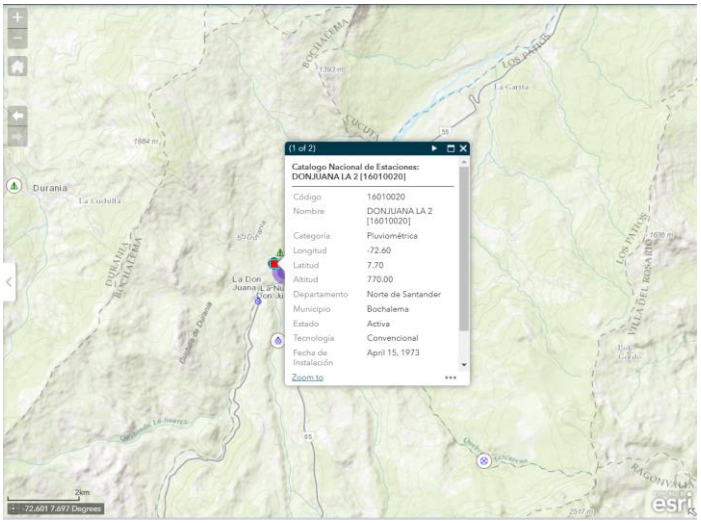


Figura 6. Detalles de la estación LA DONJUANA 2

Fuente: http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/

Tabla 6. Valores máximos mensuales de precipitación total (datos en mm), estación meteorológica

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VALOR ANUAL
1995	0	20	330	250	65	30	40	210	60	150	100	95	1350
1996	40	70	55	23	120	120	103	24	30	210	163	140	1098
1997	86	60	85	20	37	66	0	25	63	55	100	0	597
1998	0	148	105	136	50	60	40	0	85	160	220	278	1282
1999	54	118	35	150	20	20	40	107	160	150	215	370	1439
2000	205	108	165	43	60	0	130	59	91	137	232	12	1242
2001	0	10	0	19	27	36	62	19	25	262	155	81	696
2002	25	19	110	203	153	37	0	25	38	109	30	24	773
2003	15	4	91	117	5	105	40	19	58	168	94	121	837
2004	49	15	14	165	60	0	0	0	0	188	249	103	843
2005	62	179	5	29	158	65	56	26	121	123	363	39	1226
2006	101	100	112	166	49	42	37	33	0	0	0	0	640
2007	0	0	0	0	23,5	29,5	18,8	154,1	92	296	52,7	113,9	780,5
2008	73,5	23,7	59,8	97,3	136,9	67,4	92,4	237,9	176,8	238,2	219,6	36,9	1460
2009	19,1	158	159,8	52,5	153,5	40,9	44,8	101,1	36,8	116	96,8	18,4	997,7
2010	0	28,2	31,7	191	191	59,6	209,7	54,3	345,6	240,8	464,6	211	2028

2011	54,3	62	135,9	291,6	128	65,1	36,5	82,6	110	170,3	256,2	145,8	1538
2012	55,5	9,9	86,2	390	69	28,3	29	22,5	108,5	291	49,6	72,7	1212
2013	84,5	94,5	15,5	147	157,9	19,4	23,5	138,3	55	42,4	150,3	78,3	1007
2014	5,3	67	130,7	42,2	69,3	11,3	23,9	28,8	21,4	131	199,7	13,1	743,7
2015	0	104,4	39,4	37,4	39,1	25,7	55,8	13,5	9,2	24,5	187,6	7,3	543,9
2016	45,8	27,9	71,3	78,7	51,6	69,5	18,4	38,6	33,7	171,9	306,4	81,7	995,5
2017	47,2	25,5	235,7	157,9	103,3	58,9	19	75,8	3,9	88,6	154	61,6	1031
2018	54,4	42,2	149,5	155,1	43,9	43,8	58,8	24,4	77,5	317,9	69,1	10	1047
2019	25,5	1,4	26,8	202	63,4	25,8	33,6	35,3	183,6	146,1	224,2	30,9	998,6
2020	38,8	60,6	106,3	4	42,3	71,3	78,7	113,6	217,8	179,3	155,1	14,1	1082
2021	14,2	75	170,3	93,8	160,4	152,6	37,2	121,1	73,6	209,8	195,4	69,3	1373
2022	8,4	128,8	152,1	185,2	139,7	142,3	33	45,7	208,8	258,3	242,2	12,6	1557
2023	94,8	27	149,5	200,6	138,3	56,9	53,3	57,6	43,1	333,9	140,2	164,6	1460
2024	1,4	98,6	66	188,7	66,1	46,6	46,6	65,6	73,4	88,5	306,2	0	1048
MED.	41,99	62,86	96,45	127,9	86,04	53,2	48,7	65,26	86,72	168,6	179,7	80,17	1098
MAX.	205	179	330	390	191	152,6	209,7	237,9	345,6	333,9	464,6	370	2028
MIN.	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	543,9

Tabla 7. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas (datos en mm), estación meteorológica

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VALOR ANUAL
1995	0	10	80	120	30	10	10	80	30	30	70	40	120
1996	20	20	20	10	40	30	60	10	30	70	60	50	70
1997	20	30	20	10	20	17	0	15	20	20	50	0	50
1998	0	55	30	50	20	15	15	0	40	50	85	55	85
1999	40	40	30	60	10	10	20	50	50	40	60	120	120
2000	50	30	50	15	30	0	70	15	80	35	70	8	80
2001	0	5	0	15	15	10	21	7	5	120	50	40	120
2002	25	5	50	130	110	15	0	10	20	30	25	20	130
2003	10	4	23	90	0	24	10	10	20	40	30	60	90
2004	20	10	5	60	30	0	0	0	0	42	60	20	60
2005	20	80	5	10	80	20	30	10	20	35	55	19	80
2006	30	35	35	52	6,1	13	8	20	10	0	0	0	52
2007	0	0	0	1	0	8	8,7	26,7	32,5	76,6	27,5	34	76,6
2008	45,7	11,6	59,8	19,8	25,8	15	18,9	26,4	52,3	69	32,7	13,4	69
2009	8,3	47,5	30	12,5	66,7	10,1	7,4	23,2	11,8	27,3	41,2	12,9	66,7

2010	0	28,2	10,1	75	77,5	15,4	78,5	15	20	64,9	74,5	43,6	78,5
2011	26,1	25,6	32	77,4	27	17,4	10,2	36,5	35,9	44,1	66,5	33,8	77,4
2012	19,1	4,9	33,4	71,2	17,9	10	6,8	7,5	67,7	58	11,9	54,3	71,2
2013	83,4	65,3	10,2	53,9	63,9	5,5	7	48,3	19,9	11,1	40,1	29,2	83,4
2014	5,3	41,7	47,8	30,1	22,3	3,1	8,3	11,1	9,5	79,4	53,1	6,9	79,4
2015	0	54,9	8,6	13,9	20,9	10	33,2	6,1	6,2	8,9	80,3	7,3	80,3
2016	21,7	13,5	46,9	26,8	24,6	29,9	5,8	12,5	10,7	52,9	63,2	38,4	63,2
2017	8,8	8,5	67,7	72,6	56,9	12,3	5,1	33,6	3,9	29,7	63,2	17,4	72,6
2018	19,9	19,4	149,5	58,2	14,2	9,8	21,2	19,7	25,6	52	40,5	10	149,5
2019	19,3	1,4	9,3	75,6	36,3	8,7	13,5	13,8	46,7	51,1	36,4	11,9	75,6
2020	24,8	24,6	51,8	3,1	33,6	22,3	45,3	63,6	97,5	50	33,3	7,9	97,5
2021	5,5	38,3	124,7	53,2	53,5	42	6	54,1	25,3	68,8	85,2	43,3	124,7
2022	5	64,5	38,5	50,9	37,4	34,8	8,9	21,6	82,7	76,9	42,9	3,5	82,7
2023	41,4	20,8	90,6	50,4	55,2	16,9	10,1	16,2	23,9	148,2	45,5	103	148,2
2024	1,4	55,8	40,8	109,3	30,5	21	12	35,4	18,1	14,4	707		707
													108,7
MED.	19,02	28,35	39,99	49,23	35,18	15,21	18,36	23,28	30,51	49,84	72	31,13	108,7
MAX.	83,4	80	149,5	130	110	42	78,5	80	97,5	148,2	707	120	707
MIN.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	50

a = 0.94, b= 0.18, c= 0.66, d= 0.83, M= 108,7 mm

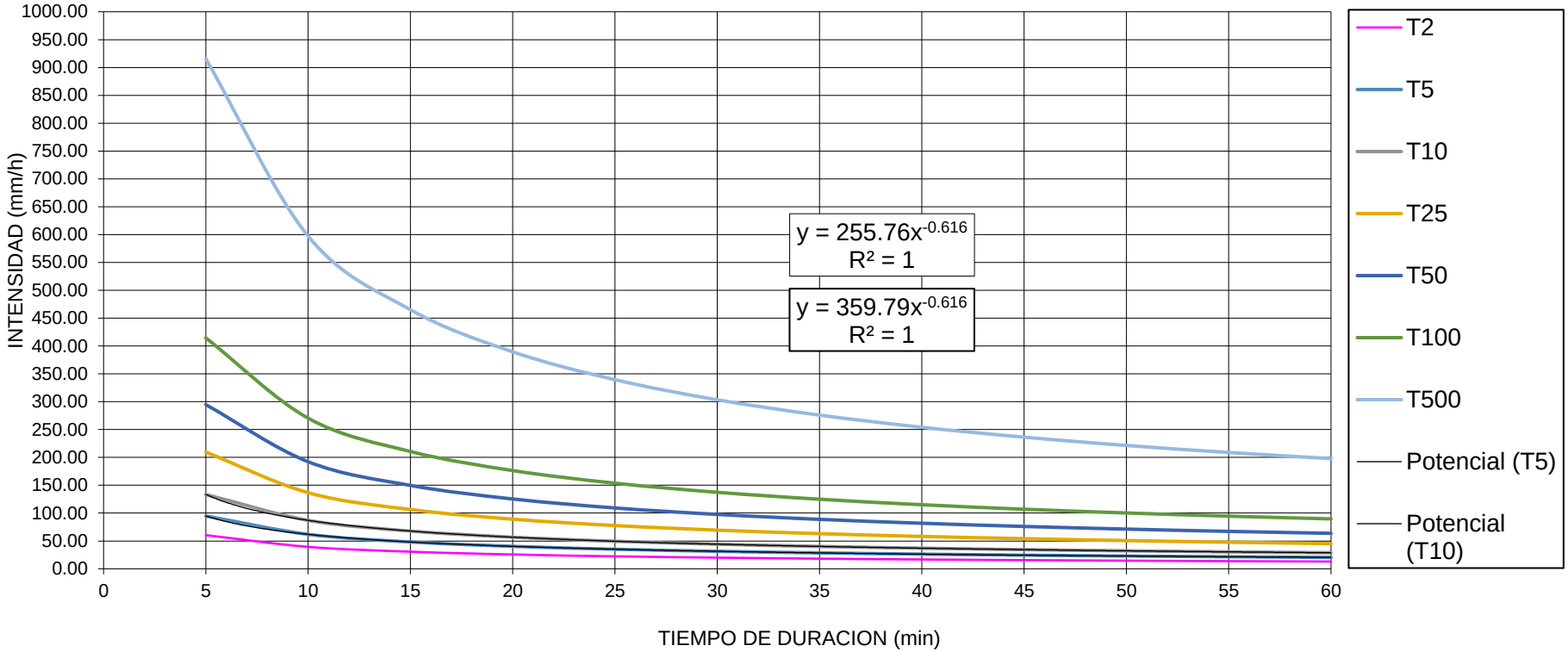
Tabla 8. **Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno**

Tiempo de duración		**Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno**						
Hr	**min**	**2 años**	**5 años**	**10 años**	**25 años**	**50 años**	**100 años**	**500 años**
24 hr	1440	0,7689	3,9409	6,0411	8,6946	10,6631	12,6171	17,1326
18 hr	1080	0,9329	4,7816	7,3298	10,5494	12,9379	15,3088	20,7875
12 hr	720	1,2303	6,3055	9,6657	13,9114	17,0610	20,1874	27,4121
8 hr	480	1,5686	8,0395	12,3238	17,7370	21,7528	25,7390	34,9504
6 hr	360	1,8761	9,6158	14,7402	21,2148	26,0181	30,7858	41,8035
5 hr	300	2,1037	10,7823	16,5283	23,7884	29,1743	34,5205	46,8747
4 hr	240	2,3990	12,2957	18,8481	27,1271	33,2690	39,3655	53,4536
3 hr	180	2,8296	14,5026	22,2311	31,9961	39,2404	46,4311	63,0478
2 hr	120	3,5985	18,4435	28,2722	40,6907	49,9035	59,0483	80,1804
1 hr	60	5,5362	28,3746	43,4956	62,6011	76,7746	90,8435	123,3545

Tabla 9. Tabla de intensidades - Tiempo de duración

Frecuencia	Duración en minutos											
años	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**	**60**
2	60,40	39,40	30,69	25,70	22,40	20,02	18,20	16,77	15,59	14,61	13,78	13,06
5	94,84	61,87	48,18	40,35	35,17	31,43	28,58	26,32	24,48	22,94	21,63	20,50
10	133,42	87,03	67,78	56,77	49,47	44,21	40,21	37,03	34,44	32,27	30,43	28,84
25	209,48	136,64	106,42	89,13	77,68	69,42	63,13	58,14	54,07	50,67	47,78	45,28
50	294,68	192,22	149,71	125,38	109,27	97,66	88,81	81,79	76,06	71,28	67,21	63,70
100	414,53	270,40	210,60	176,38	153,72	137,38	124,92	115,05	107,00	100,27	94,55	89,61
500	915,57	597,23	465,16	389,57	339,51	303,42	275,92	254,12	236,32	221,46	208,83	197,92

Curvas IDF de la cuenca



La intensidad de una lluvia se define como el volumen de agua que se precipita por unidad de tiempo y generalmente se expresa en mm/hr o lts/Ha/seg. Es conveniente recordar que 1 mm/hr = 2.78 lts/seg/ha. La intensidad de precipitación que debe usarse en la estimación del caudal pico de aguas lluvias corresponde a la intensidad media de la precipitación dada por las curvas IDF para el período de retorno de diseño.

La duración de la lluvia es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, este final puede ser el total o el momento hasta donde es apreciable la lluvia para efectos prácticos, esta duración es equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía.

Para efectos de cálculo, mediante regresión se halló ecuaciones potenciales para las curvas con periodos de retorno de 5 y 10 años.

$I5\ (mm/hora) = 255{,}76D^{-0{,}616}$
$I10\ (mm/hora) = 359{,}79D^{-0{,}616}$

D: Tiempo de concentración en minutos.

Estas ecuaciones presentan un coeficiente de correlación (R2 = 1.00) que nos garantiza muy buena exactitud en los cálculos.

La frecuencia es el inverso del período de retorno; para el proyecto se consideró períodos de retorno de 5 y 10 años, teniendo en cuenta la tabla 2.8 del manual de drenaje para carreteras presentado por el Instituto Nacional de VÍAS.

Tabla 10. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)[1]
Cunetas	5
Zanjas de Coronación[2]	10
Estructuras de Caída[2]	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o Igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

7.1.4. Coeficiente de Escorrentía

La aplicación de la fórmula racional depende del coeficiente de escorrentía, el cual se encuentra en tablas elaboradas para tal fin. En los siguientes cuadros se dan valores típicos del coeficiente para áreas urbanas y rurales, respectivamente.

Tabla 11. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.			

Fuente: Manual de drenaje para carreteras (INVIAS)

Tabla 12. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas urbanas

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C
PRADOS	
Suelos arenosos, planos, 2%	0.05 - 0.10
Suelos arenosos, promedio, 2 -7 %	0.15 - 0.20
Suelos pesados (arcillosos), planos, 2%	0.13 - 0.17
Suelos pesados (arcillosos), promedio, 2 -7 %	0.18 - 0.22
Suelos pesados (arcillosos), pendientes, 7%	0.25 - 0.35
DISTRITOS COMERCIALES	
Áreas de centro de ciudad	0.70 - 0.95
Áreas vecinas	0.50 - 0.70
RESIDENCIAL	
Casas individuales separadas	0.30 - 0.50
Casas multifamiliares separadas	0.40 - 0.60
Casas multifamiliares unidas	0.60 - 0.75
Suburbana	0.25 - 0.40
Áreas de apartamentos de vivienda	0.50 - 0.70
INDUSTRIAL	
Áreas livianas	0.50 - 0.80
Áreas pesadas	0.60 - 0.90
PARQUES CEMENTERIOS	0.10 - 0.25
CAMPOS DE JUEGOS	0.20 - 0.35
ÁREAS DE PATIOS DE FERROCARRILES	0.20 - 0.40
ÁREAS NO DESARROLLADAS	0.10 - 0.30
CALLES	
Asfaltadas	0.70 - 0.95
Concreto	0.80 - 0.95
Ladrillo	0.70 - 0.85
CALZADAS Y ALAMEDAS	0.75 - 0.85
TECHOS	0.75 - 0.95

Fuente: Manual de drenaje para carreteras (INVIAS)

En el análisis de las superficies de escorrentía de los terrenos adyacentes a los tramos de vía del proyecto se observa que la contribución de aguas escorrentías se da por la margen derecha de la vía y con base en el cuadro de valores del coeficiente de escorrentía (tomado del “MANUAL PARA HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA CON APLICACIÓN EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS TÍPICAS PARA EL DRENAJE Y SUBDRENAJE DE CARRETERAS”). Que define los valores del coeficiente de escorrentía para zonas rurales, considerando que el terreno está cubierto con vegetación de bosques, la topografía es montañosa y textura del suelo franco arenoso, se define como coeficiente de escorrentía para los cálculos del método racional un valor de C=0.40.

7.1.5. Áreas aferentes de drenaje a la vía

7.1.5.1. Área aferente placa huellas Tulanta

El área aferente total que drena la vía, se determinó definiendo por medio de la orto foto la divisoria de aguas que drena las aguas lluvias escorrentías hacia la vía y es de aproximadamente de 394 ha (3.94 km2) drenan directamente a las vías y la atraviesan a través de cunetas y alcantarillas.

Teniendo en cuenta que la evacuación de las aguas lluvias que recibe la vía del este y descarga hacia el oeste debe hacerse en forma parcial a través de las estructuras hidráulicas existentes y proyectadas, se procedió a definir las áreas aferentes a cada estructura hidráulica con base en la divisoria de aguas definida.



Figura 7. Área aferente zona Tulanta

8. EVALUACIÓN HIDRAULICA DE LAS ESTRUCTURAS

8.1. Cunetas

Las cunetas son estructuras de drenaje que captan las aguas de escorrentía superficial proveniente de la plataforma de la vía y de los taludes de corte, conduciéndolas longitudinalmente hasta asegurar su adecuada disposición. Las cunetas construidas en zonas en terraplén protegen también los bordes de la berma y los taludes del terraplén de la erosión causada por el agua lluvia, además de servir, en muchas ocasiones, para continuar las cunetas de corte hasta una corriente natural, en la cual entregar, para el caso especifico de las cuentas para las placa huellas ya se encuentran establecidas las dimensiones de estas, se procedería verificar si cumplen para la atención de los caudales de escorrentía presentados en la zona de estudio.

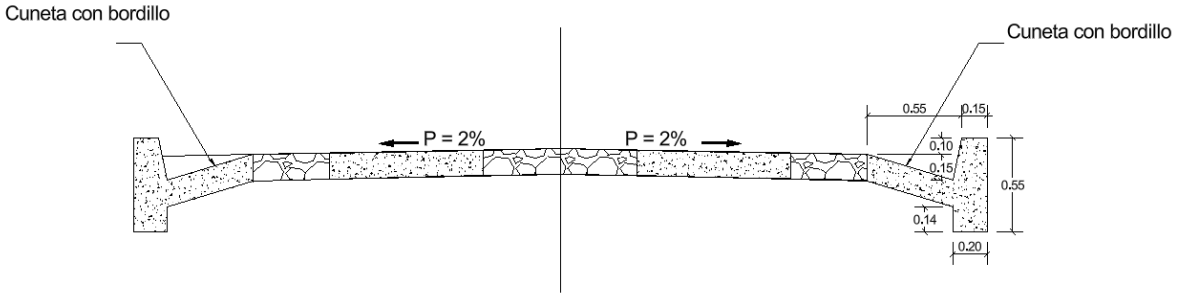


Figura 8. Sección típica placa huella

El dimensionamiento o diseño hidráulico de la cuneta consiste en verificar que la capacidad hidráulica de la estructura, estimada con la expresión de Manning, sea superior al caudal de diseño. La expresión de Manning es:

$$Q = \frac{1}{n}(AR^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}})$$

Q: Caudal de diseño, en metros cúbicos por segundo (m3/s).
n: Coeficiente de rugosidad de Manning.
A: Área mojada, en metros cuadrados (m2).
R: Radio hidráulico, en metros (m).
S: Pendiente, en metros por metro (m/m).

La pendiente coincide usualmente con la pendiente longitudinal de la vía, salvo en aquellos casos en que se requiere una mayor capacidad hidráulica o por facilidad de desagüe se proyecta la cuneta en contrapendiente por un corto tramo.

De acuerdo con el manual de drenajes de INVIAS, para cunetas los caudales de diseño se pueden determinar por medio del método racional, para un periodo de retorno de 5 años y una duración de 15 minutos. Para el caso particular de los tramos de placa huella se consideró un coeficiente de escorrentía de C=0.40,

Una intensidad de lluvia de I=48,18 mm/h y el área aferente a cada estructura.

En la siguiente tabla se muestran los caudales que recibe cada cuneta en el tramo Correspondiente en comparación con la capacidad máxima que pueden atender.

Tabla 13. Verificación de cunetas

Localización	abscisa inicial	abscisa final	Longitud Cuneta (m)	Área Aferente (Ha)	Q (M3/S) agua lluvia	s	pendiente	R	Q (M3/S) capacidad máxima de la estructura	REVISIÓN
T1 TULANTA	195	310,71	115,71	0,49	0,026	0,037	0,2	0,031	0,033	OK
T2 TULANTA	809	926,22	117,22	0,49	0,026	0,037	0,2	0,031	0,033	OK
T3 TULANTA	1000	1253	253	0,49	0,026	0,037	0,2	0,031	0,033	OK
T4 TULANTA	1578	1689,19	111,19	0,49	0,026	0,037	0,2	0,031	0,033	OK

8.2. Alcantarillas

Una alcantarilla es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un costado a otro. Incluye, por lo tanto, conductos con cualquier sección geométrica: circulares y alcantarillas de cajón principalmente.

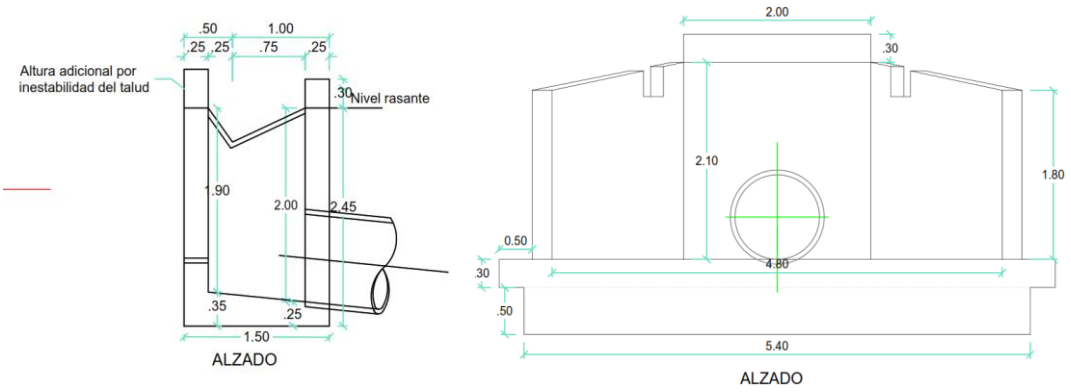


Figura 9. Encole y descole alcantarilla tipo invias.

El flujo en una alcantarilla es usualmente no uniforme, presentando zonas con flujo gradualmente variado y zonas con flujo rápidamente variado, por lo que su análisis teórico es complejo (Referencia 4.9 Manual INVIAS) y se ha desarrollado con ayuda de experimentación en laboratorio. De acuerdo al punto donde se encuentre la sección de control en la alcantarilla, el flujo puede ser con control a la entrada o con control a la salida y dependiendo de la sumergencia o no de los extremos del conducto y la condición de flujo (a tubo lleno o parcialmente lleno), se presentan diferentes tipos de flujo, los cuales han sido clasificados por diferentes autores como Bodhaine (ver Referencias 4.13 y 4.33 Manual INVIAS), Henderson (ver Referencia 4.5Manual INVIAS) y Norman (ver Referencia 4.9Manual INVIAS).

El diseño de la alcantarilla consiste en determinar el diámetro más económico que permita pasar el caudal de diseño sin exceder la carga máxima a la entrada, atendiendo también criterios de arrastre de sedimentos y de facilidad de mantenimiento.

En las alcantarillas, en las cuales los caudales son bajos y la estructura de entrada es una poceta o caja que colecta las aguas provenientes de cunetas, filtros o bajantes, se diseñan como un canal, con una pendiente tal que la velocidad se encuentre entre la mínima y la máxima permisibles.

El diseño hidráulico de este tipo de alcantarillas se realizará analizando su funcionamiento bajo control a la entrada y bajo control a la salida, tomando el mayor valor resultante para la carga en la entrada Hw. Este valor de Hw deberá ser igual o inferior a 1.20 veces la altura o diámetro de la alcantarilla, valor máximo hasta el cual el conducto funciona a flujo libre.

De acuerdo con el manual de drenajes de INVIAS, para alcantarillas los caudales de diseño se pueden determinar por medio del método racional, para un periodo de retorno de 10 años y una duración de 15 minutos. Para el caso particular de los tramos de

estudio se consideró un coeficiente de escorrentía de C=0.40, una intensidad de lluvia de I= 67,78 mm/h y el área aferente a cada estructura.

Tabla 14. Verificación de alcantarillas

Localización	No.	Abscisa	Área Aferente (Ha)	C	I mm/h	Q (M3/S) agua lluvia	AREA DEL DUCTO	pendiente	R	Q (M3/S) capacidad máxima de la estructura	REVISION
T2 TULANTA	1	915,7	0,49	0,4	67,78	0,04	2,54	0,02	0,45	1,030	OK
T3 TULANTA	2	1043,3	0,49	0,4	67,78	0,04	1,13	0,02	0,30	0,459	OK
T3 TULANTA	3	1254,3	0,49	0,4	67,78	0,04	1,13	0,02	0,30	0,459	OK
T4 TULANTA	4	1578	0,49	0,4	67,78	0,04	1,13	0,02	0,30	0,459	OK

8.3. diseño de disipadores

El objetivo de estas estructuras es disipar parte de la energía cinética en un flujo, para evitar el riesgo de socavación del canal aguas abajo. En obras viales, las estructuras de disipación pueden ser de tres tipos, rápidas lisas, rápidas escalonadas y la combinación de rápidas lisas y escalonadas.

Rápidas lisas: son canales de fondo liso con flujo supercrítico y velocidad apreciable, por lo que frecuentemente requieren una estructura de disipación en el pie de la ladera o talud. Se componen de una estructura de entrada o transición entre la cuneta o alcantarilla y el canal, la rápida propiamente dicha y la estructura de disipación.

Rápidas escalonadas: en las estructuras de disipación escalonadas, el agua es transportada desde un nivel superior hasta un nivel inferior. El flujo sobre estas escaleras se puede dar en tres diferentes condiciones.

a) Flujo rasante
b) Flujo escalón a escalón
c) Flujo de transición

Combinación de rápidas lisas y escalonadas: se trata de rápidas lisas que incluyen cada cierto tramo una rápida escalonada u otro elemento disipador.

A continuación, se presenta la localización de los disipadores para el proyecto:

Tabla 15. Descripción de disipadores

Localización	No.	Abscisa	Estructura	Disipador L (m)
T2 TULANTA	1	915,7	existente a reemplazar	15
T3 TULANTA	2	1043,3	existente	15
T3 TULANTA	3	1254,3	existente	15
T4 TULANTA	4	1578	existente	15

Se presenta un requerimiento para la totalidad de las alcantarillas tanto existentes como nuevas la necesidad de implantar un disipador de una longitud mínima de 15 metros pro descole con una sección típica de 1.40 m como se muestra a continuación:

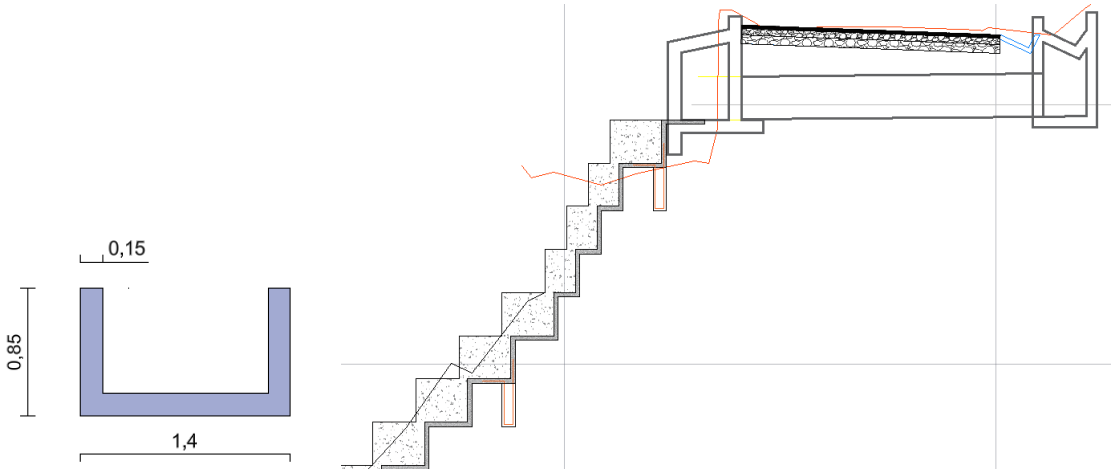


Figura 10. Sección tipo disipador

9. Conclusiones

Para realizar el análisis de precipitaciones de la zona se empleó los datos de la estación meteorológica del 16010020 LA DONJUANA 2, la cual cuenta con un registro de datos de 25 años que se encontraba más cercana a la zona de estudio.

Las curvas IDF se obtuvieron por el método simplificado del Manual de drenaje de carreteras y la guía de diseño de pavimentos con placa huella de INVIAS.

Para las alcantarillas nuevas y existentes se analizó con cada una de las cuencas hidrográficas obteniendo parámetros como: área, perímetro, cotas máximas y mínimas.

Se identificó que las algunas de las alcantarillas existentes se encontraban en buen estado y cumplían con el área mínima para la evacuación de los caudales de escorrentía que se identificaron.



ING. HECTOR JESUS TORRES POVEDA
INGENIERA CIVIL – ESP RECUSOS HIDRICOS
C.C 13.257.726
MP. 54202-30.513 NTS

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, HECTOR JESUS TORRES POVEDA, Ing. Civil, con Matrícula Profesional T.P. 5420230513 NTS, debidamente registrado en el Consejo Profesional de Ingeniería, presento los procesos de **CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLA EN LA VEREDA TULANTA Y EL VOLCÁN DEL MUNICIPIO DE PAMPLONITA NORTE DE SANTANDER**, así mismo declaro que asumo la responsabilidad del perjuicio que por causa de él pueda deducirse.

Acepto y reconozco que cumple con las disposiciones de la ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS, MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y NORMATIVA TÉCNICA LEGAL VIGENTE.

Se expide a solicitud del interesado, a los dieciséis (16) días del mes de febrero de 2025.

Cordialmente,



ING. HECTOR JESUS TORRES POVEDA
INGENIERO CIVIL – ESP RECURSOS HIDRICOS
C.C 13.257.726
MP. 542023513 NTS

SERGIO ALEJANDRO LABRADOR GUTIÉRREZ
INGENIERO CIVIL
NIT. 88.229.077-1 Régimen Común







Teléfono: 5752680 Celular 320-4914590
Dirección Oficina: Avenida 11AE No. 4-21 Piso 2 Ed. El Saman
E-mail: sergiolab@hotmail.com