



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO SITIO CRITICO 5+600

INFORME HIDROLOGICO E HIDRÁULICO - VERSIÓN 0.

CONTRATO DE OBRA -2096-2022



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

ABRIL DE 2023

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	OBJETIVOS	3
2	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
3	SOLUCIÓN DE INGENIERÍA	6
4	CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA	7
5	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS	8
5.1	Recopilación y análisis de la información existente.	8
•	Cartografía.	8
5.2	Área de drenaje.	8
5.3	Tiempo de concentración.	9
5.4	Coeficiente de escorrentía.	9
5.5	Curvas IDF	10
5.6	Caudales de diseño.	12
6	ESTUDIOS HIDRÁULICOS	14
6.1	Obras de drenaje longitudinal.	14
•	Cunetas	14
6.2	Obras de drenaje transversal	15
•	Análisis de capacidad hidráulica de las ODT	15
7.	CONSLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Imagen 1. Castilla – Coyaima - Ataco	4
Imagen 2. Sitio crítico - Tramo de análisis	4
Imagen 3. Ubicación de la estación meteorológica	7
Imagen 4. Áreas de drenaje ODT	9
Imagen 5. Cobertura vegetal de la cuenca.	10
Imagen 6. Curvas IDF - Estación Casa de Zinc [22020040].	12
Imagen 7. Sección Cuneta Triangular	15
Tabla 1. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.....	7
Tabla 2. Área Microcuenca K5+873.....	8
Tabla 3. Áreas de drenaje cunetas.....	8
Tabla 4. Parámetros de a, b, c y d para la región Andina.....	10
Tabla 5. Serie de datos estación Casa de Zinc [22020040], valor de M.....	11
Tabla 6. Valores de intensidades calculadas para la estación Casa de Zinc [22020040].....	11
Tabla 7. Estimación del caudal de diseño de la ODT proyectada.....	13
Tabla 8. Estimación caudal de diseño de las cunetas.....	13
Tabla 9. Dimensionamiento de cunetas triangulares.....	14
Tabla 10. Capacidad hidráulica Box culvert 1.0 x 1.0.....	16

1 INTRODUCCIÓN

La vía que conecta los municipios de Ataco y Planadas hace parte de la red vial secundaria del departamento del Tolima, la cual requiere mejoramiento, rehabilitación, la adecuación de su sección transversal junto con la intervención en zonas de inestabilidad geotécnica, para garantizar la normal operación en el corredor. Estas últimas han sido motivo de re nivelaciones y pérdidas de banca parcial o total, que a la fecha las dejan en condiciones de vulnerabilidad, que compromete la seguridad de los usuarios y obligan a proveer una solución. Por tal razón La Gobernación del Tolima y El Instituto Nacional de Vías INVIAS delegó al CONSORCIO VIAS Y EQUIPOS TOLIMA SUR 2023 mediante el contrato No. 2096 de 2022 “El Mejoramiento de la vía Ataco – Planadas en el departamento del Tolima”. Que a cargo de su departamento técnico realizó la inspección de la información existente, verificación de las condiciones de capacidad, deformabilidad y estabilidad al momento de ejecución del contrato.

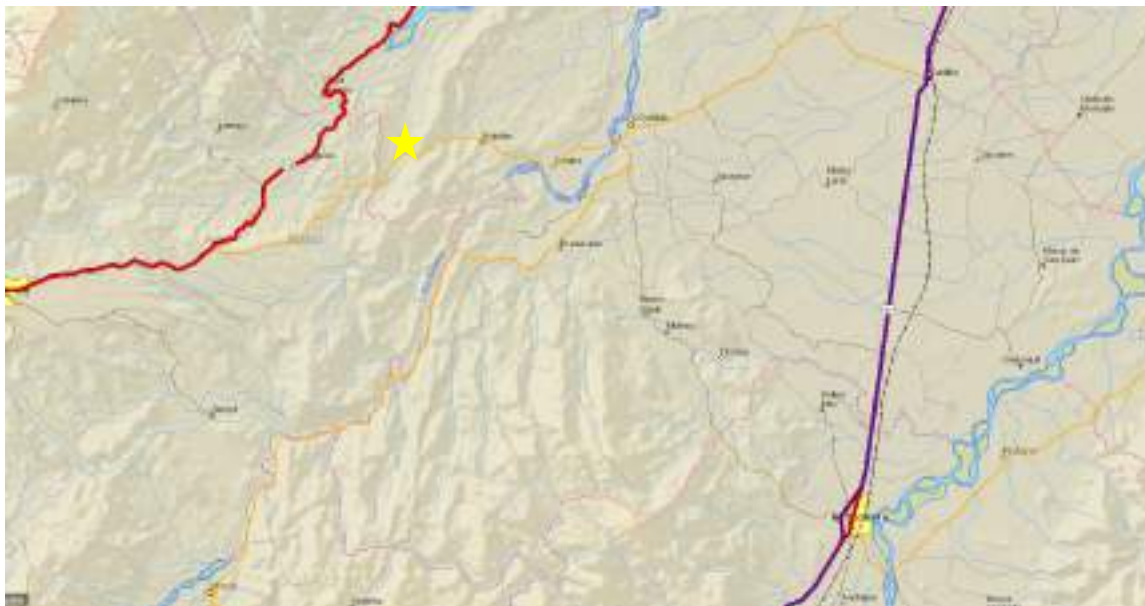
El presente informe hace referencia al sitio crítico presente entre el 5+600-6+010 de la vía Planadas – Ataco y se muestran los resultados de los estudios de Hidrología e Hidráulica. Específicamente, se presentan caudales de diseño, dimensionamiento de obras hidráulicas longitudinales y transversales requeridas para corregir la problemática en el sitio que ha desarrollado un proceso de inestabilidad que ocasiona la pérdida de banca.

1.1 OBJETIVOS

- Presentar las obras de drenaje requeridas para la estabilización del sector del 5+600-6+010 de la vía Planadas - Ataco en el departamento del Tolima.
- Establecer las cuencas de drenaje incidentes para Incidentes a las obras de drenaje que tienen como punto de concentración la vía y para las estructuras hidráulicas existentes.
- Calcular los caudales de diseño para diferentes periodos de retorno en función de las obras hidráulicas presentes y proyectadas en el sector.
- Desarrollar el estudio hidrológico de la zona y evaluación del estado de las obras existentes.
- Determinar y evaluar las obras de drenaje longitudinal y transversal complementarias en el tramo intervenido.

2 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Imagen 1. Castilla – Coyaima - Ataco



Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

Imagen 2. Sitio crítico - Tramo de análisis



Fuente: Elaboración propia

La vía secundaria que comunica los municipios de Ataco y Planadas en el departamento del Tolima, transcurre en un alineamiento sur – norte coincidente con la dirección del Río Atá, esta colindancia genera la interrelación de dicho cauce con las laderas adyacentes a sus márgenes sobre las cuales se encuentra desarrollado el corredor vial en mención. Es por ello que en algunos sectores es común que la dinámica de flujo de este río genere desgastes erosivos en sus márgenes afectando puntualmente la continuidad de la carretera. El segmento vial afectado por la pérdida de soporte presenta las siguientes características:

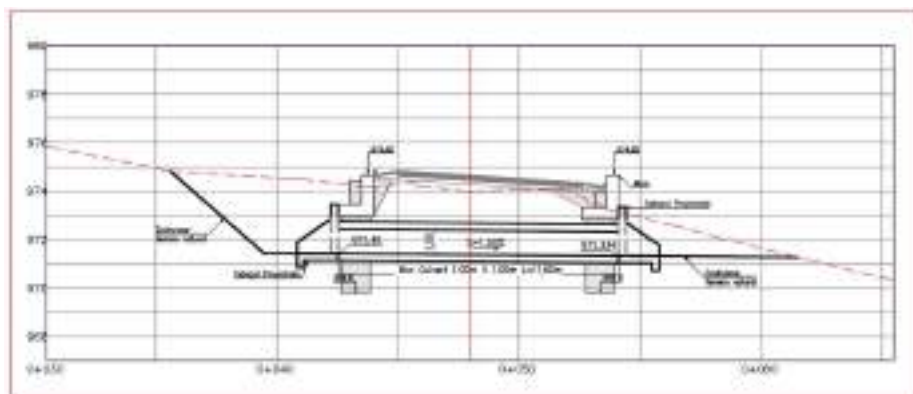
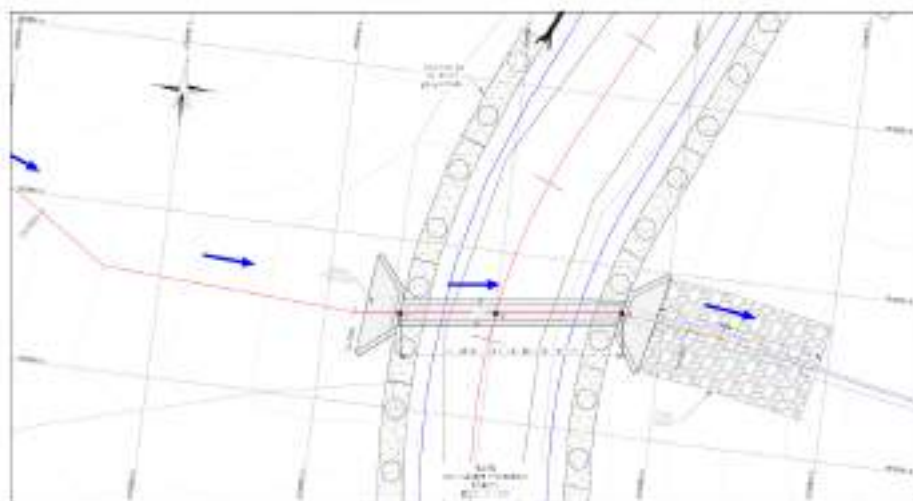
- Sección transversal promedio 7.40m entre cunetas, con calzada bidireccional de 3.0m por carril.
- Cota promedio aproximada 800 msnm
- Localización K16+750¹; Latitud: 3°17'52.75"N; Longitud: -75°36'42.14"E
- Municipio de Planadas.
- La media banca se encuentra ubicada a media ladera con una diferencia de nivel de 7 a 9m, respecto del nivel base del Río Atá.
- Ubicado en la margen izquierda del Río Atá
- Alineamiento de la vía SE-NW

¹ Con origen en Planadas y K57+980 con origen en Ataco

3 SOLUCIÓN DE INGENIERÍA

En el lugar ubicado en la vía Planadas - Ataco entre el 5+600 hasta el 6+010 se encuentran localizadas dos obras de drenaje transversal correspondientes a obras de alivio de cunetas las cuales no presentan interferencias con los muros proyectados y actualmente se encuentran en buen estado estructural, por lo que, se proyecta su mantenimiento y limpieza de modo que sigan recolectando las descargas provenientes del drenaje longitudinal.

Sin embargo, tras realizar los análisis hidrológicos correspondientes se identificó un cauce natural que presenta interferencia con uno de los muros de contención proyectados y que, además, en la actualidad no cuenta con una obra de paso que capte, transporte y descargue el caudal de manera controlada sobre el talud inferior. Dado lo anterior, se ha proyectado la construcción de una obra tipo box culvert de 1.00m x 1.00m con protección en piedra pegada en el talud inferior (descole) evitando así procesos erosivos en el talud que contribuyan con los procesos de inestabilidad en el sector que comprometan la estabilidad de las estructuras proyectadas y de la vía misma.



Finalmente, respecto al drenaje longitudinal de la vía, se proyectan cunetas triangulares sobre ambos costados de la vía con el fin de captar y transportar el caudal generado por escorrentía que de no ser manejado correctamente podría presentar afectaciones a la estructura de pavimento.

A continuación, se presenta el dimensionamiento hidrológico e hidráulico de lo mencionado anteriormente:

4 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA

La caracterización climática de la zona se realizará con información tomada de la estación Casa de Zinc [22020040], cuyas características se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.

CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	CATEGORIA	ENTIDAD	FECHA DE INSTALACIÓN
22020040	Casa De Zinc	3.285806	-75.5875	1737	Pluviométrica	IDEAM	15/12/1973

Imagen 3. Ubicación de la estación meteorológica



5 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

En el presente capítulo se determinan los caudales de diseño aferentes a las obras de drenaje existentes y propuestas.

5.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE.

La información primaria del estudio fue recopilada en la visita realizada a campo y en la topografía ejecutada.

Para obtener información se consultaron datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, obteniendo datos de precipitación a nivel mensual de las estaciones aferentes al sitio de estudio, además de la topografía obtenida.

- **Cartografía.**

Está compuesta por la plancha 301IVC a escala 1:25.000 del departamento de Tolima, además se apoyó en la topografía adquirida en el sitio de intervención.

5.2 ÁREA DE DRENAJE.

Las áreas de drenaje se configuran de acuerdo con la dirección de la escorrentía y tomando como base las obras de drenaje transversal existentes y propuestas en la zona de intervención. Al realizar la evaluación de planos correspondientes a Planta perfil y diseño geométrico, se tienen la siguiente área de drenaje para la microcuenca delimitada en el K5+873.

Tabla 2. Área Microcuenca K5+873

ODT	Área		
	(km ²)	Ha	(m ²)
5+873	0.088	8.80	88000

Por otro lado, se determinan las áreas de drenaje aferentes al drenaje longitudinal (cunetas) teniendo en cuenta el ancho de la calzada, el sentido del flujo y el área del talud aferente. Cabe aclarar que esto ha sido determinado para la condición mas crítica de cuneta, obteniendo lo siguiente:

Tabla 3. Áreas de drenaje cunetas

LONGITUD	AREA VÍA	AREA AFERENTE	AREA TOTAL
177	0.0018	0.0044	0.0062

Imagen 4. Áreas de drenaje ODT



Fuente: Elaboración propia

5.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

Para la determinación del tiempo de concentración se ha tenido en cuenta la recomendación realizada por el INVIAS, adoptando un T_c mínimo de 15 minutos.

5.4 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.

El coeficiente de escorrentía se determina teniendo en cuenta la pendiente del terreno y su tipo de cobertura. En este caso, se ha seleccionado un valor de 0.42 para zonas cubiertas de pastizales, como se observa en la siguiente imagen:

Imagen 5. Cobertura vegetal de la cuenca.



Para las áreas de drenaje correspondientes a pavimentos se ha seleccionado un valor de coeficiente de escorrentía de 0.80

5.5 CURVAS IDF

Para determinar los caudales de diseño de cada una de las obras, se requiere calcular la intensidad de la precipitación. Para la utilización del método racional se requieren las curvas IDF. Dichas curvas se calculan mediante el método simplificado, especificado en el manual de drenaje del INVIAS.

Para Colombia se propone el método que se presenta en el Estudio "Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia". En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración-frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, la precipitación total media anual y la elevación de la estación.

La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar.

Teniendo en cuenta que el sector de intervención pertenece a la región Andina, se aplican los valores de parámetros de a, b, c y d para tal región, los cuales se presentan en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Parámetros de a, b, c y d para la región Andina.

REGIÓN	a	b	c	d
Andina	0.94	0.18	0.66	0.83

Fuente: Manual de drenaje para carreteras del Invias

Con los datos históricos a nivel promedio anual multianual de la precipitación en 24h en la estación Casa de Zinc [22020040], que es la estación con registros relevantes para determinar las características hidráulicas requeridas y que tiene influencia directa sobre la zona objeto de estudio. Se ha calculado un valor promedio de la precipitación máxima anual en 24 horas igual a 82.1 mm.

En la **Tabla 5** se presentan los valores máximos mensuales multianuales de precipitación, información descargada de la página del IDEAM.

Tabla 5. Serie de datos estación Casa de Zinc [22020040], valor de M.

Año	Valor máximo	Año	Valor máximo
1980	130	2003	113
1983	66,7	2004	82
1984	126	2005	115
1985	80	2006	80
1986	70	2007	91
1987	50	2008	90
1988	97	2009	77
1989	85	2010	80
1990	43	2011	90
1991	52	2012	90
1992	95	2013	80
1993	80	2014	78
1994	59	2015	75
1995	55	2016	100
1996	65	2017	90
1997	42	2018	90
1998	81	2019	80
1999	95	2020	70
2000	87	2021	90
2001	83	Promedio	82,1
2002	80		

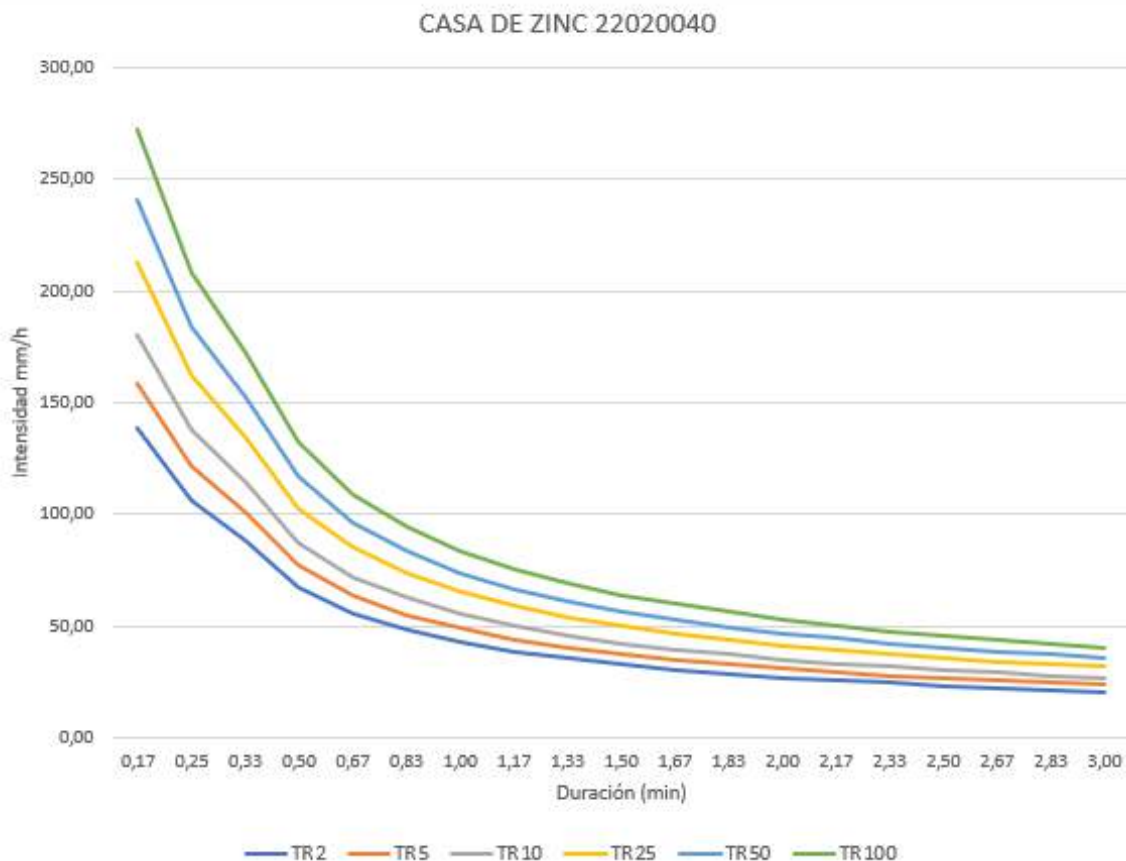
A partir de los datos obtenidos, y los coeficientes propios para la región Andina, se aplica la ecuación descrita, estableciendo así los valores de intensidad con intervalos de 10 minutos como se muestra en la **Tabla 6**, posteriormente en la se presenta la **Imagen 6** correspondiente a las curvas IDF.

Tabla 6. Valores de intensidades calculadas para la estación Casa de Zinc [22020040].

t (min)	2,33	5	10	15	20	25	50	100
10,00	138,55	158,96	180,08	193,72	204,01	212,37	240,59	272,56
15,00	106,02	121,64	137,80	148,23	156,11	162,51	184,10	208,57
20,00	87,68	100,60	113,97	122,60	129,11	134,41	152,27	172,50
30,00	67,10	76,98	87,21	93,81	98,80	102,85	116,52	132,00
40,00	55,49	63,67	72,13	77,59	81,71	85,06	96,37	109,17
50,00	47,89	54,95	62,25	66,96	70,52	73,41	83,17	94,22
60,00	42,46	48,72	55,19	59,37	62,53	65,09	73,74	83,54
70,00	38,36	44,01	49,85	53,63	56,48	58,79	66,61	75,46

t (min)	2,33	5	10	15	20	25	50	100
80,00	35,12	40,29	45,65	49,11	51,71	53,83	60,99	69,09
90,00	32,49	37,28	42,23	45,43	47,85	49,81	56,43	63,92
100,00	30,31	34,78	39,40	42,38	44,63	46,46	52,64	59,63

Imagen 6. Curvas IDF - Estación Casa de Zinc [22020040].



5.6 CAUDALES DE DISEÑO.

Se presentan los cálculos requeridos para determinar los caudales de diseño, los cuales se obtuvieron teniendo en cuenta el área de drenaje aferente a la obra a intervenir. Para cuencas con áreas menores de 2.5 km², se utilizó el método racional.

Este método es ideal para cuencas de pequeño tamaño, en este caso la extensión más grande es de 0.257km², de acuerdo con las recomendaciones de la literatura técnica, para la cuenca estudiada, dicha ecuación es aplicable, tal como se presenta a continuación:

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Dónde:

Q = Caudal de diseño (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de la Lluvia (mm/h)

A = Área de drenaje (km²)

Aplicando la formula anterior, se obtienen los caudales de diseño mostrados en las siguientes tablas:

Tabla 7. Estimación del caudal de diseño de la ODT proyectada

ID	AREA		INTENSIDAD	C	Q diseño	
	m²	km²	mm/h		m³/s	l/s
5+873	88000	0.088	137.80	0.42	1.42	1415.88

Tabla 8. Estimación caudal de diseño de las cunetas

CUNETAS	
ÁREA AFERENTE TERRENO m²	4425
ÁREA AFERENTE TERRENO km²	0,0044
COEF ESC. TERRENO	0,42
C. TERRENO*ÁREA TERRENO	0,0019
ÁREA VÍA m²	1770
ÁREA VÍA km²	0,0018
COEF ESC. VÍA	0,8
C. VÍA*ÁREA VÍA	0,001
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (min)	10
PERIODO DE RETORNO (años)	5
INTENSIDAD mm/h	121,64
C*A -PONDERADO-	0,53
CAUDAL m³/s	17,87
CAUDAL L/s	17873,62

6 ESTUDIOS HIDRÁULICOS

A continuación, se presentan la descripción y evaluación de las obras hidráulicas existentes y proyectadas presentes en la zona objeto de diseño.

6.1 OBRAS DE DRENAJE LONGITUDINAL.

En este capítulo, se presentan los cálculos requeridos para la determinación de las obras de drenaje longitudinal proyectadas para complementar la solución de drenaje vial, con el objetivo de conservar y garantizar la estructura de pavimento proyectada.

- **Cunetas**

Se proponen estructuras de drenaje longitudinal a lo largo de la vía para captar y transportar las aguas de escorrentía superficial proveniente de la estructura de pavimento y de los taludes de corte. Su diseño se realiza por medio de la ecuación de flujo uniforme de Manning:

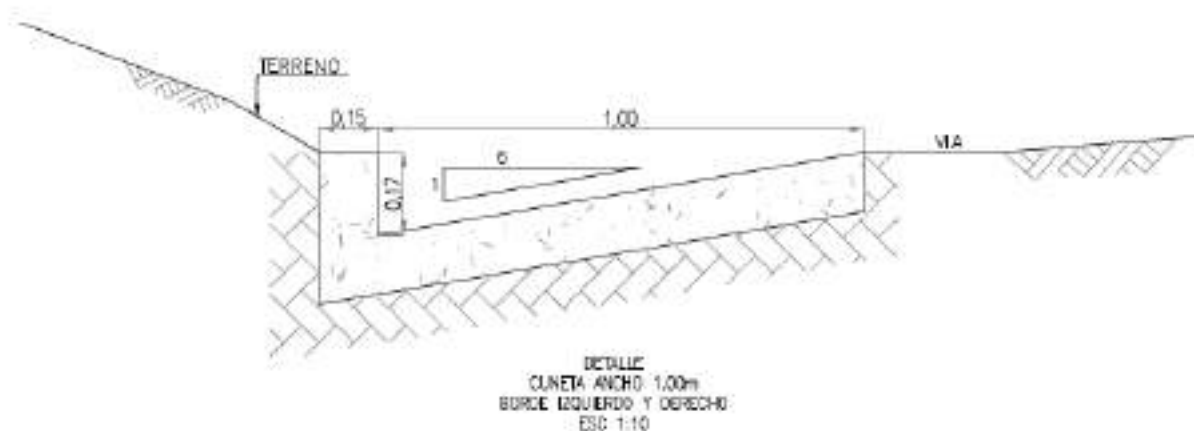
$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Como coeficiente de rugosidad de Manning “n” se utiliza un valor de 0.016 y la pendiente (s) se ajusta en cada tramo a la pendiente longitudinal de la vía, en este caso, se ha dimensionado con la pendiente crítica encontrada correspondiente al 1.00% y el mayor caudal de diseño.

Tabla 9. Dimensionamiento de cunetas triangulares

CUNETA TRIANGULAR														
y	Talud 1	Talud 2	T	A	n	s	P	R	Q	Q	V	FF	h	ancho
m			m	m²		m/m	m	m	m³/s	l/s	m/s		m	m
0,09	0	6	0,55	0,03	0,016	0,0100	0,65	0,04	0,018	17,87	0,715	0,755	0,17	1,00

Imagen 7. Sección Cuneta Triangular



6.2 OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

- **Análisis de capacidad hidráulica de las ODT**

Las verificaciones hidráulicas de las ODT se realizan mediante la metodología de obras con control de entrada (se verificó el régimen hidráulico de la obra como de régimen supercrítico), cuya ecuación básica es la siguiente:

$$H = Y_c + 1.5 \frac{V_c^2}{g}$$

Donde:

H = Lámina de agua de la zona previa a la embocadura de la obra (H_{máx}=1.2D)

y_c = Profundidad crítica en la embocadura de la obra

V_c = Velocidad crítica correspondiente a y_c

A continuación, se presenta la capacidad hidráulica calculada, para la cual se ha definido una pendiente mínima del 1.00%, para lo cual también se debe garantizar en campo que no sean construidas con una pendiente mayor al 3.5% y así evitar velocidades erosivas en la descarga.

Tabla 10. Capacidad hidráulica Box culvert 1.0 x 1.0

Parametros		
n		0,019
S	m/m	0,01
	%	1,0
B	m	1,0
h	m	1,0
Hmax	m	1,2

y	A	P	R	T	Dh	V	Q	FF	yc	A	P	R	T	Dh	Vc	FF	Hw	Hw/h<=1.2	C
m	m²	m	m	m	m	m/s	m³/s		m	m²	m	m	m	m	m/s				
0,20	0,20	1,40	0,14	1,00	0,20	1,44	0,29	1,03	0,20	0,20	1,41	0,14	1,00	0,20	1,41	1,00	0,36	0,36	0,29
0,25	0,25	1,50	0,17	1,00	0,25	1,59	0,40	1,02	0,25	0,25	1,51	0,17	1,00	0,25	1,58	1,00	0,44	0,44	0,40
0,30	0,30	1,60	0,19	1,00	0,30	1,72	0,52	1,01	0,30	0,30	1,60	0,19	1,00	0,30	1,72	1,00	0,53	0,53	0,52
0,50	0,50	2,00	0,25	1,00	0,50	2,09	1,04	0,94	0,48	0,48	1,96	0,25	1,00	0,48	2,17	1,00	0,84	0,84	1,04
0,63	0,63	2,26	0,28	1,00	0,63	2,25	1,42	0,90	0,59	0,59	2,18	0,27	1,00	0,59	2,41	1,00	1,03	1,03	1,42
0,80	0,80	2,60	0,31	1,00	0,80	2,40	1,92	0,86	0,72	0,72	2,44	0,30	1,00	0,72	2,66	1,00	1,26	1,26	1,92
0,90	0,90	2,80	0,32	1,00	0,90	2,47	2,22	0,83	0,80	0,80	2,59	0,31	1,00	0,80	2,79	1,00	1,39	1,39	2,22
1,00	1,00	3,00	0,33	1,00	1,00	2,53	2,53	0,81	0,87	0,87	2,73	0,32	1,00	0,87	2,92	1,00	1,52	1,52	2,53
1,08	1,08	3,16	0,34	1,00	1,08	2,57	2,77	0,79	0,92	0,92	2,84	0,32	1,00	0,92	3,01	1,00	1,61	1,61	2,77
1,40	1,40	3,80	0,37	1,00	1,40	2,70	3,79	0,73	1,13	1,13	3,27	0,35	1,00	1,13	3,34	1,00	1,99	1,99	3,79
1,45	1,45	3,90	0,37	1,00	1,45	2,72	3,95	0,72	1,17	1,17	3,33	0,35	1,00	1,17	3,38	1,00	2,04	2,04	3,95
1,50	1,50	4,00	0,38	1,00	1,50	2,74	4,11	0,71	1,20	1,20	3,40	0,35	1,00	1,20	3,43	1,00	2,10	2,10	4,11

7. CONSLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se proyecta una estructura tipo box culvert para paso de cauce natural identificado, el cual, presentaría interferencia con uno de los muros de contención.
- Se proyectan cunetas triangulares para el manejo de escorrentía superficial sobre borde de vía, las cuales realizaran su descarga sobre las obras existentes y la obra proyectada
- Se requiere verificar en campo que el estado estructural de las obras existentes en el tramo se encuentre en condiciones óptimas que garanticen el correcto funcionamiento del sistema de drenaje