ALCALDIA MUNICIPAL DE PRADO - TOLIMA

PROYECTO:

"MEJORAMIENTO DE LA VÍA KM9 - CRUCE VIAL VEREDA TOMOGÓ DEL MUNICIPIO DE PRADO TOLIMA".



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

PRADO TOLIMA
2020

lpingenieriayconsultoria@gmail.com - ing.hectormanuellozadamurcia@gmail.com
Calle 3 No. 10-15 Torre B Apto 301 Conjunto Fontenova (B/ Belén - Ibagué)
320 251 77 78 - 304 682 01 04 - (057) + 8 2655912

1. INTRODUCCIÓN

En cumplimiento de los requisitos contractuales para inversión en proyectos de infraestructura vial mediante recursos de obras por impuestos, se hace entrega mediante el presente documento del Estudio Hidrológico e Hidráulico para la pavimentación de la vía aco-Altagracia mediante construcción de pavimento tipo placa en el municipio de prado Tolima desde el punto denominado en Nueve hacia Tomogo.

Junto con este informe se presentan la información secundaria que ha sido tomada como insumo del Diseñador de conformidad con lo establecido en la normatividad vigente colombiana.

Se presentan igualmente los cálculos realizados para determinar el Caudal de Diseño y la verificación de obras de drenaje existentes.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL DISEÑO

2.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Realizar el Estudio Hidrológico e Hidráulico necesario para realizar la pavimentación para la vía aco-Altagracia mediante construcción de pavimento rígido en el municipio de prado Tolima desde el punto denominado el Nueve a Tomogo (K0+000 – k5+025).

2.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Identificar las Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de las cercanías a la zona de estudio.

- Determinar el caudal que circulará por la vía objeto de estudio.

- Verificar la capacidad hidráulica de las obras existentes en la vía objeto de estudio

2.3. ALCANCE

Como producto del presente estudio y teniendo en cuenta las metodologías establecidas para el mismo, el alcance se limita a los siguientes capítulos y entregables:

- ✓ **Estudio Hidrológico:** En este capítulo se presenta la investigación hidrológica e hidrográfica correspondiente al Municipio de Ortega – Tolima.

- ✓ **Estudio Hidráulico:** En este capítulo se presentan los cálculos efectuados para verificar el caudal y recolección de aguas superficiales de la vía objeto de estudio.

- ✓ **Limitaciones del estudio:** En este capítulo se presentan aquellas limitaciones identificadas en el tramo a intervenir en los recorridos de campo realizados por el estructurador del estudio y su equipo de trabajo.

Conclusiones y recomendaciones: En este capítulo se presentan las consideraciones del estructurador del estudio conforme a las condiciones propias de la vía a intervenir y las recomendaciones técnicas consideradas necesarias para el cumplimiento de los parámetros previamente establecidos

3. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL PROYECTO

3.1. LOCALIZACIÓN DEL TRAMO A INTERVENIR

La vía objeto del presente diseño se corresponde al paso por el punto denominado el Nueve hacia Tomogo, Municipio de Prado, Departamento del Tolima.

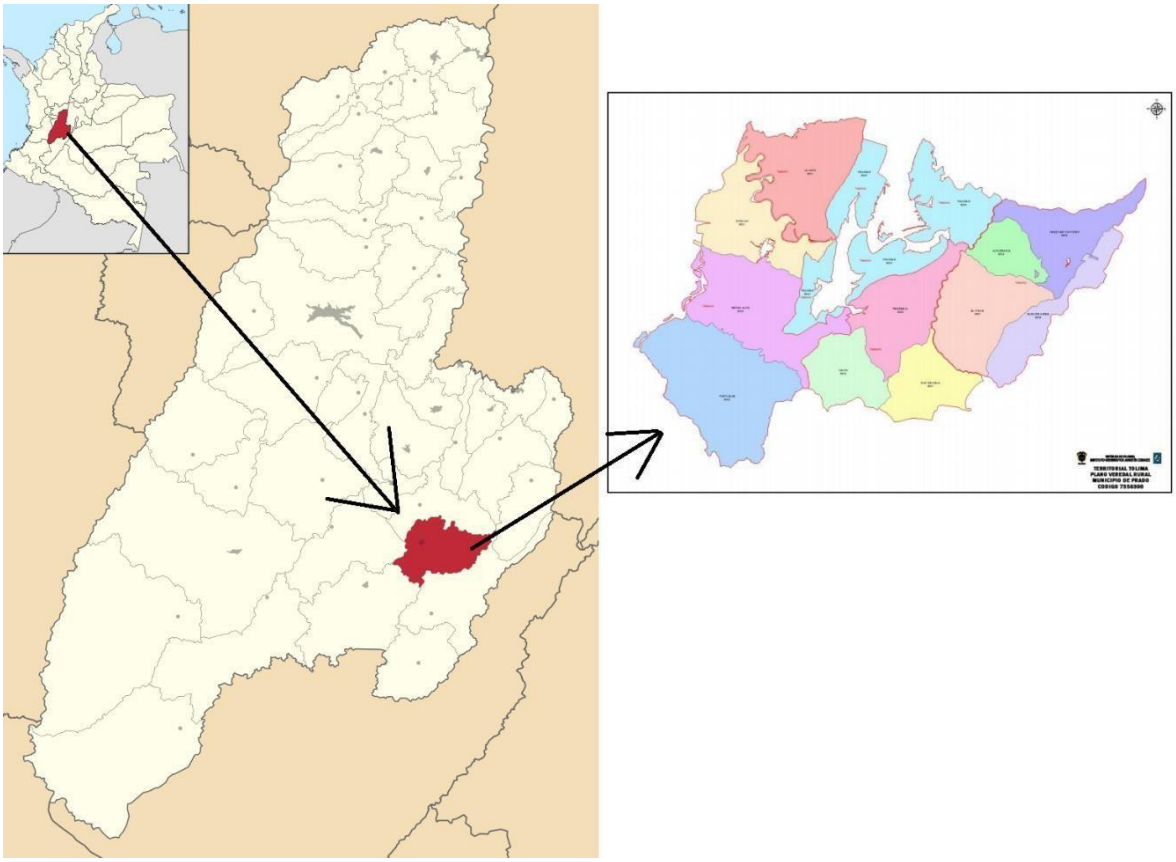


Imagen No. 1 – Localización Geográfica del sector a intervenir



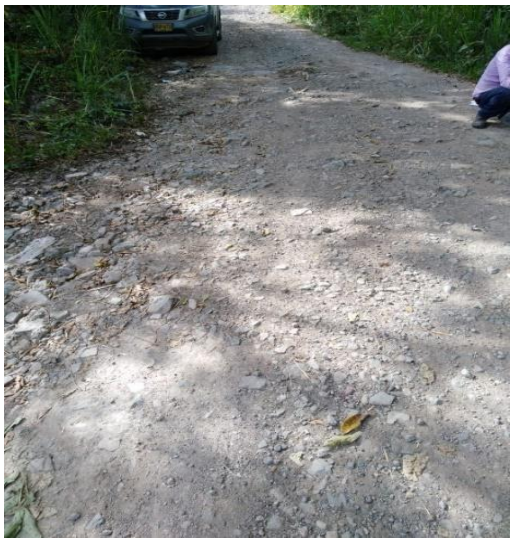
Imagen No. 2 – Ubicación de la via a intervenir



Imagen No. 3 – vía a intervenir satelitalmente El punto denominado como el Nueve se encuentra ubicado desde el casco urbano del municipio de prado Tolima

3.2. ESTADO DEL TRAMO DE VÍA A INTERVENIR

Imagen No. 4 y 5 – Estado Actual del segmento vial a intervenir




Tal y como se puede evidenciar en la Imagen No. 4 y 5, la vía que inicia en el punto denominado el nueve hacia Tomogo cuenta con un ancho uniforme de 3.50m con capa de rodadura en material granular tipo afirmado en estado de deterioro avanzado.

Imágenes No. 6, 7, 8, 9 y 10– Obras de drenaje existentes en la vía objeto de diseño









Cuenta adicionalmente con obras de drenaje tipo alcantarillas y cunetas en concreto, se pudo evidenciar en campo que el tramo de vía de 5.025 km cuenta con 58 alcantarillas de 24" y 36" y 830 ml de cuneta en concreto que en su mayoría se encuentran colapsadas, volcadas y en un grado de deterioro alto

3.3. TOPOGRAFÍA DEL TRAMO DE VÍA A INTERVENIR

El segmento de vía a intervenir corresponde al ubicado entre el K00+00 y el K05+025, cuya planimetría se presenta a continuación:

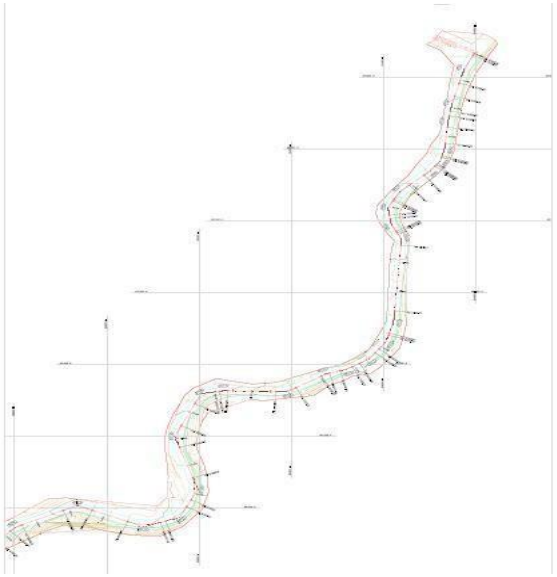


Imagen No. 11 - Planimetría K00+000 – K00+520 (VIA ACO-ALTAGRACIA)

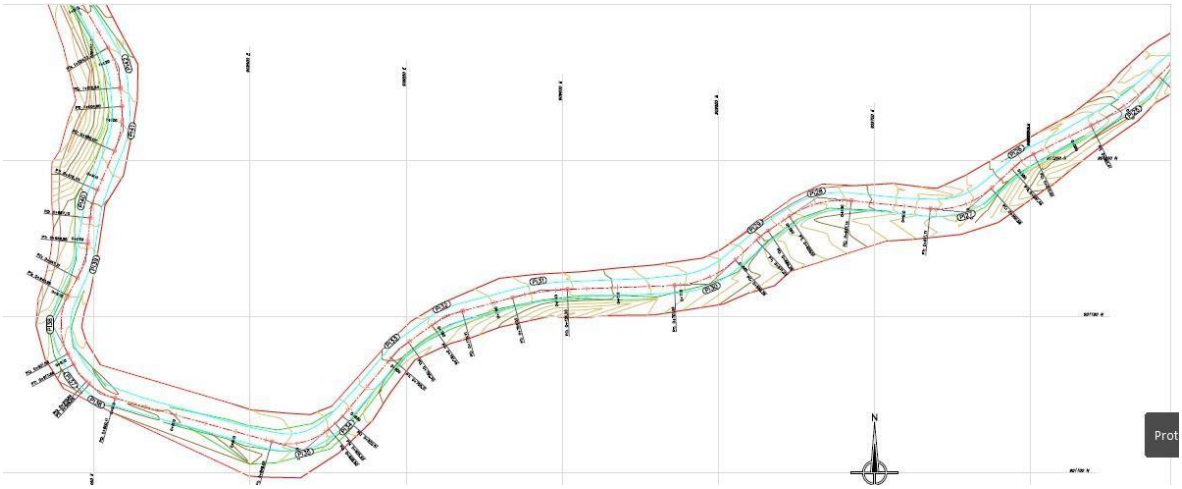


Imagen No. 12 - Planimetría K00+520 – K01+040 (VIA ACO-ALTAGRACIA)

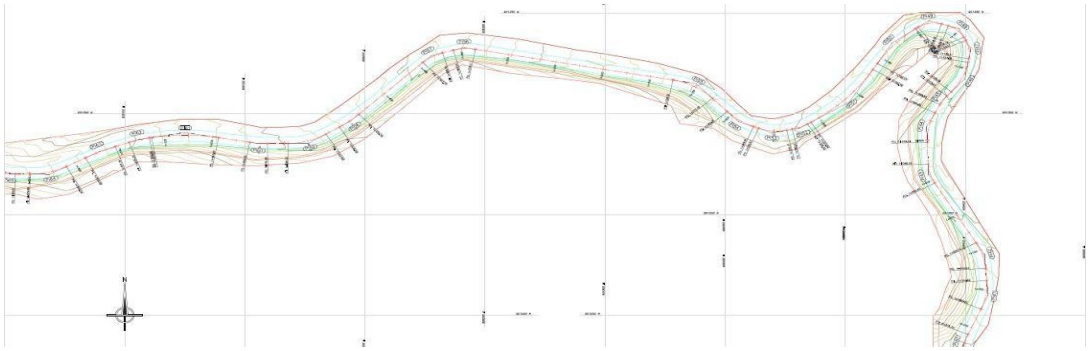


Imagen No. 13 - Planimetría K01+040 – K01+585 (VIA ACO-ALTAGRACIA)

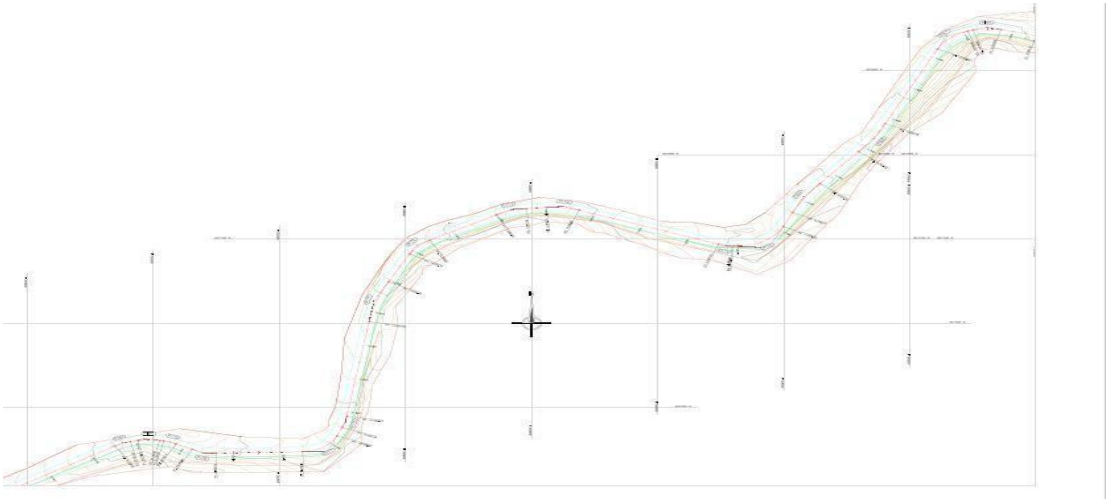


Imagen No. 14- Planimetría K01+585 – K02+160 (VIA ACO-ALTAGRACIA)

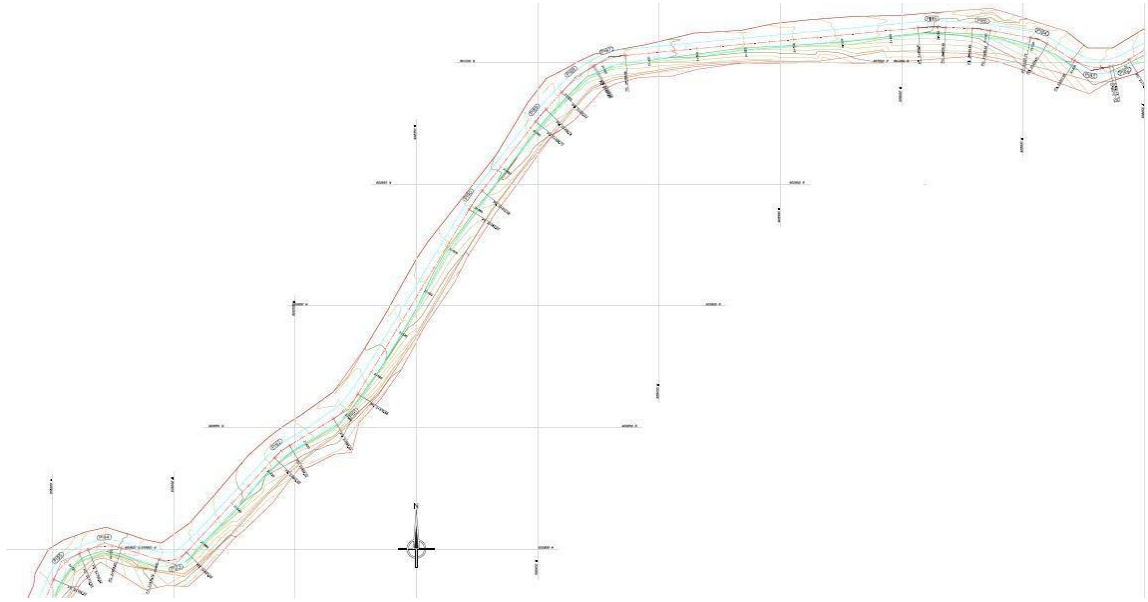


Imagen No. 15 - Planimetría K02+160 – K02+760 (VIA ACO-ALTAGRACIA)

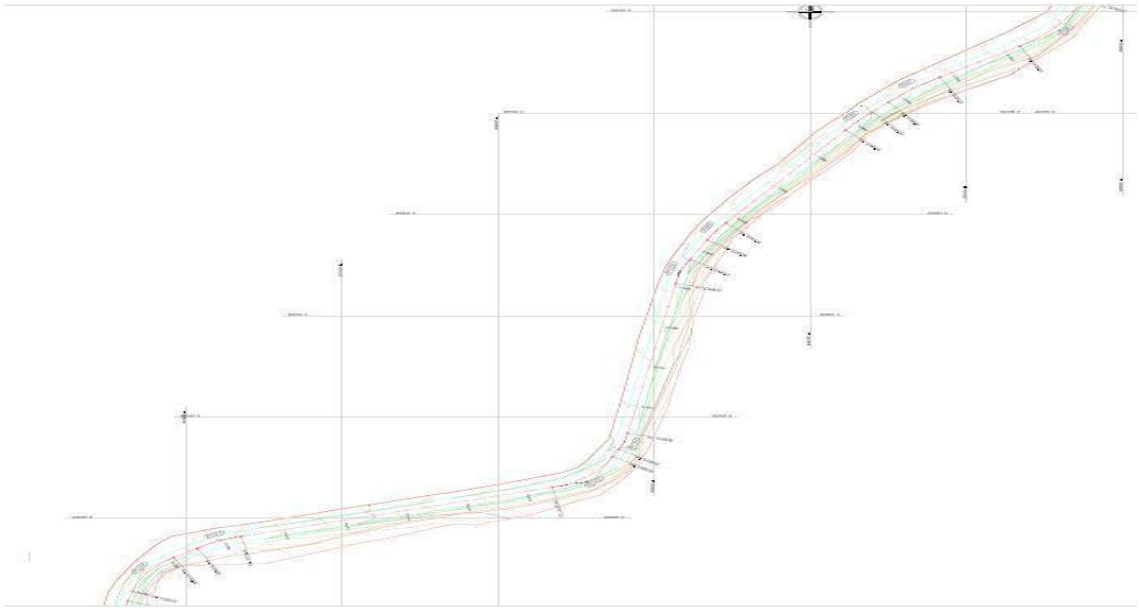


Imagen No. 56 - Planimetría K02+760 – K03+220 (VIA ACO-ALTAGRACIA)

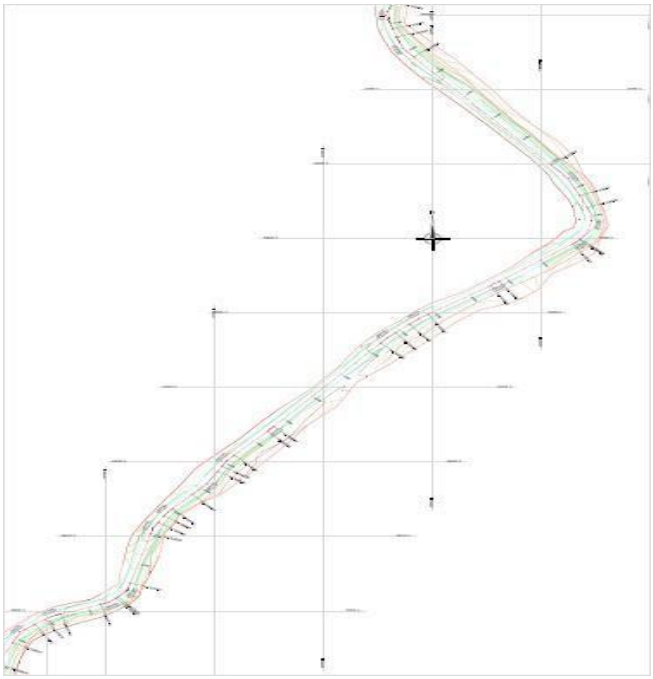


Imagen No. 67 - Planimetría K03+220 – K03+803 (VIA ACO-ALTAGRACIA)

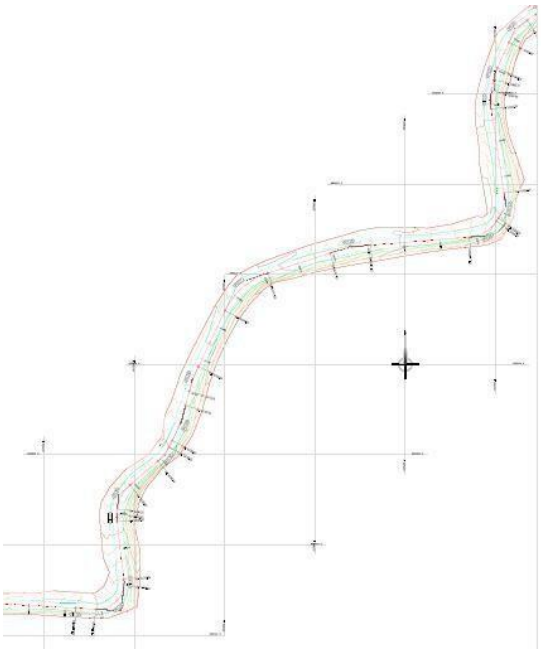


Imagen No. 78 - Planimetría K03+803 – K04+330 (VIA ACO-ALTAGRACIA)

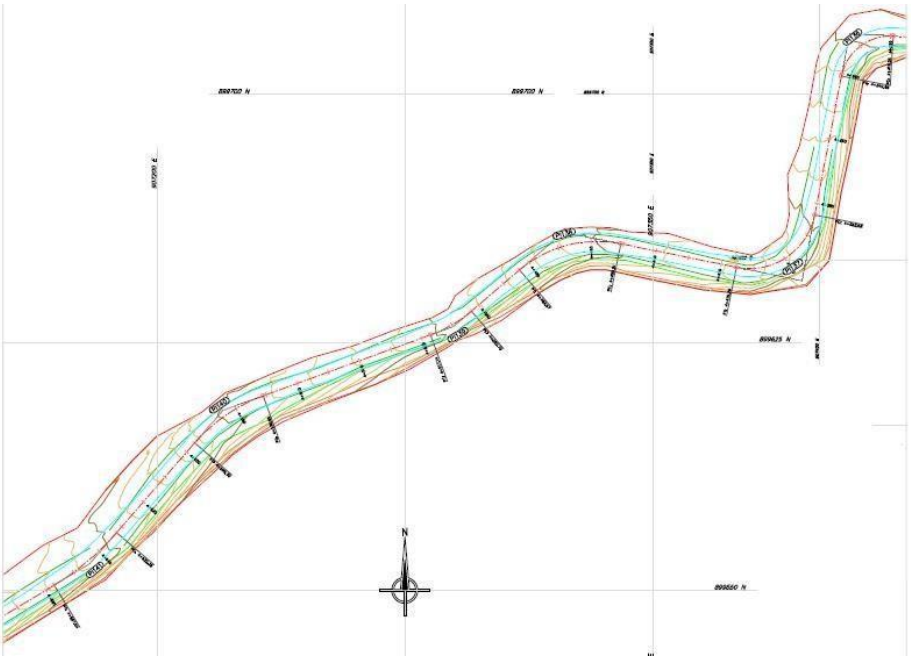


Imagen No. 89 - Planimetría K04+330 – K04+670 (VIA ACO-ALTAGRACIA)

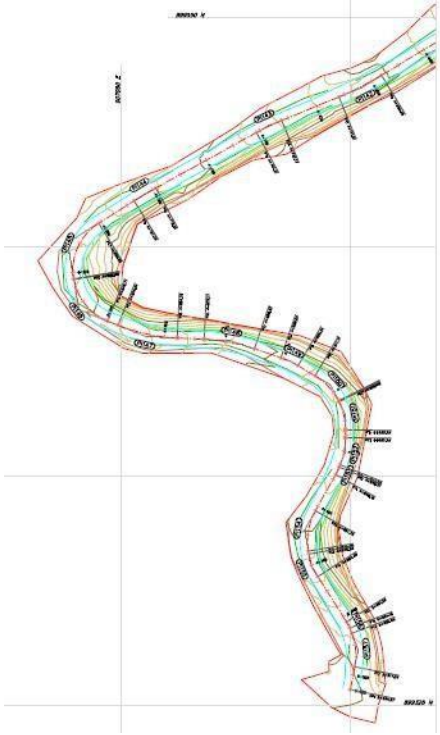


Imagen No. 20 - Planimetría K04+670 – K05+025 (VIA ACO-ALTAGRACIA)

1.1. INVENTARIO DE OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL

Teniendo en cuenta que la vía objeto del presente estudio cuenta con obras de drenaje superficial existentes, a continuación, se relacionan aquellas que fueron encontradas dentro del área de influencia del proyecto en el recorrido realizado en la vía desde el punto denominado el Nueve hacia Tomogo

	Descripción	Abscisa
1	Alcantarilla de 36"	K00+020,00
2	Alcantarilla de 36"	K00+083,00
3	Alcantarilla de 36"	K00+103,00
4	Alcantarilla de 36"	K00+180,00
5	Alcantarilla de 36"	K00+219,00
6	Alcantarilla de 36"	K00+255,00
7	Alcantarilla de 36"	K00+319,00
8	Alcantarilla de 36"	K00+388,00
9	Alcantarilla de 36"	K00+517,00
10	Alcantarilla de 36"	K00+671,00
11	Alcantarilla de 36"	K00+700,00
12	Alcantarilla de 36"	K00+720,00
13	Alcantarilla de 36"	K00+805,00
14	Alcantarilla de 36"	K00+867,00
15	Alcantarilla de 36"	K00+922,00
16	Alcantarilla de 36"	K01+000,00
17	Alcantarilla de 36"	K01+062,00
18	Alcantarilla de 36"	K01+119,00
19	Alcantarilla de 36"	K01+195,00
20	Alcantarilla de 36"	K01+234,00
21	Alcantarilla de 36"	K01+285,00
22	Alcantarilla de 36"	K01+370,00
23	Alcantarilla de 36"	K01+460,00
24	Alcantarilla de 36"	K01+580,00
25	Alcantarilla de 36"	K01+618,00

26	Alcantarilla de 36"	K01+725,00
27	Alcantarilla de 36"	K01+919,00
28	Alcantarilla de 36"	K01+980,00
29	Alcantarilla de 36"	K02+128,00
30	Alcantarilla de 36"	K02+242,00
31	Alcantarilla de 36"	K02+280,00
32	Alcantarilla de 36"	K02+350,00
33	Alcantarilla de 36"	K02+440,00
34	Alcantarilla de 36"	K02+492,00
35	Alcantarilla de 36"	K02+635,00
36	Alcantarilla de 36"	K02+830,00
37	Alcantarilla de 36"	K02+930,00
38	Alcantarilla de 36"	K02+985,00
39	Alcantarilla de 36"	K03+050,00
40	Alcantarilla de 36"	K03+218,00
41	Alcantarilla de 36"	K03+255,00
42	Alcantarilla de 36"	K03+328,00
43	Alcantarilla de 36"	K03+465,00
44	Alcantarilla de 36"	K03+618,00
45	Alcantarilla de 36"	K03+705,00
46	Alcantarilla de 36"	K03+770,00
47	Alcantarilla de 36"	K03+845,00
48	Alcantarilla de 36"	K03+928,00
49	Alcantarilla de 36"	K04+422,00
50	Alcantarilla de 36"	K04+482,00
51	Alcantarilla de 36"	K04+525,00
52	Alcantarilla de 36"	K04+620,00
53	Alcantarilla de 36"	K04+690,00
54	Alcantarilla de 36"	K04+750,00
55	Alcantarilla de 36"	K04+784,00
56	Alcantarilla de 36"	K04+885,00
57	Alcantarilla de 36"	K04+940,00

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El Río Prado nace en la Cordillera Oriental (Vertiente Occidental del Macizo de Sumapaz) a una altura de 2100 m.s.n.m.; presenta una dirección de nacimiento a la desembocadura de Este a Oeste. En su parte inicial recibe el nombre de Río Cunday, al que tributan los ríos Vichia y Cuinde, recibiendo desde allí el nombre de Río Prado, mas adelante las Quebradas De Bajas, Yacupi y el Rio Negro le vierten sus aguas, constituyéndose en sus principales afluentes. La longitud del cauce principal es de aproximadamente 96 kilómetros, presentando una pendiente media de 1.88% y desemboca en la margen derecha en el sentido aguas abajo del Río Magdalena a una cota aproximada de 300 m.s.n.m. El Río Prado presenta vital importancia en el desarrollo del departamento del Tolima. Dentro de su cuenca se encuentran localizadas las fuentes abastecedoras de los cascos urbanos de Cunday (Qda. La Ramada), Dolores (Qda. Miravalle), Prado (Qda. Corinto), Villarrica (Qda. Cuinde) y de otros centros poblacionales de menor densidad poblacional. Igualmente, dentro del área de su cuenca se halla el Embalse de Prado, con una capacidad de 1.100 millones de m³ que son utilizados para generar energía eléctrica con capacidad instalada de 300 MWh., e incluye el proyecto de Riego y Drenaje del Río Prado que comprende 5.000 Has. de las cuales se benefician con agua para riego 3.785 Has..

Se considera oferta hídrica al volumen disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del sistema. La estimación de la oferta hídrica tiene como base la dinámica y los procesos que se dan en el ciclo hidrológico, que determinan en un espacio y un período dado la disponibilidad del recurso. Según la resolución 0865 de Julio 22 de 2004 en cumplimiento del artículo 21 del Decreto 155 de 2004, mediante la cual el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adoptó la metodología establecida por el IDEAM para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales, el caudal medio anual de la corriente es la oferta hídrica de esa cuenca. En el presente estudio se incluyen conceptos fundamentales sobre la oferta hídrica total y neta. La primera corresponde al volumen total generado por la unidad de producción hidrográfica (Cuenca), sin tener en cuenta factores de reducción, y la segunda a la disponibilidad del recurso de acuerdo con su calidad y el volumen mínimo disponible que debe discurrir por los cauces para el sostenimiento de los ecosistemas (Caudal ecológico). Para el Calculo de la Oferta Hídrica Superficial, La "Metodología de Calculo del Índice de Escasez", propuesta por el IDEAM, presenta como alternativa de solución la metodología "Relación lluvia Escorrentía" o Metodología del Numero de Curva. Debido a que no existen datos de estaciones hidrológicas que permitan una información suficiente para calcular la oferta hídrica de la Cuenca Mayor del Río Prado, se adoptó la metodología del Modelo de Simulación Hidrológica Caudal3, basado en el Método del Número de Curva de escorrentía (NC o CN) del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SOIL CONSERVATION SERVICE - SCS), desarrollado con base en la estimación directa de la escorrentía superficial de una lluvia aislada a partir de la características del suelo, uso del mismo y la cubierta vegetal. El Método se basa en la estimación directa de la escorrentía superficial de una lluvia aislada a partir de las características del suelo, uso del mismo y la cubierta vegetal. Para la determinación de la oferta hídrica superficial de la Cuenca Mayor del Río Prado por el Método del Número de Curva (NC), se recopilo la siguiente información: - Mapa de Cobertura de la Tierra del Departamento a escala 1:25000 - Mapa de Suelos del Departamento Escala 1:100000 - Información de precipitaciones máximas del IDEAM, para las estaciones Climatológicas con influencia en el área de la cuenca. - Generación de las Unidades de Respuesta hidrológica (HUR`S). Con la Información Anteriormente citada, se implementó la Metodología del Número de Curva, a través del Modelo de Simulación Hidrológico Caudal3 y se obtuvo

la oferta hídrica para las diferentes, Cuencas, Subcuencas y Microcuencas que conforman la Gran Cuenca del Río Prado.

Oferta Hídrica – Cuenca Mayor de Río Prado

CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL REPARTO (m3/seg)	CAUDAL ECOLOGICO (m3/seg)	Oferta Hídrica Neta (m3/seg)
			Vr. Med	Vr. Min.				
RIO CUNDAY		Q. Abisinia	60,54	43,90	**0,00000**	0,00000	0,00000	0,00000
		Q.Sta Ines o Grande	63,88	39,27	**0,00627**	0,00386	0,00096	0,00531
	Río Cunday 1		63,88	39,27	**0,04686**	0,02881	0,00720	0,03966
	Q. La Laja	Q. La Lajita	63,88	39,27	**0,08330**	0,05121	0,01280	0,07050
		Q. La Laja	63,88	39,27	**0,13407**	0,08242	0,02061	0,11347
		Q. Sirindala	63,88	39,27	**0,16888**	0,10382	0,02595	0,14292
	TOTAL QUEBRADA LA LAJA				**0,38625**		**0,02061**	**0,36564**
	Río Cunday 2		86,97	54,95	**0,09287**	0,05868	0,01467	0,07820
	Q. Grande	Q. Pantonima	63,88	39,27	**0,00309**	0,00190	0,00047	0,00262
		Q. La Salitra	63,88	39,27	**0,00943**	0,00580	0,00145	0,00798
		Q. Grande	63,88	39,27	**0,00073**	0,00045	0,00011	0,00062
		Q. La Mochilera	63,88	39,27	**0,20537**	0,12625	0,03156	0,17381
		Q. La Hondita	86,97	54,95	**0,24731**	0,15626	0,03907	0,20825
	TOTAL QUEBRADA GRANDE				**0,46594**		**0,00011**	**0,46583**
	Río Cunday 3		86,97	54,95	**0,25652**	0,16208	0,04052	0,21600
		Q. La Tigra	86,97	54,95	**0,35015**	0,22123	0,05531	0,29484
	Q. La Montosa	Q. Guasimal	86,97	54,95	**0,56315**	0,35581	0,08895	0,47420
		Q. La Montosa	86,97	54,95	**0,60344**	0,38127	0,09532	0,50812
	TOTAL QUEBRADA LA MONTOSA				**1,16659**		**0,09532**	**1,07127**
		Q. La Meicocia	86,97	54,95	**0,25529**	0,16130	0,04032	0,21496
		Q. Guamitos	86,97	54,95	**0,15190**	0,09597	0,02399	0,12790
	Río Cunday 4		86,97	54,95	**0,05446**	0,03441	0,00860	0,04585
	Q. Tasajera	Q. Madroña	86,97	54,95	**0,08403**	0,05309	0,01327	0,07076
		Q. La Loma	86,97	54,95	**0,02675**	0,01690	0,00422	0,02252
		Q. La Chicha	86,97	54,95	**0,06763**	0,04273	0,01068	0,05695
		Q. Tasajera	86,97	54,95	**0,15382**	0,09719	0,02430	0,12952
	TOTAL QUEBRADA TASAJERA				**0,33222**		**0,02430**	**0,30793**

CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL REPARTO (m3/seg)	CAUDAL ECOLOGICO (m3/seg)	Oferta Hídrica Neta (m3/seg)
			Vr. Med	Vr. Min.				
		Q. Agua Blanca	86,97	54,95	**0,15119**	0,09553	0,02388	0,12731
		Q. El León	86,97	54,95	**0,26292**	0,16612	0,04153	0,22139
		Q. Las Juntas	86,97	54,95	**0,17639**	0,11145	0,02786	0,14853
		Q. La Cruz	86,97	54,95	**0,08097**	0,05116	0,01279	0,06818
	Q. El Revés	Q. La Manzana	81,27	52,25	**0,22818**	0,14670	0,03668	0,19151
		Q. Agua Buena	86,97	54,95	**0,28038**	0,17715	0,04429	0,23609
		Q. La Espumosa	86,97	54,95	**0,14111**	0,08916	0,02229	0,11882
		Q. San Lorenzo	86,97	54,95	**0,25001**	0,15796	0,03949	0,21052
		Q. Sn Ambrosio	86,97	54,95	**0,15065**	0,09518	0,02380	0,12685
		Q. Cauquita	86,97	54,95	**0,05515**	0,03485	0,00871	0,04644
		Q. El Salero	86,97	54,95	**0,12966**	0,08193	0,02048	0,10918
		Q. El Revés	86,97	54,95	**1,86003**	1,17522	0,29381	1,56623
	TOTAL QUEBRADA EL REVES				**3,09519**		**0,29381**	**2,80138**

OFERTA HIDRICA - CUENCA MAYOR RIO PRADO

CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL REPARTO (m3/seg)	CAUDAL ECOLOGICO (m3/seg)	Oferta Hídrica Neta (m3/seg)
			Vr. Med	Vr. Min.				
RIO CUNDAY	Río Vichia	Q. La Montosa	63,88	39,27	**0,00000**	0,00000	0,00000	0,00000
		Río Vichia 1	63,88	39,27	**0,10870**	0,06683	0,01671	0,09200
		Q. Las Moscas	63,88	39,27	**0,00270**	0,00166	0,00041	0,00228
		Q. AguaBlanc2	63,88	39,27	**0,19850**	0,12202	0,03051	0,16799
		Q. Los Alacran.	63,88	39,27	**0,00000**	0,00000	0,00000	0,00000
		Q. La Pedrego	63,88	39,27	**0,00389**	0,00239	0,00060	0,00329
		Río Vichia 2	85,52	58,37	**0,14120**	0,09638	0,02409	0,11711
		Q. Cialo	54,52	26,30	**0,00000**	0,00000	0,00000	0,00000
		Q. Chipalo	86,97	54,95	**0,14834**	0,09373	0,02343	0,12491
		Q. La Vieja	86,97	54,95	**0,06405**	0,04047	0,01012	0,05393
		Río Vichia 3	86,97	54,95	**0,09404**	0,05942	0,01485	0,07919
		Q. Macanales	86,97	54,95	**0,07789**	0,04922	0,01230	0,06559
		Q. Montecristo	86,97	54,95	**0,10117**	0,06392	0,01598	0,08519
		Río Vichia 4	86,97	54,95	**0,03183**	0,02011	0,00503	0,02680
		Q Corrales	86,97	54,95	**0,17360**	0,10968	0,02742	0,14618
		Río Vichia 5	86,97	54,95	**0,07029**	0,04441	0,01110	0,05919
		Q. Santana	70,80	44,17	**0,02971**	0,01854	0,00463	0,02508
	TOTAL RIO VICHIA				**1,24591**		**0,07178**	**1,17413**
	Río Cunday 5		86,97	54,95	**0,79998**	0,50545	0,12636	0,67362
		Q. La Ramada	86,97	54,95	**0,00209**	0,00132	0,00033	0,00176
	Q D Las Mesas		86,97	54,95	**0,13563**	0,08569	0,02142	0,11420
	R. Cuinde Blanco	Q. D Los Puercos	74,47	32,00	**0,27713**	0,11908	0,02977	0,24736
		R. Cuinde Blanco 1	62,46	28,87	**1,87105**	0,86483	0,21621	1,65485
		Q. AguaBlca 3	62,46	28,87	**0,11458**	0,05296	0,01324	0,10134
		R. Cuindecito	54,52	26,30	**0,07704**	0,03716	0,00929	0,06775
		Q. De la Isla	54,52	26,30	**0,00000**	0,00000	0,00000	0,00000
		Q. La Quinta	70,57	30,00	**0,06602**	0,02807	0,00702	0,05900
		Q. La Mesa	70,57	30,00	**0,12315**	0,05235	0,01309	0,11006
		R. Cuinde Negro	67,03	40,87	**2,75655**	1,68074	0,42019	2,33637
		Q. San Pablo	81,32	50,00	**0,60688**	0,37314	0,09329	0,51359
		Q. La Loma	70,57	30,00	**0,15819**	0,06725	0,01681	0,14138
		Q. La Yuca	80,33	44,67	**0,58678**	0,32630	0,08157	0,50521
		Q. San Jose	81,27	52,25	**0,03527**	0,02267	0,00567	0,02960
		R. Cuinde Blanco 2	81,27	52,25	**3,10803**	1,99821	0,49955	2,60848
	TOTAL RIO CUINDE BLANCO				**9,78067**		**0,71576**	**9,06491**
	Río Cunday 6		88,63	61,47	**0,40505**	0,28092	0,07023	0,33482
	Q El Derecho	Q. El Mayo	81,27	52,25	**0,03981**	0,02560	0,00640	0,03342
		Q El Derecho	81,27	52,25	**0,66742**	0,42910	0,10727	0,56014
	TOTAL QUEBRADA EL DERECHO				**0,70723**		**0,10727**	**0,59996**
		Q. Chaparro	81,27	52,25	**0,02821**	0,01813	0,00453	0,02367
TOTAL RIO CUNDAY					**16,61256**		**0,21731**	**16,39525**

OFERTA HIDRICA - CUENCA MAYOR RIO PRADO

CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL REPARTO (m3/seg)	CAUDAL ECOLOGICO (m3/seg)	Oferta Hídrica Neta (m3/seg)
			Vr. Med	Vr. Min.				
Q. DE BAJAS		Q. La Paliquera	80,33	44,67	0,40606	0,22580	0,05645	0,34961
		Q. Palmichosa	81,27	52,25	0,16284	0,10469	0,02617	0,13666
	Q. De Bajas 1		81,27	52,25	0,93208	0,59925	0,14981	0,78227
		Q. Corrales2	81,27	52,25	0,38591	0,24811	0,06203	0,32389
		Q. El Placer	81,27	52,25	0,02529	0,01626	0,00406	0,02122
	Q. de Bajas 2		81,27	52,25	0,21023	0,13516	0,03379	0,17644
	Q. Bajita	Q. Aguas Claras	81,27	52,25	0,67069	0,43120	0,10780	0,56289
		Q. Bajita	81,27	52,25	0,48813	0,31382	0,07846	0,40967
	TOTAL QUEBRADA BAJITA				1,15882		**0,07846**	**1,08036**
TOTAL QUEBRADA DE BAJAS					3,28124		**0,18360**	**3,09763**
Q. YACUPÍ		Q.Coralito	81,27	52,25	0,40149	0,25813	0,06453	0,33696
		Q. Holanda	81,27	52,25	0,03299	0,02121	0,00530	0,02768
		Q. Corrales3	81,27	52,25	1,03766	0,66713	0,16678	0,87088
	Q. Yacupí		81,27	52,25	2,60155	1,67259	0,41815	2,18340
TOTAL QUEBRADA YACUPÍ					4,07369		**0,41815**	**3,65555**
RIO PRADO	Q. Seca		81,27	52,25	0,21910	0,14086	0,03522	0,18388
	Q. Tonogó		81,27	52,25	0,35765	0,22994	0,05749	0,30017
		Q. Trepadero	81,27	52,25	0,04378	0,02815	0,00704	0,03675
		Q. Corinto	82,67	45,00	0,81682	0,44462	0,11116	0,70566
SUBTOTAL RIO PRADO					1,43735		**0,00000**	**1,43735**
RIO NEGRO	Río Naranjo	Q. Lusitania	65,27	46,30	0,48884	0,34677	0,08669	0,40215
		Río Naranjo	65,27	46,30	0,43394	0,30782	0,07695	0,35698
	TOTAL RIO NARANJO				0,92278		**0,07695**	**0,84582**
	Q. La Nutria	Q. Chispas	65,00	32,20	0,44188	0,21890	0,05472	0,38715
		Q. La Nutria	65,27	46,30	**0,40575**	0,28782	0,07196	0,33380
	TOTAL QUEBRADA LA NUTRIA			**0,84763**		**0,07196**	**0,77567**	

OFERTA HIDRICA - CUENCA MAYOR RIO PRADO

CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL REPARTO (m3/seg)	CAUDAL ECOLOGICO (m3/seg)	Oferta Hídrica Neta (m3/seg)
			Vr. Med	Vr. Min.				
RÍO NEGRO		Q. Siete Pesos	78,27	37,00	**0,00269**	0,00127	0,00032	0,00237
	Q. El Altamizal	Q. La Miel	78,27	37,00	**0,02625**	0,01241	0,00310	0,02315
		Q. El Altamizal	68,22	44,20	**0,04419**	0,02863	0,00716	0,03703
	TOTAL QUEBRADA EL ALTAMIZAL				**0,07044**		**0,00716**	**0,06328**
		Q. Palmalosa	78,18	40,00	**0,27154**	0,13893	0,03473	0,23681
	Q. La Lejía		81,52	48,00	**0,35418**	0,20854	0,05214	0,30204
	Río Negro 1		72,85	55,00	**1,41109**	1,06534	0,26633	1,14475
		Q. El Oso	83,10	55,00	**0,19154**	0,12677	0,03169	0,15985
	Q. Boquerón		87,35	54,67	**0,49561**	0,31019	0,07755	0,41807
		Q. Cacao	93,78	62,27	**0,11523**	0,07651	0,01913	0,09610
	Q. El Carbon		96,40	56,93	**0,82774**	0,48883	0,12221	0,70554
	Río Negro 2		85,51	56,00	**0,05561**	0,03642	0,00911	0,04651
		Q. La Palma	85,51	56,00	**0,01498**	0,00981	0,00245	0,01252
		Q. Guamalito	85,51	56,00	**0,01339**	0,00877	0,00219	0,01120
	Q. Pescado	Q. San Jose	95,86	54,00	**0,11225**	0,06323	0,01581	0,09644
		Q.Pescado 1	95,86	54,00	**0,00481**	0,00271	0,00068	0,00414
		Q. Guadualito	95,86	54,00	**0,09536**	0,05372	0,01343	0,08193
		Q.Pescado 2	95,86	54,00	**0,56072**	0,31586	0,07897	0,48175
		Q. La Pelota	95,86	54,00	**0,09037**	0,05091	0,01273	0,07764
		Q. Pescado 3	95,86	54,00	**0,04990**	0,02811	0,00703	0,04287
		Q. La Laja 2	95,86	54,00	**0,09543**	0,05376	0,01344	0,08199
		Q. El Carpintero	95,86	54,00	**0,61995**	0,34923	0,08731	0,53265
		Q. Pescado 4	103,10	64,40	**2,25174**	1,40652	0,35163	1,90011
		Q. Miravalle	103,10	64,40	**0,55346**	0,34571	0,08643	0,46703
		Río Frío	103,10	64,40	**1,47359**	0,92046	0,23011	1,24347
		Q. La Laja 3	103,10	64,40	**1,32315**	0,82649	0,20662	1,11653

OFERTA HIDRICA - CUENCA MAYOR RIO PRADO

		MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL REPARTO (m3/seg)	CAUDAL ECOLOGICO (m3/seg)	Oferta Hídrica Neta (m3/seg)
			Vr. Med	Vr. Min.				
RÍO NEGRO	**Q. Pescado**	Q. La Resaca	99,18	72,40	**0,42802**	0,31245	0,07811	0,34991
		Q. Pescado 5	93,78	62,27	**1,25112**	0,83075	0,20769	1,04344
		Q. La Lajita 2	96,67	58,40	**0,53985**	0,32613	0,08153	0,45832
		Q. Pescado 6	83,00	42,00	**0,09315**	0,04714	0,01178	0,08136
	TOTAL QUEBRADA PESCADO				**9,54286**		**0,65777**	**8,88509**
		Q. Sonadora	85,51	56,00	**0,10464**	0,06853	0,01713	0,08751
		Q. El Cacao	85,51	56,00	**0,07206**	0,04719	0,01180	0,06026
		Q. Cantarama	85,51	56,00	**0,07735**	0,05066	0,01266	0,06469
		Q. El Lindero	85,51	56,00	**0,12056**	0,07895	0,01974	0,10082
		Q. Eusebio	96,86	74,00	**0,19074**	0,14572	0,03643	0,15431
		Q. El Caliche	92,24	63,33	**0,08949**	0,06144	0,01536	0,07413
	Río Negro 3		96,86	74,00	**0,43183**	0,32991	0,08248	0,34935
	Q. Aco	Q. AguaDulce	92,24	63,33	**0,40152**	0,27567	0,06892	0,33260
		Q. Aco 1	92,05	60,67	**1,33444**	0,87953	0,21988	1,11456
		Q. Agua Negra	92,05	60,67	**1,34889**	0,88905	0,22226	1,12663
		Q. Guaduala	92,24	63,33	**0,32313**	0,22185	0,05546	0,26766
		Q. Aco 2	94,36	60,00	**0,27149**	0,17263	0,04316	0,22833
		Q. La Tigra2	94,36	60,00	**0,29309**	0,18637	0,04659	0,24650
		Q. Aco 3	105,71	78,00	**0,22461**	0,16573	0,04143	0,18317
		Q. La Sucia	91,95	59,00	**0,69353**	0,44501	0,11125	0,58228
		Q. Aco 4	105,71	78,00	**0,24405**	0,18008	0,04502	0,19903
		Q. Aco 5	101,35	74,27	**0,63231**	0,46336	0,11584	0,51647
	TOTAL QUEBRADA ACO				**5,76706**		**0,46533**	**5,30173**
TOTAL RIO NEGRO					**21,99103**		**0,35792**	**21,63311**

OFERTA HIDRICA - CUENCA MAYOR RIO PRADO								
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL REPARTO (m3/seg)	CAUDAL ECOLOGICO (m3/seg)	Oferta Hídrica Neta (m3/seg)
			Vr. Med	Vr. Min.				
RIO PRADO	Q. Guadual		88,59	57,33	0,39668	0,25671	0,06418	0,33250
	Q. El Valle	Q. El Acero	88,88	51,00	0,08421	0,04832	0,01208	0,07213
		Q. El Valle	88,88	51,00	0,19193	0,11013	0,02753	0,16440
	TOTAL QUEBRADA EL VALLE			0,27615		0,02753	0,24861	
	Q. El Hatillo	Q. Calabozo	88,88	51,00	0,17598	0,10098	0,02525	0,15074
		Q. Escudero	94,76	60,00	0,01193	0,00756	0,00189	0,01004
		Q. El Dinde	94,76	60,00	0,05309	0,03362	0,00840	0,04469
		Q. Jabonera	88,88	51,00	0,22933	0,13159	0,03290	0,19643
		Q. El Hatillo	88,88	51,00	0,41925	0,24057	0,06014	0,35911
	TOTAL QUEBRADA EL HATILLO			0,70167		0,06014	0,64152	
	Río Prado 1		94,76	60,00	0,52534	0,33263	0,08316	0,44218
		Q. Corcovado	88,88	51,00	0,25623	0,14702	0,03676	0,21947
		Q. La Arenosa	88,88	51,00	0,17137	0,09833	0,02458	0,14678
		Q. Vara seca	94,76	60,00	0,03060	0,01938	0,00484	0,02576
	Q. Agua Buena2		88,88	51,00	0,51056	0,29296	0,07324	0,43732
	Embalse		93,36	67,25	0,60412	0,43517	0,10879	0,49533
SUBTOTAL RIO PRADO					3,66061		0,19195	3,46866
TOTAL RÍO PRADO					5.09796		0.40926	4.68870
TOTAL CUENCA MAYOR RIO PRADO					54,88066		13,72016	54,42113

Tabla No. 1 - Principales cuerpos de agua del Municipio de Prado - Tolima

HIDROLÓGIA CUENCA MAYOR RIO PRADO

La importancia de la hidrológica es evidente por ser el agua un componente que junto con las demás condiciones de orden físico presentes en nuestro planeta ha determinado la aparición de la vida; es decir, si no existe agua, no hay vida.

El desarrollo industrial, agrícola, pecuario y el surgimiento de grandes concentraciones humanas, pusieron de presente la necesidad de aprovechar de manera más eficiente el recurso agua. El incremento del uso del agua obliga a tener un conocimiento más profundo del comportamiento hidrológico de las cuencas hidrográficas, para poderla aprovechar de manera integral en los diferentes usos.

El Río Prado nace en la Cordillera Oriental (Vertiente Occidental del Macizo de Sumapaz) a una altura de 2100 m.s.n.m.; presenta una dirección de nacimiento a la desembocadura de Este a Oeste. En su parte inicial recibe el nombre de Río Cunday, al que tributan los ríos Vichia y Cuinde, recibiendo desde allí el nombre de Río Prado, mas adelante las Quebradas De Bajas, Yacupi y el Rio Negro le vierten sus aguas, constituyéndose en sus principales afluentes. La longitud del cauce principal es de aproximadamente 96 kilómetros, presentando una pendiente media de 1.88% y desemboca en la margen derecha en el sentido aguas abajo del Río Magdalena a una cota aproximada de 300 m.s.n.m.

El Río Prado presenta vital importancia en el desarrollo del departamento del Tolima. Dentro de su cuenca se encuentran localizadas las fuentes abastecedoras de los cascos urbanos de Cunday (Qda. La Ramada), Dolores (Qda. Miravalle), Prado (Qda. Corinto), Villarrica (Qda. Cuinde) y de otros

centros poblacionales de menor densidad poblacional. Igualmente, dentro del área de su cuenca se halla el Embalse de Prado, con una capacidad de 1.100 millones de m³ que son utilizados para generar energía eléctrica con capacidad instalada de 300 MWh., e incluye el proyecto de Riego y Drenaje del Río Prado que comprende 5.000 Has. de las cuales se benefician con agua para riego 3.785 Has.

Oferta Hídrica

Se considera oferta hídrica al volumen disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del sistema. La estimación de la oferta hídrica tiene como base la dinámica y los procesos que se dan en el ciclo hidrológico, que determinan en un espacio y un período dado la disponibilidad del recurso.

Según la resolución 0865 de Julio 22 de 2004 en cumplimiento del artículo 21 del Decreto 155 de 2004, mediante la cual el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adoptó la metodología establecida por el IDEAM para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales, el caudal medio anual de la corriente es la oferta hídrica de esa cuenca.

En el presente estudio se incluyen conceptos fundamentales sobre la oferta hídrica total y neta. La primera corresponde al volumen total generado por la unidad de producción hidrográfica (Cuenca), sin tener en cuenta factores de reducción, y la segunda a la disponibilidad del recurso de acuerdo con su calidad y el volumen mínimo disponible que debe discurrir por los cauces para el sostenimiento de los ecosistemas (Caudal ecológico).

Para el Calculo de la Oferta Hídrica Superficial, La "Metodología de Calculo del Índice de Escasez", propuesta por el IDEAM, presenta como alternativa de solución la metodología "Relación lluvia Escorrentía" o Metodología del Numero de Curva.

Debido a que no existen datos de estaciones hidrológicas que permitan una información suficiente para calcular la oferta hídrica de la Cuenca Mayor del Río Prado, se adoptó la metodología del Modelo de Simulación Hidrológica Caudal3, basado en el Método del Número de Curva de escorrentía (NC o CN) del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SOIL CONSERVATION SERVICE - SCS), desarrollado con base en la estimación directa de la escorrentía superficial de una lluvia aislada a partir de la características del suelo, uso del mismo y la cubierta vegetal. El Método se basa en la estimación directa de la escorrentía superficial de una lluvia aislada a partir de las características del suelo, uso del mismo y la cubierta vegetal.

Para la determinación de la oferta hídrica superficial de la Cuenca Mayor del Río Prado por el Método del Número de Curva (NC), se recopilo la siguiente información:

- Mapa de Cobertura de la Tierra del Departamento a escala 1:25000
- Mapa de Suelos del Departamento Escala 1:100000 - Información de precipitaciones máximas del IDEAM, para las estaciones Climatológicas con influencia en el área de la cuenca.
- Generación de las Unidades de Respuesta hidrológica (HUR`S).

Con la Información Anteriormente citada, se implementó la Metodología del Número de Curva, a través del Modelo de Simulación Hidrológico Caudal3 y se

obtuvo la oferta hídrica para las diferentes, Cuencas, Subcuencas y Microcuencas que conforman la Gran Cuenca del Río Prado.

Determinación de Unidades de Respuesta Hidrológica

A cada uno de los complejos suelo-vegetación, se le denomina Unidad de Respuesta hidrológica (HUR´S), la cual se comporta de manera diferente frente a la infiltración, por lo que en un complejo suelo-vegetación totalmente impermeable toda la precipitación se convierte en escorrentía superficial, o en un complejo totalmente permeable no se produce escorrentía independiente de la precipitación ocurrida.

Para su determinación de las Unidades de Respuesta Hidrológica de la Cuenca Mayor del Río Prado se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros biofísicos: Clasificación hidrológica de los suelos existentes, clasificación de la cobertura vegetal, uso y tratamiento del suelo y número de curva de escorrentía.

Clasificación Hidrológica de los Suelos

De conformidad con el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SOIL CONSERVATION SERVICE - SCS), los suelos hidrológicamente se clasificaron en cuatro grupos así:

Suelo Grupo I (A): Son los suelos que presentan mayor permeabilidad, incluso cuando están saturados. Comprende terrenos que se caracterizan por ser profundos, sueltos, con predominio de arena o grava y con muy poco limo y arcilla. Son los suelos que producen menor escorrentía

Suelo Grupo II (B): Comprende terrenos arenosos menos profundos que los del Grupo I, otros de textura franco-arenosa de mediana profundidad y los francos profundos. Incluye suelos de moderada permeabilidad cuando están saturados.

Suelo Grupo III (C): Incluye los suelos que ofrecen poca permeabilidad cuando están saturados.

Suelo Grupo IV (D): Comprende los suelos que presentan menor impermeabilidad, tales como los terrenos muy arcillosos profundos con alto grado de tumefacción, terrenos que presentan en la superficie o cerca de ella una capa de arcilla muy impermeable y aquellos otros con subsuelo muy impermeable próximo a la superficie. Son los suelos que producen mayor escorrentía.

Clasificación de la Cobertura Vegetal

Se clasifica en distintas clases según sus condiciones hidrológicas para la infiltración, con gradaciones de pobres a buenas. Cuanto más denso es el cultivo mejor es su condición hidrológica para la infiltración y menor es el Número de Curva (N) representativo de la escorrentía.

Uso y Tratamiento del Suelo

La condición superficial en la cuenca hidrográfica se refleja en el uso del suelo y las clases de tratamiento. El uso del suelo está asociado a las coberturas forestales y vegetales de la cuenca como son el tipo de vegetación, los usos agrícolas, tierras en descanso, superficies impermeables y área

urbanas. El tratamiento del suelo se aplica a las prácticas mecánicas como uso de curvas de nivel y practicas de manejo propias de cultivos agrícolas, como rotación de potreros y controles de pastoreo.

En suelos cultivados se identifican: praderas, cultivos en hilera, tierras en descanso, rotaciones, cultivos de granos (pobre, aceptable, buena), cultivos en hileras rectas, siembras a lo largo de la curva de nivel y cultivos terráceos.

Numero de Curva de Escorrentía

Para la asignación del Número de Curva de Escorrentía o Número Hidrológico, se tomo como base la publicada por Ponce V:M., 1989, traducida del original por María Tourné, TRAGSATEC. En la Tabla 2.32 se muestran los números de curva para condición hidrológica II.

El Número de Curva obtenido en la anterior tabla corresponde a unas condiciones de humedad medias (Condición II). Si en el momento de producirse la precipitación el suelo se encuentra saturado debido a lluvias precedentes, la escorrentía que debe esperarse será mayor (Condición III), y por el contrario si el suelo está parcialmente seco la escorrentía será menor (Condición I).

La familia de curvas que representan los Números de Curva se obtiene con la siguiente formulación:
Número de Curva Condición I = 4.2 (Nc I I) / 10 – (0.058 * Nc I I)
Número de Curva Condición II I = 23 (Nc I I) / 10 + (0.13 * Nc I I)

Producción Hídrica

Caudal Medio

Es el resultado de las escorrentías subsuperficiales y subterráneas que alimentan los cauces de una forma lenta y discurre por la red de manera permanente entre lluvia y lluvia. Equivale al Valor medio de los Caudales Medios.
Tabla 2.32 Numero de curva para condición Hidrológica II

CUBIERTA DEL SUELO			Números de Curva Según Grupos Hidrológicos del Suelo			
CLASE	LABOREO	Condiciones Hidrológicas para la Infiltración	I (A)	II (B)	III (C)	IV (D)
Barbecho		------	77	86	91	94
Cultivos alineados	R	Pobres	72	81	88	91
	R	Buenas	67	78	85	89
	C	Pobres	70	79	84	88
	C	Buenas	65	75	82	86
	C - T	Pobres	66	74	80	82
	C - T	Buenas	62	71	78	81
Cultivos no alineados,o con surcos pequeños, o mal definidos	R	Pobres	65	76	84	88
	R	Buenas	63	75	83	87
	C	Pobres	63	74	82	85
	C	Buenas	61	73	81	84
	C - T	Pobres	61	72	79	82
	C - T	Buenas	59	70	78	81
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternativa	R	Pobres	66	77	84	88
	R	Buenas	58	72	81	85
	C	Pobres	64	75	83	85
	C	Buenas	55	69	78	83
	C - T	Pobres	63	73	80	83
	C - T	Buenas	51	67	76	80
Pastizales (Pastos naturales)	----	Pobres	68	79	86	89
	----	Regulares	49	69	79	84
	----	Buenas	39	61	74	80
	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regualres	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados Permanentes	---	----	30	58	71	78
Montes con pastos (Ganadero - Forestal)	------	Pobres	45	66	77	83
		Regulares	36	60	73	79
		Buenas	25	55	70	77
Bosque Forestales	------	Muy Pobres	56	75	86	91
		Pobres	46	68	78	84
		Regulares	36	60	70	76
		Buenas	26	52	63	69
		Muy Buenas	15	44	54	61
Caserios	----	----	59	74	82	86
Caminos en tierra	----	----	72	82	87	89
Caminos en firme	----	----	74	84	90	92

En la Tabla 2.33 y Mapa 2.10, se indican los resultados de la oferta hídrica total superficial a nivel de Cuenca Mayor, cuencas, subcuencas, y microcuencas integrantes de las mismas calculadas mediante la aplicación del Método de Simulación Caudal3.

De conformidad con los resultados obtenidos de la aplicación del Modelo de Simulación Hidrológica Caudal3, la Cuenca Mayor de Río Prado posee una oferta hídrica total de 54.88066 m³ /Seg, que corresponde al valor de su caudal medio.

Las mayores cuencas aportantes son la cuencas de los ríos Negro y Cunday con ofertas hídricas totales de 21,99103 y 20,43674 m³ /Seg respectivamente.

De acuerdo al área y la oferta hídrica obtenida, se calcularon los aportes municipales a la Cuenca Mayor del Río Prado, los cuales se indican en la Tabla 2.34 y el Mapa 2.11.

Los mayores aportes los efectúa el municipio de Cunday con 15.77819 m3 /seg. y el municipio de Melgar se constituye en el menor aportante con 0.25830 m3 /seg.

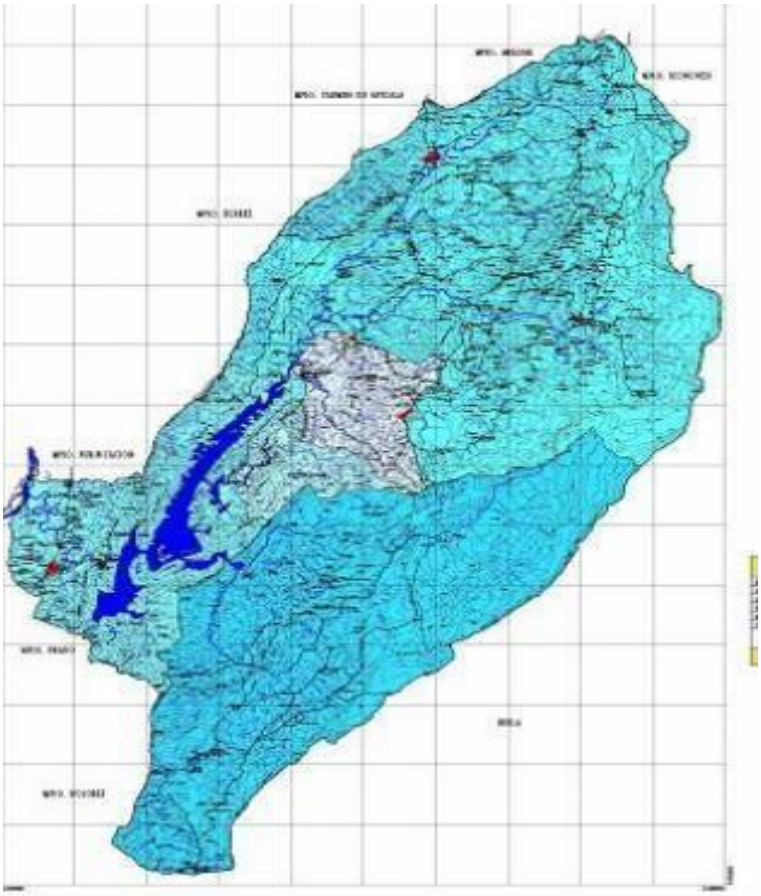
Caudal Ecológico

Se considera como el caudal requerido para la conservación del ecosistema, la flora y la fauna existente en la cuenca. La metodología del IDEAM sugiere como caudal ecológico el 25% del caudal medio disponible.

No se adopta la reducción del 25% sugerida por calidad de agua, pues no hay que confundir el tema de cantidad con el de calidad, ya que la aplicación de caudales ecológicos exige como condición previa unas aguas no contaminadas.

Teniendo en cuenta que las condiciones de cada cuenca son específicas, el caudal ecológico se calculó de manera sectorizada para cada cuenca, Subcuenca y microcuenca, y no de manera generalizada. La Tabla 2.33, indica los caudales ecológicos a nivel de, Cuencas, subcuencas, y microcuencas integrantes de la Cuenca Mayor del Río Prado

Rendimiento Hídrico
Mapa 2.10 Producción u Oferta Hídrica Superficial



De acuerdo al área y la oferta obtenida de cada unidad hidrográfica, se calculó el rendimiento a nivel de cuencas, subcuencas y microcuencas integrantes de la Cuenca Mayor del Río Prado y de acuerdo a ello se agruparon en cinco categorías como se indica en la Tabla 2.35 y Mapa 2.12

Con base en lo anterior, se establece que la Cuenca Mayor de Río Prado posee un rendimiento de 0.32 litros /Seg.-hectárea. Las cuencas con mas alta relación de producción son la quebrada Yacupi con 0.74, y De Bajas y Río Negro con 0.40 litros /Seg.-hectárea, por lo que se consideran de alto rendimiento.

En la cuenca del Río Cunday con una relación de 0.27 litros /Seg.-hectárea, se destaca la Subcuenca de la quebrada La Montosa con un rendimiento de 0.94 litros /Seg.-hectárea y dentro de ella la microcuenca de la quebrada Guasimal con una relación de 1.25 litros /Seg.-hectárea

La cuenca Quebrada De Bajas posee un rendimiento de 0.40 y en ella las Microcuencas de las quebradas Palmichosa y Corrales son las de mayor relación (0.58 litros /Seg.-hectárea).

En la Subcuenca de la Quebrada Yacupí, la Microcuenca de la quebrada Corrales posee el más alto rendimiento con 1.20 litros /Seg.-hectárea.

En la cuenca del Río Negro, se destaca la Subcuenca de la quebrada Pescado con una relación de 0.79 litros /Seg.-hectárea, siendo sus Microcuencas quebrada La Resaca con una relación de 1.57 litros /Seg.-hectárea la unidad de producción con más alto rendimiento en toda la Cuenca Mayor de Río Prado y junto con Río Frío con 1.14 litros /Seg.-hectárea las que presentan mayores índices de producción, los que se estiman muy altos, al igual que la quebrada Miravalles (fuente abastecedora del municipio de Dolores) y posee un rendimiento de 0.93 litros /Seg.-hectárea.
Aportes Municipales a la Cuenca Mayor de Río Prado

MUNICIPIO	ÁREA (Hect)	Q. MEDIO m³/seg)
ICONONZO	4157,72	0,74388
MELGAR	978,68	0,25830
CUNDAY	51627,01	15,77819
PURIFICACION	16118,15	7,77787
VILLARRICA	42963,1	9,63184
DOLORES	22796,77	12,10205
PRADO	31185,49	8,58854
TOTAL APORTES	169826,92	54,88067

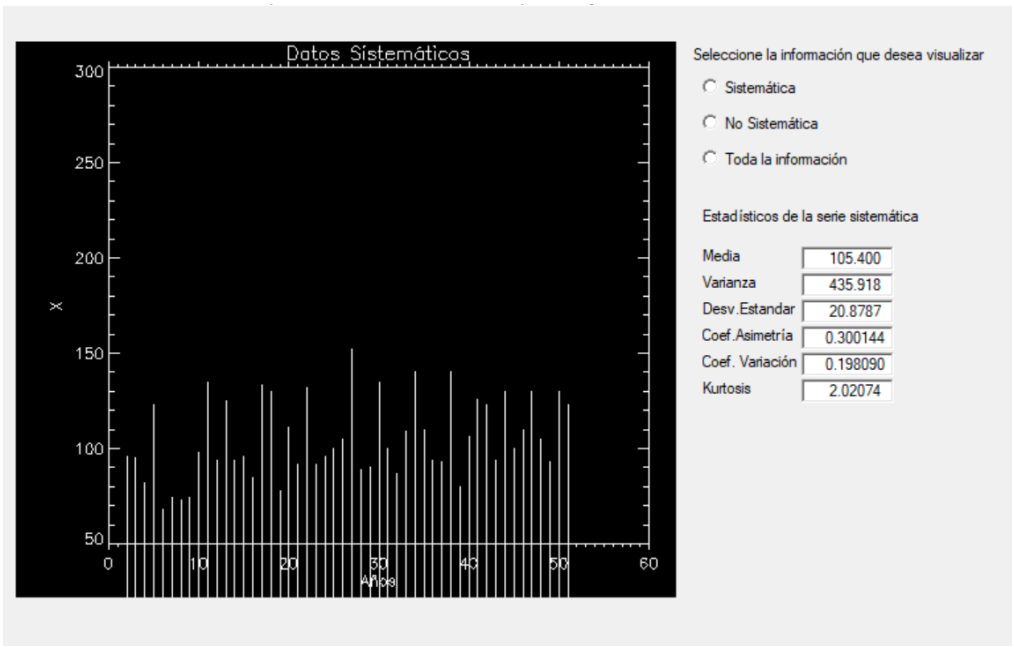
Curva IDF – Parámetros hidrológicos

Con una muestra de 50 años, se analiza la serie de precipitaciones máximas diarias, a continuación. Se presenta la informacion obtenida de la Estación ACO en el municipio de Prado - Tolima.

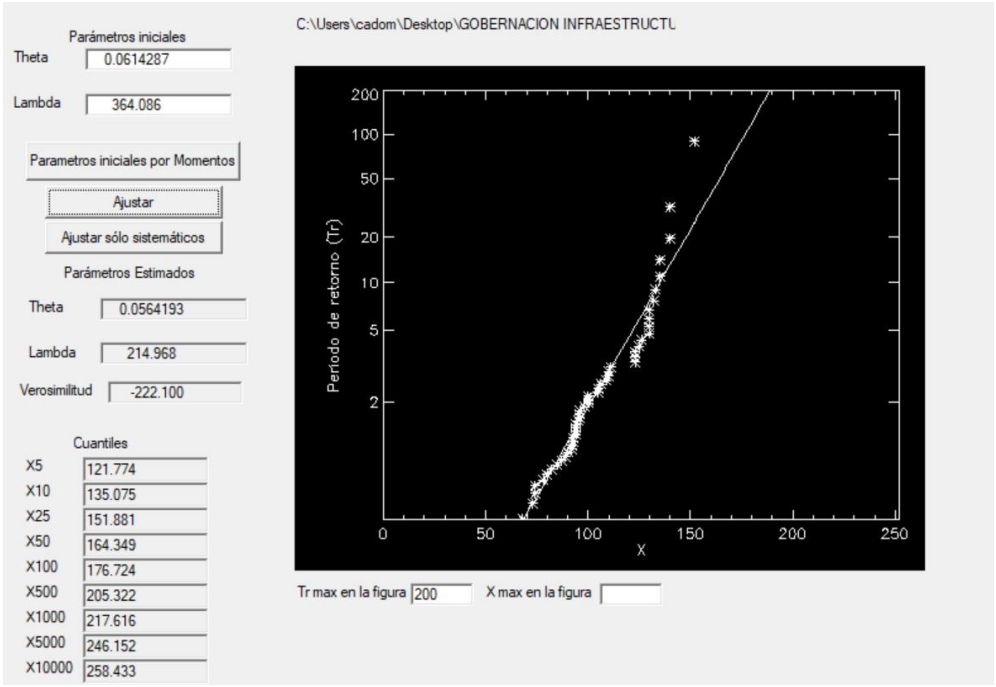
Año	Max
1975	96
1976	95
1977	82
1978	123
1979	68
1980	74
1981	73
1982	74
1983	98
1984	135
1985	94
1986	125
1987	94
1988	96

1989	85
1990	133
1991	130
1992	78
1993	111
1994	92
1995	132
1996	92
1997	96
1998	100
1999	105
2000	152
2001	89
2002	90
2003	135
2004	100
2005	87
2006	109
2007	140
2008	110
2009	94
2010	93
2011	140
2012	80
2013	106
2014	126
2015	123
2016	94
2017	130
2018	100
2019	110
2020	130
2021	105
2022	93
2023	130
2024	123

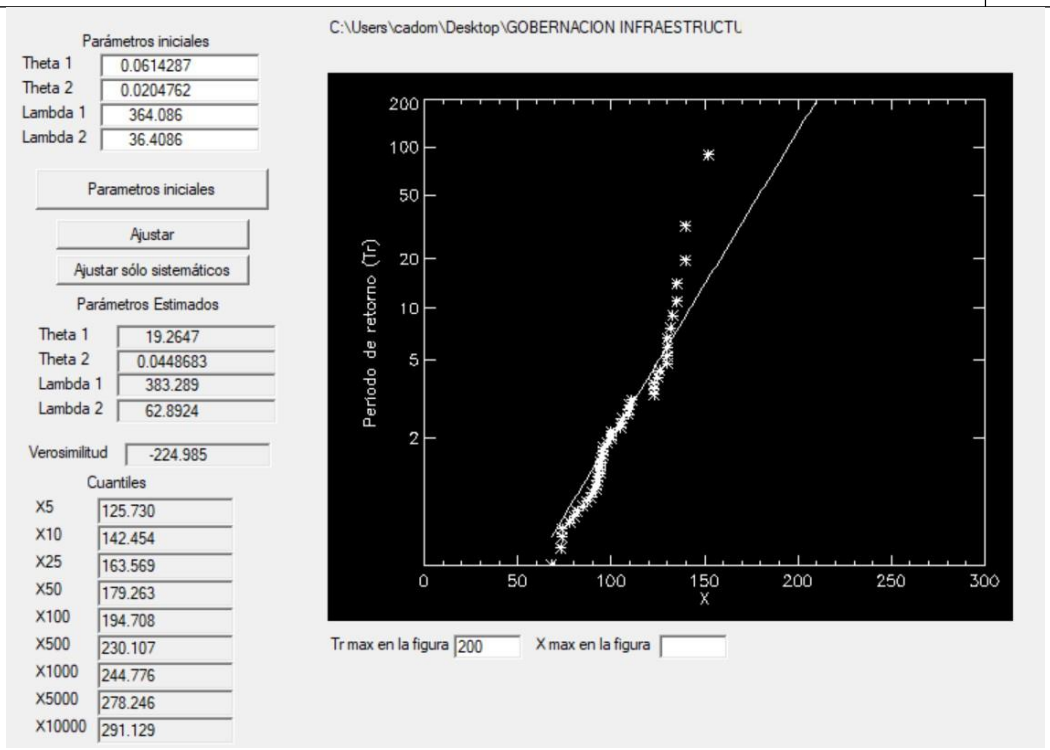
Posterior, se realiza el tratamiento estadístico en aras de determinar la mayor verosimilitud entre los datos.



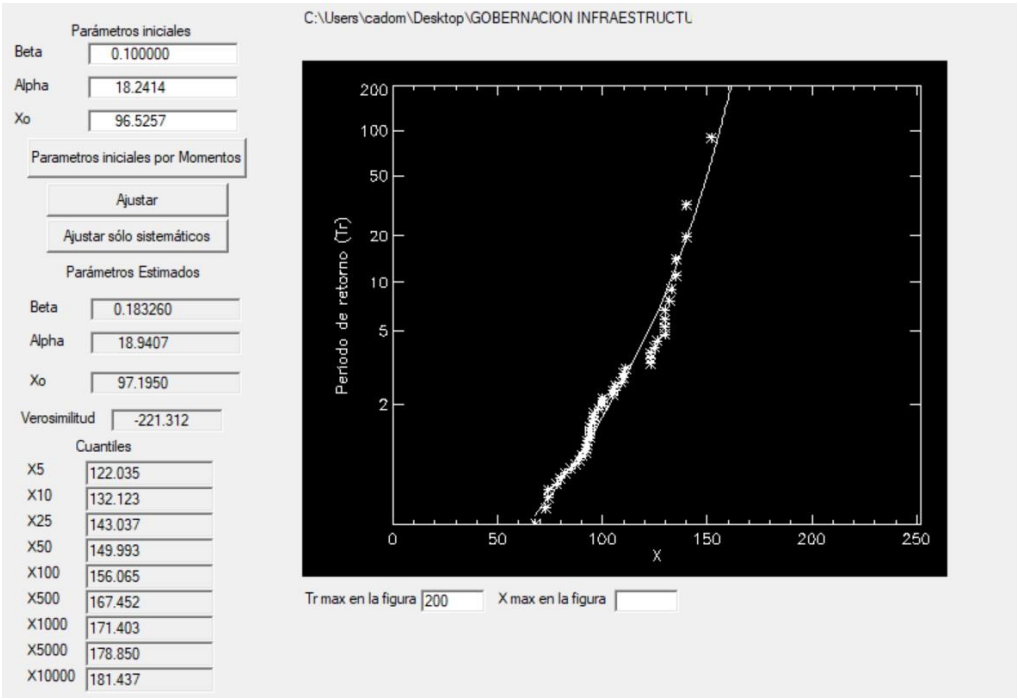
Método de Gumbel



Método Tcev



Método Gev



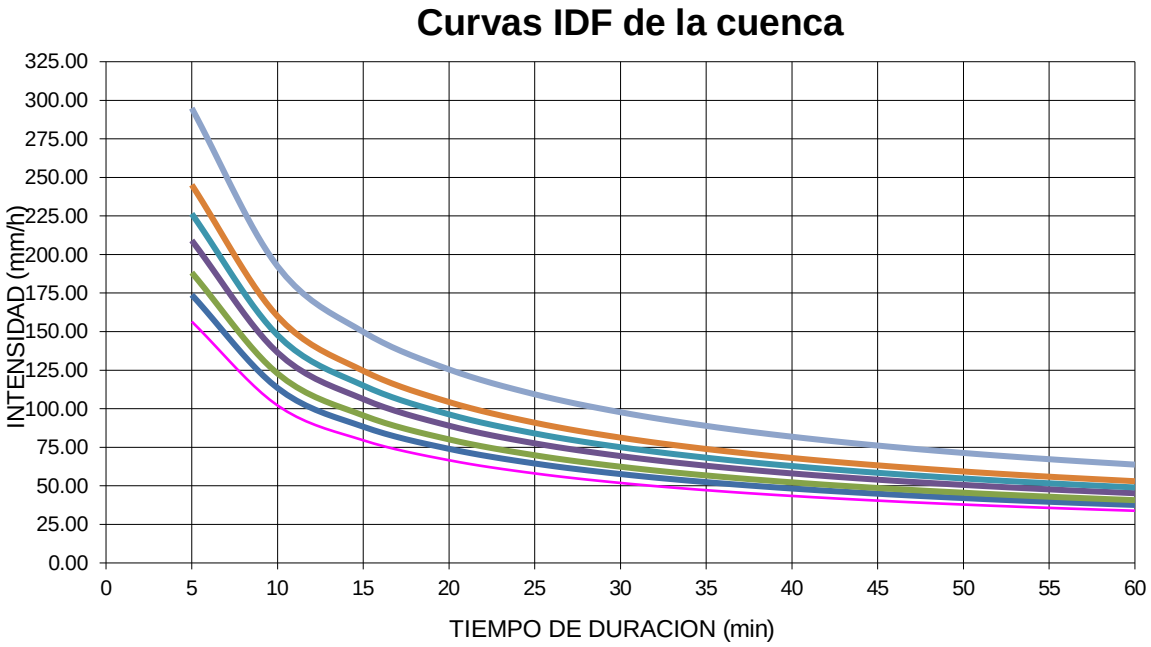
Método Logn

Por todo lo anterior y realizando un análisis entre los métodos, se determina que las intensidades conforme a los tiempos de duración y Tr son los siguientes:

Tabla de intensidades - Tiempo de duración

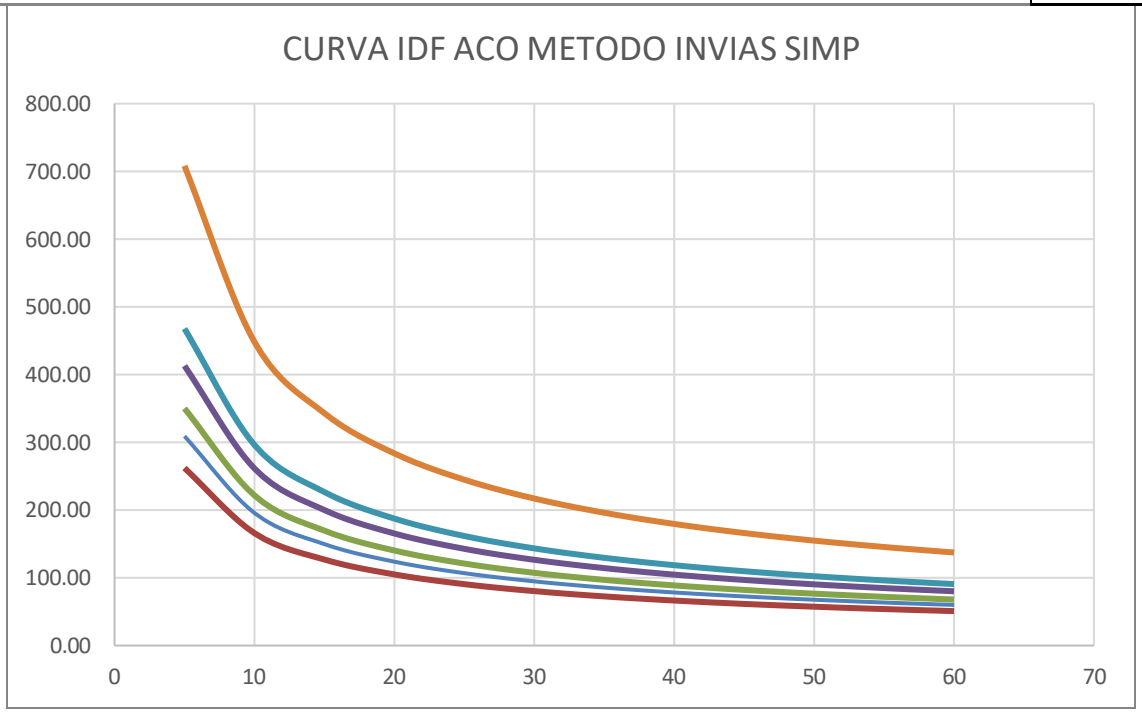
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	156.54	102.11	79.53	66.61	58.05	51.88	47.18	43.45	40.41	37.86	35.70	33.84
5	173.89	113.43	88.34	73.99	64.48	57.63	52.40	48.26	44.88	42.06	39.66	37.59
10	188.28	122.81	95.65	80.11	69.82	62.40	56.74	52.26	48.60	45.54	42.94	40.70
25	209.14	136.42	106.25	88.99	77.55	69.31	63.03	58.05	53.98	50.59	47.70	45.21
50	226.45	147.71	115.05	96.35	83.97	75.05	68.24	62.85	58.45	54.77	51.65	48.95
100	245.19	159.94	124.57	104.33	90.92	81.26	73.89	68.05	63.29	59.31	55.92	53.00
500	294.90	192.36	149.82	125.48	109.35	97.73	88.87	81.85	76.12	71.33	67.26	63.75

Obteniendo:



Por otra parte, se realiza validación con la curva idf a través del método simplificado del manual de drenaje de Invias.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	262.14	165.90	126.95	105.00	90.62	80.34	72.57	66.45	61.48	57.35	53.85	50.85
5	309.14	195.65	149.71	123.82	106.87	94.75	85.58	78.36	72.50	67.63	63.51	59.97
10	350.22	221.65	169.61	140.28	121.07	107.34	96.96	88.78	82.14	76.62	71.95	67.93
25	413.02	261.39	200.02	165.43	142.78	126.59	114.34	104.70	96.87	90.36	84.85	80.12
50	467.91	296.13	226.60	187.41	161.75	143.41	129.54	118.61	109.74	102.37	96.13	90.76
100	530.08	335.48	256.71	212.32	183.24	162.47	146.75	134.37	124.32	115.97	108.90	102.82
500	708.21	448.21	342.97	283.66	244.82	217.06	196.06	179.52	166.10	154.94	145.49	137.37



Curva IDF- Método Invias – Estación ACO

De lo anterior se determina que el método Invias tiende a sobreestimar las precipitaciones por lo que se adopta la curva IDF inicialmente propuesta.

5. ESTUDIO HIDRÁULICO

El presente capítulo se encuentra enfocada en la verificación de la eficiencia del sistema de drenaje superficial que funciona en la actualidad sobre la vía objeto de estudio, ubicada en la via que va desde el punto denominado el Nueve hacia Tomogo - Municipio de Prado (Tolima).

El sistema de drenaje longitudinal, mediante el cual funcionan comúnmente las carreteras está constituido por aquellas estructuras que se construyen en forma paralela al eje de la carretera, la más común es la cuneta, canal que recoge el caudal que corre por la vía y lo direcciona, para el caso particular del presente proyecto, no es posible la construcción de este sistema de drenaje debido al poco ancho con el que cuenta la sección vial en la actualidad.

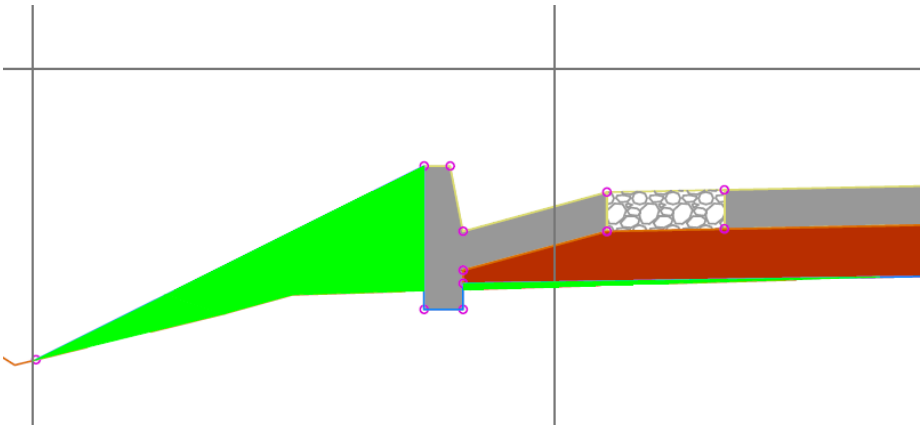


Imagen No. 9 - Sistema de drenaje longitudinal propuesto

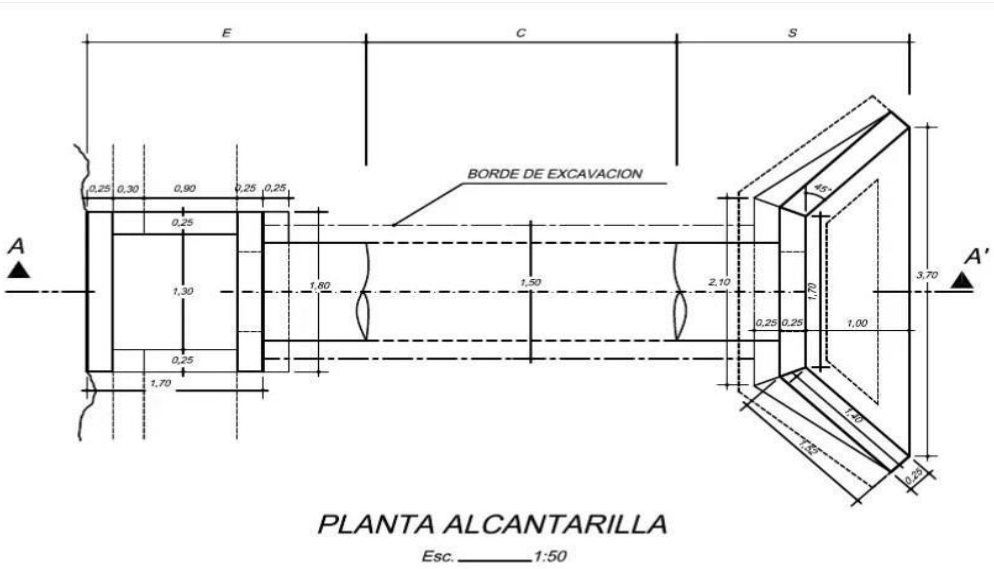


Imagen No. 21- Sistema de evacuación de aguas lluvias propuesto

Es por esto que por efectos prácticos y teniendo en cuenta que a los costados de la vía se encuentran proyectadas cunetas, las cuales a su vez cuentan con confinamiento lateral mediante sardineles, se ha propuesto que en el punto en donde convergen estas estructuras se genere una cuneta como se observa en la Imagen No. 20, buscando así solución a la necesidad de conducción y evacuación de las aguas superficiales.

Con la generación de esta estructura, se busca captar las aguas de escorrentía procedentes de la calzada, evitando así el encharcamiento en la vía (situación que disminuye el nivel de servicio y puede causar problemas de infiltración a las capas subyacentes).

Es importante considerar las velocidades admisibles a fin de no causar obstrucción ni erosión, teniendo en cuenta la variación de alturas del sardinel (debido a la necesidad de accesos en algunas

edificaciones aledañas, se debe tener ciertas precauciones para compensar la falta de uniformidad de la sección transversal y otros factores que puedan variar en el tiempo que dure la vía.

5.1. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL

Para la caracterización de la Cuenca Mayor del Río Prado se determinaron catorce (14) estaciones climatológicas, pluviométricas e hidrométricas instaladas por el IDEAM en la cuenca y aledañas a la misma. En la Tabla 2.22, se estipulan sus principales características (nombre de la estación, código, coordenadas, elevación y jurisdicción municipal entre otras), y con ellas se elaboró el Polígono de Thiessen como se indica en la Figura 2.3, donde se determina la influencia de cada una de ellas.

De acuerdo a la información suministrada por el IDEAM, se seleccionó el período comprendido entre el año 1987 y 2002. Como dicha información se encontraba incompleta y en climatología se trabaja con series continuas, los datos faltantes se completaron mediante el programa de Datfam, que utiliza regresión y correlación lineal. La complementación de la información de precipitación se realizó a partir de datos existentes en estaciones de apoyo cercanas con un rango racional de altura sobre el nivel del mar respecto a la estación con información de datos faltantes.

Estaciones Hidroclimatológicas

ESTACIONES HIDROCLIMATOLOGICAS CUENCA MAYOR DEL RIO PRADO								
N° IDENTIF.	ESTACION	TIPO DE ESTACION	CODIGO	LATITUD	LONGUITUD	ELEVACION (Mts.)	DEPT.	MUNICIPIO
1	CABRERA	PM	2119009	3° 59´	74° 29´	1900	CUND/MARCA.	CABRERA
2	CONC.BUSTAMANTE	PM	2116020	3° 52´	74° 35´	1620	TOLIMA	VILLARRICA
3	HDA. MADROÑO	CO	2115504	3° 32´	74° 54´´	1456	TOLIMA	DOLORES
4	PEÑAS BLANCAS	PM	2116013	3° 39´	74° 45´	1320	TOLIMA	DOLORES
5	LLANITOS	PM	2116016	3° 38´	74° 48´	1310	TOLIMA	DOLORES
6	PUERTO LLERAS	PG	2116018	3° 50´	74° 38´	1195	TOLIMA	VILLARRICA
7	HDA. LA GRANJA	PM	2119041	4° 09´	74° 34´	1120	TOLIMA	MELGAR
8	EL FIQUE	PM	2116017	3° 42´	74° 48´	1080	TOLIMA	PRADO
9	VILLARRICA	PM	2116007	3° 58´	74° 37´	975	TOLIMA	VILLARRICA
10	HDA. PINALITO	PM	2116005	3° 40´	74° 50´	800	TOLIMA	PRADO
11	CUNDAY	PM	2116003	4° 03´	74° 41´	450	TOLIMA	CUNDAY
12	LOZANIA	CO	2116006	3° 53´	74° 47´	400	TOLIMA	PURIFICACION
13	PALOGORDO	PM	2117005	3° 52´	74° 54´	360	TOLIMA	PURIFICACION
14	ACO	PM	2116004	3° 45´	74° 48´	360	TOLIMA	PRADO

CO = Estación Completa PM = Estación Pluviométrica PG = Estación Pluviográfica

Tabla No. 2 - Estaciones Pluviometricas área de influencia del Proyecto

5.2. CAUDAL DE DISEÑO PARA ESCORRENTIA SUPERFICIAL

Según lo establecido por Rafael Pérez Carmona en su libro Diseño y Construcción de Alcantarillados Sanitario, Pluvial y Drenaje en Carreteras (ECOE Ediciones – 2013), capitulo 7 – Sistemas de Drenajes para carreteras, se considera por lo general el área aferente a las cunetas aproximadamente a 1 hectárea (1.0 HA) para obtener el Caudal de Diseño empleando la expresión racional:

$Q = KC \times i \times A$

Donde K es el factor adimensional de corrección,
C es el coeficiente de escorrentía,
I es la máxima intensidad pluviométrica de la zona de estudio
Y A corresponde al área aferente

Teniendo en cuenta las unidades, si Q esta dado en m^3/s, i en mm/hr y A en KM^2, la expresión se presenta así:

$Q = 0.278C \times i \times A\ (m^3/s)$

Coeficiente de Escorrentía: La aplicación de la expresión anterior depende del Coeficiente de escorrentía (C). existen valores que se utilizan en áreas urbanas y rurales. Este valor lo debe establecer el diseñador, para lo cual la literatura anteriormente mencionada presenta los siguientes valores de referencia.

Descripción del área aferente	Valor Mínimo de C	Valor Máximo de C
En áreas comerciales	0.50	0.95
En áreas residenciales	**0.25**	**0.75**
En áreas industriales	0.50	0.90
Parques / Cementerios	0.10	0.25
Campos de juego	0.20	0.35
Areas de patio de ferrocarriles	0.20	0.40
Áreas no desarrolladas	**0.10**	**0.30**
Calles asfaltadas	0.70	0.95
Calles en concreto	**0.80**	**0.95**
Calles en ladrillo	0.70	0.85
Calzadas y alamedas	0.75	0.85
Techos	**0.75**	**0.95**
Bosques y pastos	**0.10**	**0.60**
Tierras cultivadas	0.30	0.82

Tabla No. 3 - Valores de Referencia para el Coeficiente de Escorrentía

Como en las inmediaciones de la vía se tienen diferentes tipos de material sobre el cual circulará el agua superficial, se ha optado por trabajar con un valor **C= 0,35**.

Área aferente de las cunetas: Es necesario tener en cuenta la calzada o media calzada de la vía (teniendo en cuenta el sentido del bombeo, unidireccional o bidireccional), además de incluir la proyección horizontal del talud hasta la zanja de coronación (si la hay).

Con base en lo anteriormente mencionado, teniendo en cuenta que el proyecto considera bombeo bidireccional del 2%, tan solo se tomará como área aferente por un costado lo correspondiente a media calzada 3.00m y por el otro teniendo en cuenta que a pesar de ser zona rural se tienen zonas residenciales como paramentos cercanos en sus inmediaciones, se tomará un ancho igual a 1.00m correspondiente al andén proyectado junto a la vía objeto de estudio.

Así las cosas, el área aferente se calcula con base en la siguiente información:

A= L (longitud del proyecto) x [ancho (costado derecho de la cuneta) + (costado izquierdo de la Cuneta)]
A= 850,00m x 4.00m ⟶ A= 3.400 m^2 ≈ 0.0034Km^2

Una vez obtenidos los valores de la ecuación de Caudal, se precede a realizar el Cálculo.

Q = 0.278C x i x A
Q = 0.278 x (0.35) x 215.40 mm/hr x 0.0034 Km^2
Q = 0.071 m^3/s

5.3. Drenaje de la Corona

Se denomina corona a la superficie visible de una carretera, esta puede estar compuesta por calzadas con separador o calzadas sin separador. El objetivo de las obras de drenaje en la corona consiste en retirar el agua que cae sobre ella lo más rápido posible, con el fin de ofrecer seguridad al tránsito automotor.

El caudal Q, acumulado en una trayectoria Le, sobre la superficie de un pavimento está dado por la expresión:

$Q = (L_R + I) / 3.600.000$

Q = Caudal en m^3/s
L_R = Longitud resultante en m
I = Intensidad de la lluvia en mm/hr

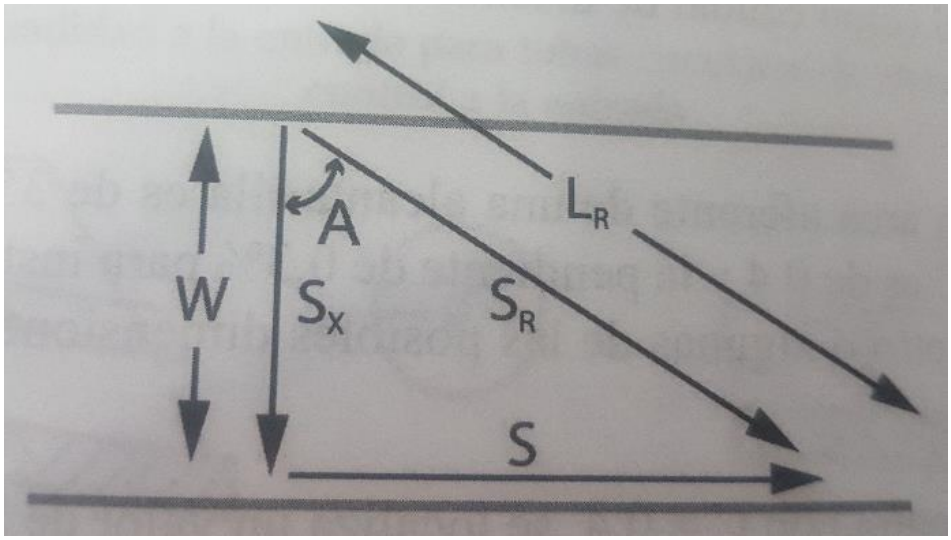


Imagen No. 10 – Descripción gráfica drenaje en la corona

La resultante entre la pendiente longitudinal S y la Transversal S_X de una vía, es S_R y su expresión es:

$S_R = (S^2 + S_X^2)^{0.5}$

LR = Longitud de la trayectoria del flujo se mide a lo largo de la pendiente resultante, desde el punto de caída del agua, hasta el punto donde el agua abandona la corona.

$$L_R = W\ [1 + (\frac{S}{S_X})^2]^{0.5}$$

Entonces, si tenemos que

S = 7,73% ≈ 0.0773 m/m y
$S_{X\ (Bombeo)}$= 2,00% ≈ 0.02 m/m

$S_R = (S^2 + S_X^2)^{0.5}$
$S_R = ((0.0773)^2 + (0.02)^2)^{0.5}$
S_R= 0.0798 m/m ≈ 7.98%

El Angulo de la pendiente se calcula así:

Tan Θ= (S / S_X) ⟶ Θ= Tan (S / S_X)
Θ= Tan (0.0773/0.02)
Θ= 3° 52′ 15.14″

Entonces,

$$L_R = W\ [1 + (\frac{S}{S_X})^2]^{0.5}$$

$$L_R = 3.00m\ [1 + (\frac{0.0773}{0.02})^2]^{0.5}$$

$$L_R = 3.00m\ [1 + 14.94]^{0.5}$$

$$L_R = 11.98m$$

Ahora, se debe determinar la altura H de la lámina de agua una vez ha realizado el recorrido desde el eje vial hacia el final de la cuneta, bajo la siguiente ecuación:

$H= 0.0474\ (L_R \times I)^{0.5} / S_R^{0.2}$
$H= 0.0474\ (11.98m \times 215.40\ mm/hr)^{0.5} / (0.0798)^{0.2}$

H= 3.99 mm

Validación Dimensionamiento De Cunetas y Alcantarillas.

Teniendo en cuenta, que actualmente sobre el tramo vial, se encuentran más de 62 alcantarillas, se hace necesario su validación dado su separación entre sí. Para la nueva configuración se determina un total de 37 alcantarillas por lo que el dimensionamiento de las estructuras es el siguiente:

Abscisa	Diámetro
K0+017.61	36
K0+083.78	36
K0+183.27	36
K0+320.34	36
K0+390.95	36
K0+517.34	36
K0+619	2X36
K0+704.62	36
K0+807.79	36
K0+871.33	36
K1+003.97	36
K1+200.12	36
K1+237.73	36
K1+287.01	36
K1+373.65	36
K1+463.27	36
K1+619.44	36
K1+728.72	36
K1+923.13	36
K2+134.38	36
K2+285.75	36
K2+498.03	36
K2+642.69	36
K2+838.25	36
K2+990.13	36
K3+261.49	36

K3+332.77	36
K3+467.73	36
K3+622.98	36
K3+707.34	36
K3+851.40	36
K3+935.33	36
K4+240	36
K4+430	36
K4+626.78	36
K4+792.06	36
K4+950	36

Por otra parte, para el análisis del área de drenaje de cada estructura se determina que las cunetas tienen como función el drenaje de la escorrentía generada en el área de la vía adicionada con el área del talud circundante, teniendo en cuenta lo anterior, se valida la longitud entre alcantarillas como sistema de descole y en adiciona mediante análisis a través de cuantificación de áreas drenaje, se obtiene lo siguiente.

Abscisa	**Longitud**
K0+017.61	
K0+083.78	66.17
K0+183.27	99.49
K0+320.34	137.07
K0+390.95	70.61
K0+517.34	126.39
K0+619	101.66
K0+704.62	85.62
K0+807.79	103.17
K0+871.33	63.54
K1+003.97	132.64
K1+200.12	196.15
K1+237.73	37.61
K1+287.01	49.28
K1+373.65	86.64
K1+463.27	89.62
K1+619.44	156.17
K1+728.72	109.28
K1+923.13	194.41
K2+134.38	211.25
K2+285.75	151.37

K2+498.03	212.28
K2+642.69	144.66
K2+838.25	195.56
K2+990.13	151.88
K3+261.49	271.36
K3+332.77	71.28
K3+467.73	134.96
K3+622.98	155.25
K3+707.34	84.36
K3+851.40	144.06
K3+935.33	83.93
K4+240	304.67
K4+430	190
K4+626.78	196.78
K4+792.06	165.28
K4+950	157.94

De lo anterior se propone que se debe adoptar la dimensión del tramo critico (más extenso) que verificando la pendiente longitudinal, aporte el menor capacidad hidráulica y así la sección transversal de la estructura sea la adecuada.

Intensidad	150	4.17E-05
Area vía (m2)	990.1775	**0.9**
Area Talud (m2)	3046.7	**0.5**
Aporte Vía	3.71E-02	**37.1319533**
Aporte Talud	6.35E-02	**63.4734245**
Total (l/s)		**100.605378**

$$Q = \left(\frac{K_u}{n}\right) * S_x^{1.67} * S_L^{0.5} * T^{2.67}$$

Ku	0.376
n	0.014
Sx (m/m)	0.12
SL (m/m)	0.11

T (m)	0.75

Caudal	Valor
Q (m3/s)	0.11978499
Q (l/s)	119.784991

5.4. Verificación Obras de Drenaje

Considerando un ancho de inundación máximo permitido de 1,00m en condiciones normales, las capacidades de condición de aguas lluvias de las calles son las que se indican en la siguiente tabla.

Pendiente longitudinal de la calle (1)	Cuneta simple 2%		Cuneta simple 3%		Cuneta simple 4%	
	Velocidad (m/s)	Gasto (l/s)	Velocidad (m/s)	Gasto (l/s)	Velocidad (m/s)	Gasto (l/s)
0,003	0,17	1,7	0,22	3,3	0,26	5,2
0,004	0,19	1,9	0,25	3,8	0,30	6,1
0,005	0,22	2,2	0,28	4,2	0,34	6,8
0,006	0,24	2,4	0,31	4,6	0,37	7,4
0,007	0,26	2,6	0,33	5,0	0,40	8,0
0,008	0,27	2,7	0,36	5,3	0,43	8,6
0,009	0,29	2,9	0,38	5,7	0,45	9,1
0,010	0,31	3,1	0,40	6,0	0,48	9,6
0,020	0,43	4,3	0,56	8,4	0,68	13,5
0,030	0,53	5,3	0,69	10,3	0,83	16,6
0,040	0,61	6,1	0,80	11,9	0,96	19,1
0,050	0,68	6,8	0,89	13,3	1,07	21,4
0,060	0,75	7,5	0,97	14,6	1,17	23,4
0,070	0,81	8,1	1,05	15,8	1,27	25,3
0,080	0,86	8,6	1,12	16,9	1,35	27,1
0,090	0,92	9,2	1,19	17,9	1,44	28,7
0,100	0,97	9,7	1,26	18,9	1,51	30,2

Tabla No. 4 – capacidad Hidráulica de la Cuneta para inundación de máximo 1,00 m

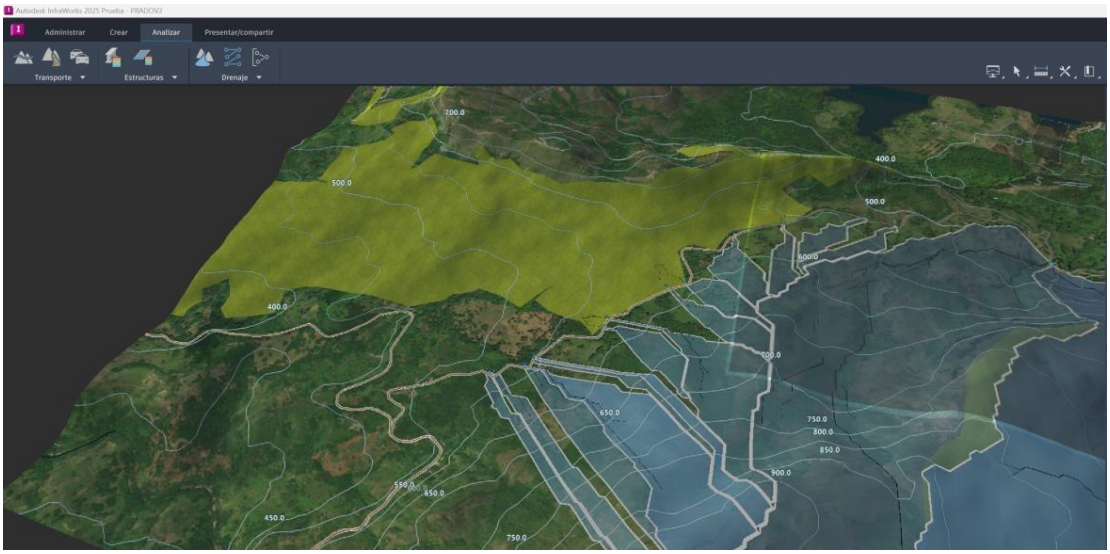
Con base en la información presentada en la tabla anterior, se procedió a realizar un análisis hidráulico teniendo en cuenta las obras de drenaje tipo alcantarilla existentes en la vía, el cual se presenta a continuación:

	Descripción	Abscisa
1	Alcantarilla de 36"	K00+020,00
2	Alcantarilla de 36"	K00+083,00
3	Alcantarilla de 36"	K00+103,00
4	Alcantarilla de 36"	K00+180,00
5	Alcantarilla de 36"	K00+219,00

6	Alcantarilla de 36"	K00+255,00
7	Alcantarilla de 36"	K00+319,00
8	Alcantarilla de 36"	K00+388,00
9	Alcantarilla de 36"	K00+517,00
10	Alcantarilla de 36"	K00+671,00

11	Alcantarilla de 36"	K00+700,00
12	Alcantarilla de 36"	K00+720,00
13	Alcantarilla de 36"	K00+805,00
14	Alcantarilla de 36"	K00+867,00
15	Alcantarilla de 36"	K00+922,00
16	Alcantarilla de 36"	K01+000,00
17	Alcantarilla de 36"	K01+062,00
18	Alcantarilla de 36"	K01+119,00
19	Alcantarilla de 36"	K01+195,00
20	Alcantarilla de 36"	K01+234,00
21	Alcantarilla de 36"	K01+285,00
22	Alcantarilla de 36"	K01+370,00
23	Alcantarilla de 36"	K01+460,00
24	Alcantarilla de 36"	K01+580,00
25	Alcantarilla de 36"	K01+618,00
26	Alcantarilla de 36"	K01+725,00
27	Alcantarilla de 36"	K01+919,00
28	Alcantarilla de 36"	K01+980,00
29	Alcantarilla de 36"	K02+128,00
30	Alcantarilla de 36"	K02+242,00
31	Alcantarilla de 36"	K02+280,00
32	Alcantarilla de 36"	K02+350,00
33	Alcantarilla de 36"	K02+440,00
34	Alcantarilla de 36"	K02+492,00
35	Alcantarilla de 36"	K02+635,00
36	Alcantarilla de 36"	K02+830,00
37	Alcantarilla de 36"	K02+930,00
38	Alcantarilla de 36"	K02+985,00
39	Alcantarilla de 36"	K03+050,00
40	Alcantarilla de 36"	K03+218,00
41	Alcantarilla de 36"	K03+255,00
42	Alcantarilla de 36"	K03+328,00

43	Alcantarilla de 36"	K03+465,00
44	Alcantarilla de 36"	K03+618,00
45	Alcantarilla de 36"	K03+705,00
46	Alcantarilla de 36"	K03+770,00
47	Alcantarilla de 36"	K03+845,00
48	Alcantarilla de 36"	K03+928,00
49	Alcantarilla de 36"	K04+422,00
50	Alcantarilla de 36"	K04+482,00
51	Alcantarilla de 36"	K04+525,00
52	Alcantarilla de 36"	K04+620,00
53	Alcantarilla de 36"	K04+690,00
54	Alcantarilla de 36"	K04+750,00
55	Alcantarilla de 36"	K04+784,00
56	Alcantarilla de 36"	K04+885,00
57	Alcantarilla de 36"	K04+940,00



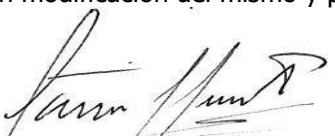
6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El presente estudio no presenta limitaciones que impidan el desarrollo normal del mismo. Durante el proceso constructivo se deberá realizar el replanteo de las obras de drenaje, lo anterior ante la cantidad de alcantarillas existentes sobre el corredor. Verificar que no sean sistemas regulados de flujo o similares.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que las condiciones de diseño obedecen a series históricas de pluviometría en la zona de influencia, se debe verificar al momento de ejecutar las actividades que las condiciones de diseño tales como pendientes, materiales y demás consideradas continúen siendo las mismas, lo anterior teniendo en cuenta que se mantenga la validez del presente diseño.

Cualquier modificación al diseño debe ser consultada previamente al diseñador, so pena de incurrir en modificación del mismo y perder la validez.



Jaime Humberto Palacio Afanador
Especialista Hidrosanitario
M.P. No. 25202-19921 CND
C.C. No. 14.232.412 de Ibagué

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Jaime Humberto Palacio Afanador**, Ingeniero Civil identificado con C.C. 14.232.412 de Ibagué y Matricula Profesional No.: 25202-19921 CND en mi calidad de Ingeniero Civil y especialista en Hidrosanitario, CERTIFICO que realice el **INFORME HIDRAULICO,** PARA PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LA VÍA KM9 – CRUCE VIAL VEREDA DEL MUNICIPIO DE PRADO, TOLIMA"

En consecuencia, asumo la responsabilidad referente al **INFORME HIDRAULICO** y exonero al Municipio del Prado - Tolima ante terceros, de cualquier responsabilidad, civil, penal o administrativa, por cualquier falta u omisión del presente estudio. Declaro a sí mismo, que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ellos pueda deducirse, exonerando al Municipio de Prado - Tolima de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la Oficina de Planeación Municipal y el Ministerio del Interior no constituye una aprobación al diseño, sino una verificación del cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos.

Se manifiesta el cumplimiento de las Normas Técnicas Colombianas

Atentamente,

INGENIERO CIVIL: **Jaime Humberto Palacio Afanador**
DOCUMENTO DE IDENTIDAD : C.C. 14.232.412 DE IBAGUE
MATRICULA PROFESIONAL: 25202-19921 CND