INFORME DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS TERCIARIAS EN EL MUNICIPIO DE COMBITA, DEPARTAMENTO DE BOYACA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS DIRECTRICES DE LAS ORIENTACIONES TRANSITORIAS PARÁ LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DEL DNP Y EL ACUERDO 12 DE LA COMISION RECTORA DEL SGR PARA LA GESTION DE PROYECTOS DE INVERSION DEL DNP

diciembre de 2024

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 4
2 LOCALIZACIÓN 5
3 CONDICIONES HIDROLÓGICAS-INFORMACION CLIMATOLÓGICA 6
4 CAUDAL DE ESCORRENTÍA 7
4.1 MÉTODO RACIONAL 7
5 CONTROL HIDRÁULICO DE LA BERMA-CUNETA 11
5.1 Berma- cuneta recomendada en la guía de diseños con pavimentos con placa huella 11
5.2 Determinación del caudal de demanda dado un espaciamiento entre alcantarillas 13
5.3 Determinación del caudal que puede transportar la Berma-cuneta tipo 14
5.4 Criterios de diseño 14
5.5 Chequeo de cunetas en V para ingresos según se requiera 15
5.6 Verificación de descoles y alcantarillas 16
5.6.1 Tramo 1 17
6 VERIFICACIÓN DE FILTROS 18
6.1 Estimación de caudal de diseño 18
7 CONCLUSIONES 20
8 BIBLIOGRAFÍA 22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general municipio de Cómbita, Boyacá 5
Figura 2. Localización especifica tramos placa huella municipio de Combita, Boyacá 6
Figura 3. Localización Estación climatológica más cercana con datos disponibles 7
Figura 4 Curvas intensidad duración frecuencia 10
Figura 5 La forma y las dimensiones de la berma-cuneta recomendada 11
Figura 6 Parámetros adoptados para la berma – cuneta recomendada 12
Figura 7 Ancho de impluvium 13
Figura 8 Cuenta en “V” 15
Figura 9 Chequeo cuneta “V” 16
Figura 11 Alcantarillas a construir tramo 1 18
Figura 13 Filtro tramo 1 19

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de localización de tramos placa huella 5
Tabla 2. Datos estación climatológica más cercana 6
Tabla 3 Periodos de retorno de diseño para drenaje de obras viales. 8
Tabla 4 intensidades de lluvia promedio anual estaciones cercanas. Fuente IDEAM 8
Tabla 5 Tabla de intensidades de precipitación calculada por el método simplificado 9
Tabla 6 Longitudes máximas de cunetas calculadas para los tramos viales 15
Tabla 7 Funcionamiento hidráulico de la alcantarilla D=0.90 m 17
Tabla 8 Chequeo caudales máximos para alcantarillas 0.90 m 17

1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se realizará el estudio hidrológico e hidráulico para el proyecto de mejoramiento de vías terciarias en el municipio de Cómbita, En el presente informe se siguen las indicaciones y recomendaciones del manual de drenaje para carreteras 2009, la guía de diseño de pavimentos con placa huella 2015 y la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del INVIAS.

A continuación, se mostrará el procedimiento y las condiciones particulares del estudio para el cada una de las estructuras proyectadas en los tramos localizados en el sector rural del municipio de Cómbita, Boyacá.

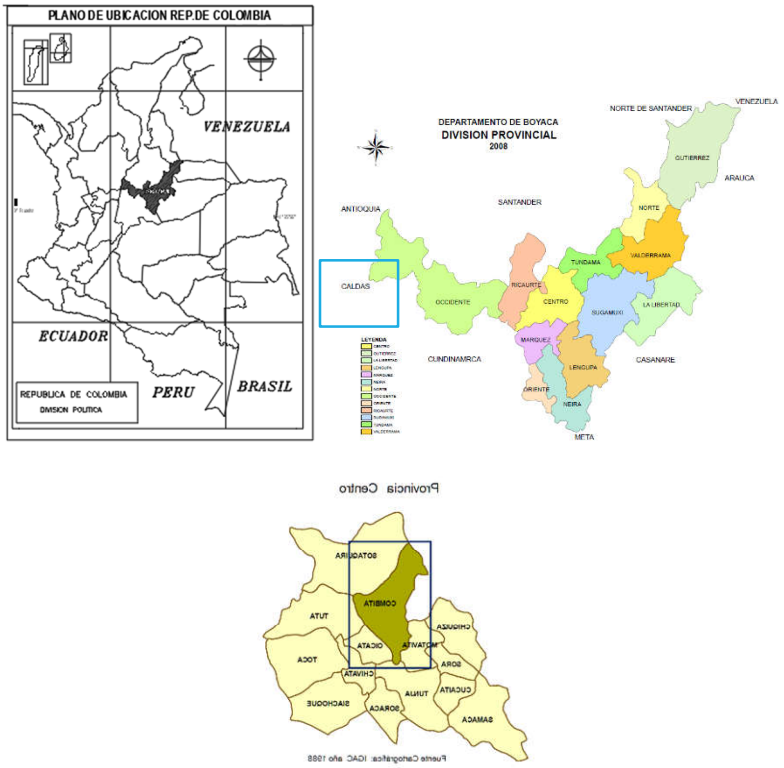
En todo proyecto donde se requiera la intervención de infraestructura pública, en especial la que relacione áreas abiertas tales como vías, terrenos, proyectos urbanos, proyectos ambientales, etc. requerirán de un análisis hidrológico elemental que permita establecer las condiciones a las cuales se enfrentara el proyecto una vez éste inicia su construcción y posteriormente su operación; por lo tanto para el presente proyecto que corresponde al mejoramiento de un corredor vial es importante definir las condiciones básicas del índole hidráulico e hidrológico, con el objetivo de verificar y avalar si las estructuras planteadas en los diseños tipo, son adecuadas para la evacuación de las aguas lluvias y escurrimientos que se presenten en las zonas referentes.

Lo anterior soporta los requisitos que comprende la presentación de proyectos de esta índole ante las entidades competentes que darán su aval y aprobación al proyecto.

2 LOCALIZACIÓN

La vía sobre la cual se requiere la proyección de estructuras de drenaje se encuentra localizada en el municipio de Cómbita, Departamento de Boyacá.

Figura 1. Localización general municipio de Cómbita, Boyacá



Fuente: El Autor

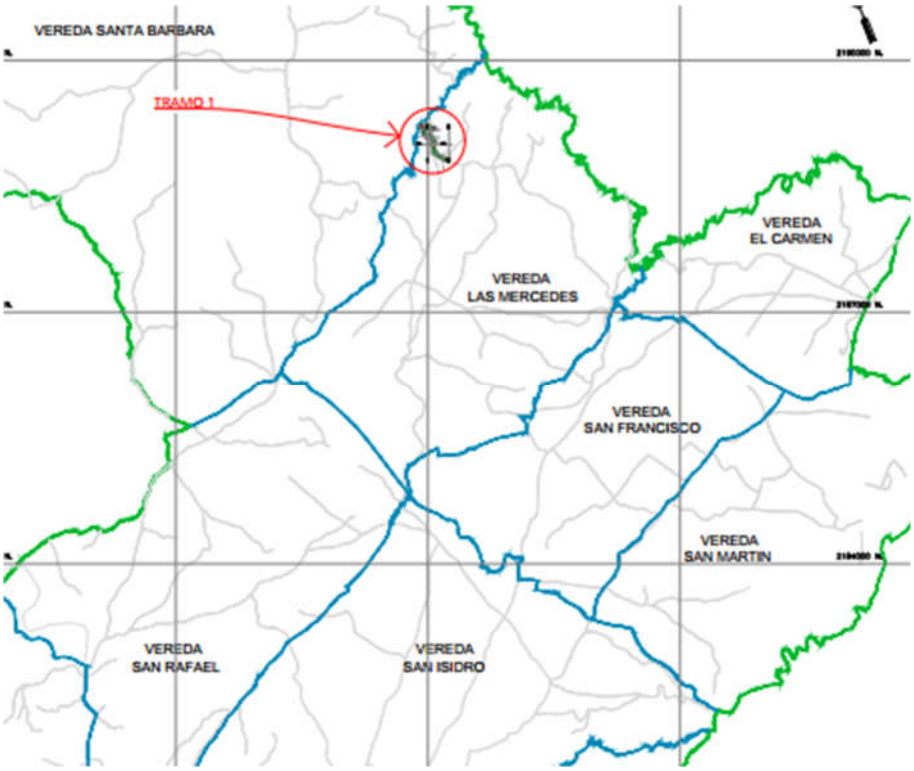
En un contexto más específico las vías a las cuales se proyecta el mejoramiento con pavimento tipo placa huella y sobre las cuales se analiza la necesidad según aplique de estructuras de drenaje son 1:

Tabla 1. Tabla de localización de tramos placa huella

DESCRIPCIÓN	LONGITUD (m)	VEREDA
TRAMO 1	805	Las Mercedes Sector Quebraditas

Fuente: El Autor

Figura 2. Localización especifica tramos placa huella municipio de Combita, Boyacá



Fuente: Plano de localización

3 CONDICIONES HIDROLÓGICAS-INFORMACION CLIMATOLÓGICA

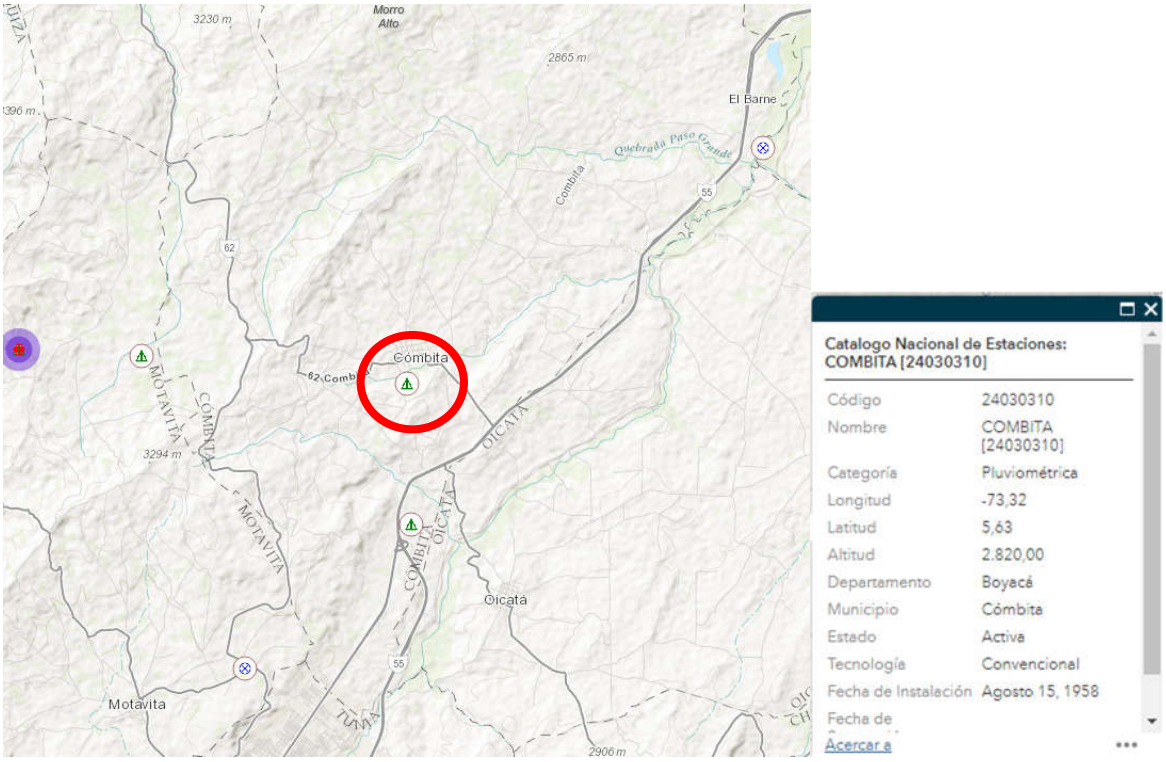
Registro de estaciones climatológicas:

Tabla 2. Datos estación climatológica más cercana

No.	ESTACIÓN	CÓDIGO	TIPO	MUNICIPIO	LATITUD	LONG.	m.s.n.m	FECHA. INST.
1	COMBITA	24030310	PM	COMBITA	5,63 N	-73,32W	2.820	15/08/1958

Fuente: El Autor a partir de información IDEAM

Figura 3. Localización Estación climatológica más cercana con datos disponibles



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

4 CAUDAL DE ESCORRENTÍA

Se define como caudal de escorrentía a la respuesta hidráulica generada por la precipitación proveniente de un área de aporte que presenta todas las características para recibir y drenar las aguas precipitadas, existen varios métodos para el cálculo del caudal de escorrentía, sin embargo, por tratarse de áreas tan pequeñas se acude al Método Racional, el cual es el procedimiento matemático más confiable en este tipo de condiciones.

4.1 MÉTODO RACIONAL

El Método Racional se fundamenta en la siguiente idea: si una lluvia con intensidad “i” empieza en forma instantánea y continúa en forma indefinida, el escurrimiento continuará hasta llegar al tiempo de concentración, en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo en la salida.

Siguiendo lo anterior se utiliza la siguiente formula:

Q=0.278*C*i*A

Siendo C = Coeficiente de escurrimiento, A = Área de drenaje, i = intensidad de lluvia en un tiempo de concentración.

Determinación de la intensidad de lluvia (i)

La intensidad de lluvia se define a partir de las curvas IDF de precipitaciones registradas por el IDEAM en las estaciones pluviométricas ubicadas en la corriente del rio Teatinos o zonas cercanas; para el cálculo de intensidad se emplea el tiempo de concentración calculado anteriormente y la curva de tiempo de retorno establecida según el tipo de obra, a continuación, se relacionan los períodos de retorno empleados para los proyectos viales.

Tabla 3 Periodos de retorno de diseño para drenaje de obras viales.

Obras de drenaje vial	Tr
Drenaje superficial	2
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0.9m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10m)	25
Puentes de luz igual a 10m y menor a 50m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50m	100

Fuente: Manual de drenaje para carreteras 2009

Como se puede apreciar el tiempo recomendado para el diseño de las obras de drenaje vial es de cinco años.

Para las curvas IDF se cuenta con datos de las estaciones más cercanas previamente mencionadas:

Tabla 4 intensidades de lluvia promedio anual estaciones cercanas. Fuente IDEAM

AÑO	PRECIPITACIÓN ANUAL
2003	80,3

2004	65,7
2005	57,4
2006	96,6
2007	102,4
2008	71,4
2009	45,1
2010	123,5
2011	66,5
2012	48,9
2013	41,3
2014	26,9
2015	56,1
2016	48,6
2017	53,9
2018	50,4
2019	52,4
2020	71,1
2021	75,6
2022	51,5
2023	40,8
PROM	**63,2**

Fuente: IDEAM

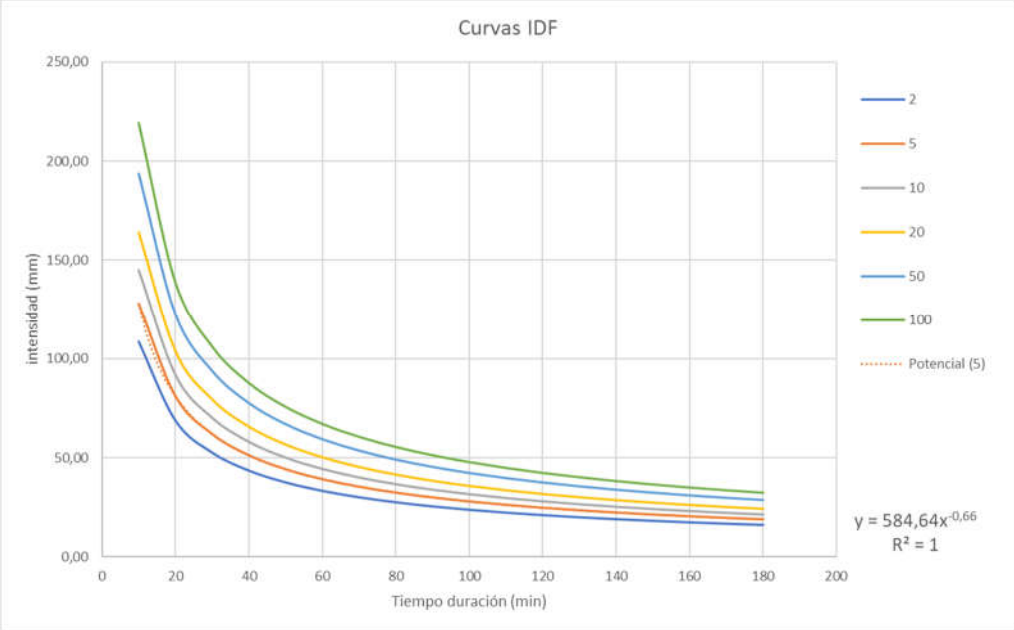
Cálculo de la curva IDF por el método simplificado:

Tabla 5 Tabla de intensidades de precipitación calculada por el método simplificado

TIEMPO	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS					
	2	5	10	20	50	100
10	108,46	127,91	144,90	164,16	193,59	219,32
20	68,64	80,95	91,71	103,89	122,52	138,80
30	52,52	61,94	70,17	79,50	93,75	106,21
40	43,44	51,23	58,04	65,75	77,54	87,85
50	37,49	44,22	50,09	56,75	66,92	75,82
60	33,24	39,20	44,41	50,31	59,34	67,22
70	30,03	35,41	40,12	45,45	53,60	60,72
80	27,49	32,42	36,73	41,61	49,07	55,60
90	25,44	30,00	33,98	38,50	45,40	51,44
100	23,73	27,98	31,70	35,91	42,35	47,98
110	22,28	26,28	29,77	33,72	39,77	45,06
120	21,04	24,81	28,11	31,84	37,55	42,54
130	19,96	23,53	26,66	30,20	35,62	40,35
140	19,00	22,41	25,39	28,76	33,92	38,43
150	18,16	21,41	24,26	27,48	32,41	36,72
160	17,40	20,52	23,25	26,34	31,06	35,19
170	16,72	19,71	22,33	25,30	29,84	33,81
180	16,10	18,99	21,51	24,37	28,74	32,55

Fuente: El Autor a partir de datos IDEAM

Figura 4 Curvas intensidad duración frecuencia

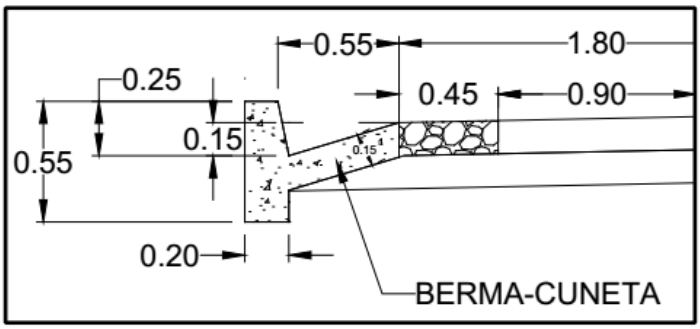


Fuente: El Autor a partir de datos IDEAM

5 CONTROL HIDRÁULICO DE LA BERMA-CUNETA

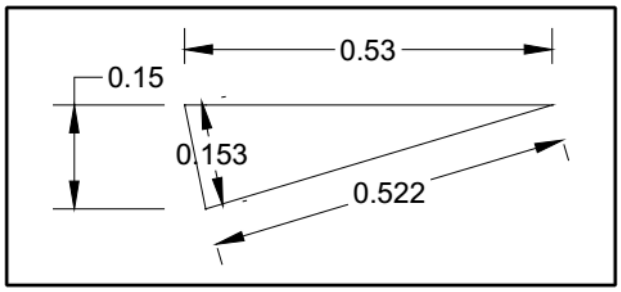
5.1 Berma- cuneta recomendada en la guía de diseños con pavimentos con placa huella

Figura 5 La forma y las dimensiones de la berma-cuneta recomendada



Fuente: Guía de diseños con pavimentos con placa huella

Figura 6 Parámetros adoptados para la berma – cuneta recomendada



Fuente: Guía de diseños con pavimentos con placa huella

Profundidad máxima de la lámina de agua = 0.150 m.

Ancho máximo de la lámina de agua = 0.521 m.

Área hidráulica (a) = 0.039 m2.

Perímetro mojado = 1.195 m.

Radio Hidráulico (R) = 0.0326.

Superficie de la cuneta en concreto.

Coeficiente de Manning (n) = 0.014.

Pendiente de la cuneta igual a la pendiente de la rasante de la vía (S).

Intensidad de la lluvia (I) = Valor obtenido la curva I-D-F.

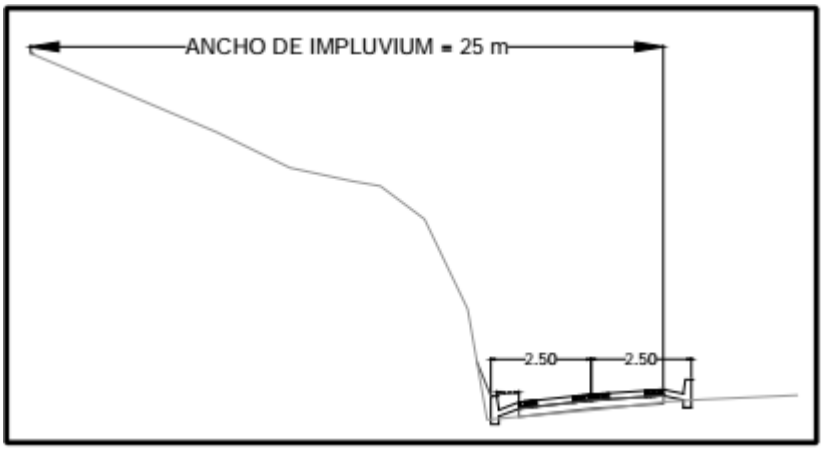
Duración del aguacero (Tiempo de concentración) = 10 minutos.

Periodo de retorno = 5 años.

Coeficiente de escorrentía (Ce) = 0.82, terreno montañoso, tierras cultivadas, suelo arcilloso, según los Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales del Manual de Drenaje para Carreteras INV-2009-Tabla 2.10

Ancho de Impluvium = 25 m. en terreno montañoso. Este ancho incluye el ancho de superficie de rodadura, ancho de la berma-cuneta, la proyección del talud de corte y un ancho adicional tal como se indica en la Figura a continuación:

Figura 7 Ancho de impluvium



Fuente: Guía de diseños con pavimentos con placa huella

5.2 Determinación del caudal de demanda dado un espaciamiento entre alcantarillas

El diseño hidráulico de las cunetas es similar al de un canal abierto, aunque estrictamente el caudal de la cuneta es variable y aumenta a medida que aumenta su longitud.

Como el área tributaria es pequeña (< 5 Km2) se puede utilizar el método racional para encontrar el caudal:

Qe = 0.280 * C * I * Aγ

Qe = Caudal de escorrentía en m3 / seg.

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad para un tiempo de concentración (mm / Horas).

Tiempo de concentración = 10min.

Aγ = área aferente o tributaria en Km2.

Aγ = B * L

El área aferente para las cunetas está forma por el área dada por el ancho impluvium (B) y la longitud de la cuneta (L)

5.3 Determinación del caudal que puede transportar la Berma-cuneta tipo

El caudal que puede transportar la berma-cuneta tipo a sección plena, dada una pendiente longitudinal de la vía, se puede encontrar mediante la aplicación de la Ecuación de continuidad y la Fórmula de Manning.

Qc = V *a (Ecuación de continuidad)

V = 1/n * S1/2 * R2/3 (Fórmula de Manning)

Donde:

Qc = Caudal que puede transportar la berma-cuneta en m3 / seg.

V = Velocidad del agua que circula por la berma-cuneta, en m / seg.

R = Radio Hidráulico en metros.

S = Pendiente de la berma-cuneta en tanto por uno, igual a la pendiente de la rasante de la vía.

n = coeficiente de rugosidad de Manning.

a = Área hidráulica de la sección transversal de la berma-cuneta, en m2.

5.4 Criterios de diseño

El caso más desfavorable se presenta en las curvas horizontales donde hay peralte y toda la calzada drena hacía la cuneta y simultáneamente se presenta una sección transversal en corte.

• El diseño hidráulico consiste en chequear la capacidad de la berma-cuneta, con el caudal de escorrentía. Es decir, equilibrar Qe = Qc, para encontrar una longitud (L) de berma-cuneta.

• De la igualdad Qe = Qc se obtiene un valor de L, magnitud que indica el sitio donde se rebosa la cuneta y donde es necesario desviar el agua mediante un aliviadero o una alcantarilla. La expresión para el cálculo de L deducida de la igualdad Qe = Qc es:

$$L = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * a * 10^{6}}{0.280 * n * C_e * I * A\gamma}$$

Tabla 6 Longitudes máximas de cunetas calculadas para los tramos viales

	TRAMO 1	TRAMO 2
I(mm/h)	0,14	0,13
127,91	144,88	141,98

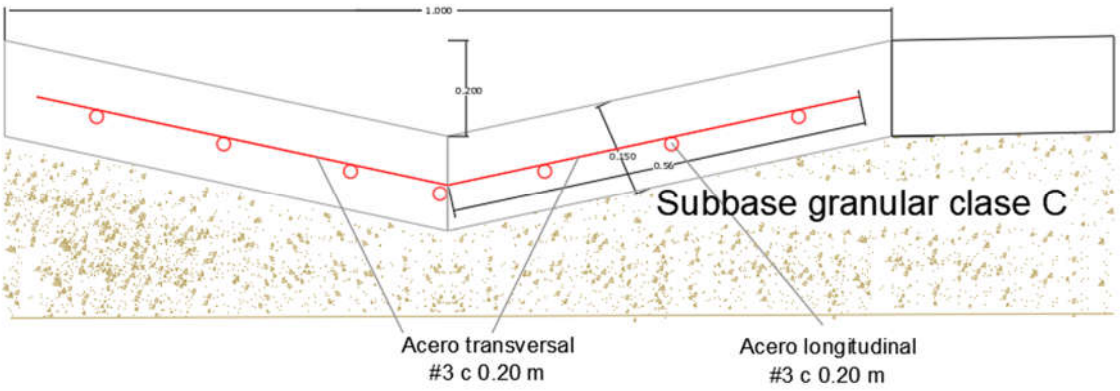
Fuente: El Autor

De lo anterior se proyecta la localización de los descoles necesarios, los cuales se encuentran en planos anexos.

5.5 Chequeo de cunetas en V para ingresos según se requiera

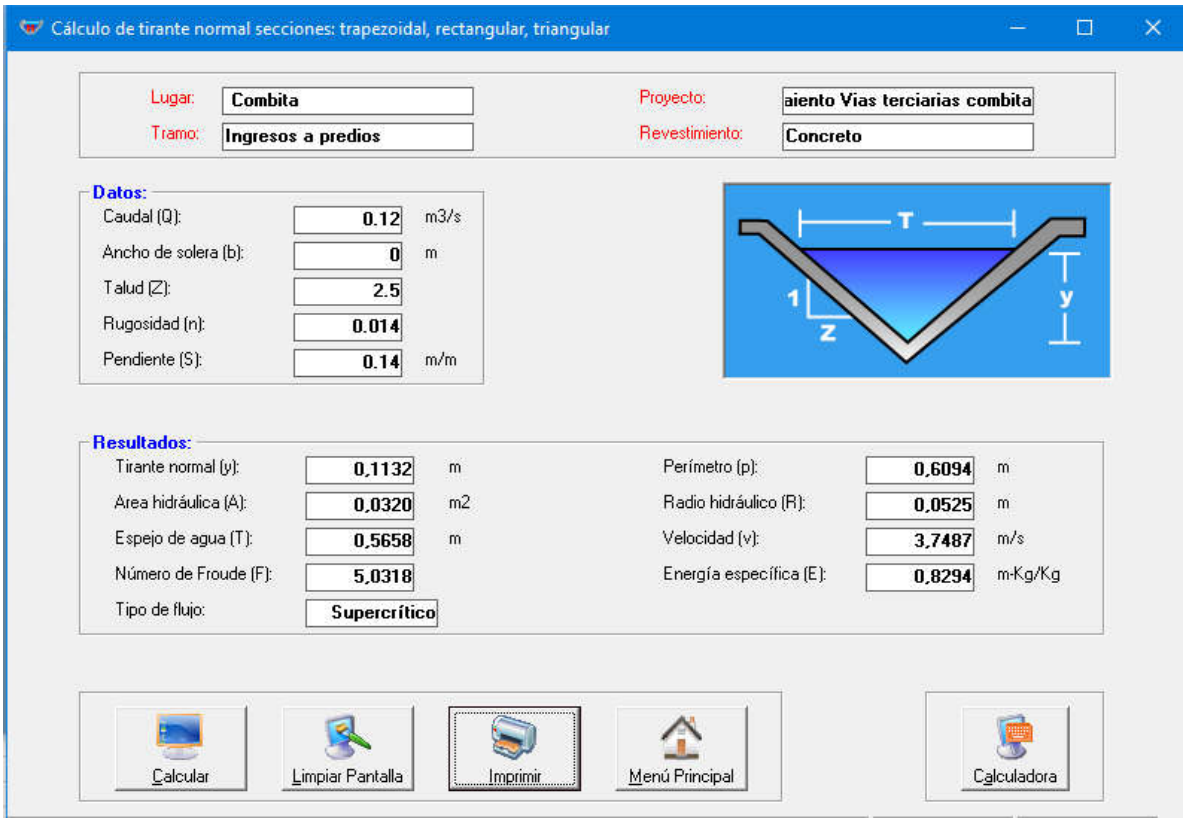
Para estos accesos se proyecta cunetas con las siguientes especificaciones:

Figura 8 Cuenta en "V"



Fuente: El autor

Figura 9 Chequeo cuneta "V"



Fuente: Sofware Hcanales

Como se observa con las dimensiones proyectadas y la pendiente y caudal más críticos se tiene una lámina de agua inferior a la altura proyectada por lo que se considera funcional.

5.6 Verificación de descoles y alcantarillas

A continuación, se describe la proyección de descoles considerados de acuerdo al análisis de la capacidad de las cunetas previo, la localización exacta se encuentra especificada en planos anexos.

Para las alcantarillas a localizar en el proyecto se tiene en cuenta el diseño tipo de la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales INVIAS en la cual se especifica en el componente hidráulico los caudales máximos para que la alcantarilla funcione a flujo libre dependiendo la pendiente longitudinal de la misma:

Tabla 7 Funcionamiento hidráulico de la alcantarilla D=0.90 m

Tabla 4-1. Funcionamiento hidráulico de alcantarilla D=0.9 m

Material	Pendiente (S)	Caudal (m^3/s)	Profundidad a la entrada (m)	Profundidad normal (m)	Profundidad crítica (m)	Profundidad a la salida	Velocidad de salida (m/s)
Concreto Reforzado	0.5%	1.17	1.07	0.72	0.64	0.64	2.42
	2.0%	1.20	1.06	0.45	0.65	0.53	3.08
	5.0%	1.25	1.09	0.36	0.66	0.47	3.77
Plástico	0.5%	1.22	1.08	0.61	0.65	0.63	2.58
	2.0%	1.23	1.09	0.40	0.66	0.52	3.21
	5.0%	1.25	1.09	0.31	0.66	0.46	3.87

Fuente: cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales INVIAS

De lo anterior se tiene en cuenta que se utilizara tubería en concreto reforzado y que las consideradas en este caso son para el desagüe de cunetas y filtros se tienen caudales bajos.

Tabla 8 Chequeo caudales máximos para alcantarillas 0.90 m

I(mm/h)	TRAMO 1	TRAMO 2
127,91	0,18	0,13
Q Cuneta(m3/s)	0,11	0,10
Qfiltro crítico (m3/s)	0,01	0,01
Qtotal alcantarilla (m3/s)	0,12	0,12
FILTRO(SI/NO)	SI	SI
CHEQUEO	OK	OK

Fuente: El autor.

El anterior chequeo corresponde a las condiciones críticas asumidas donde se tiene la suma de caudal de la cuneta y la proporcionada por el filtro la cual llega a la alcantarilla y en todos los casos no supera el caudal máximo de acuerdo a la Tabla 7 Funcionamiento hidráulico de la alcantarilla D=0.90 m.

5.6.1 Tramo 1

El tramo comprende una longitud de 805.52 m, el cual no posee alcantarillas, de esta manera y de acuerdo a las condiciones de longitud máxima de cuneta y el diseño geométrico se considera necesario construir 5 alcantarillas de la siguiente manera:

Figura 10 Alcantarillas a construir tramo 1

ID	TRAMO	ABSCISA
ALC. NUEVA	2	k0+134,00
ALC. NUEVA	2	k0+268,00
ALC. NUEVA	2	k0+402,00
ALC. NUEVA	2	k0+536,00
ALC. NUEVA	2	k0+670,00

Fuente: El Autor

6 VERIFICACIÓN DE FILTROS

6.1 Estimación de caudal de diseño

El caudal de diseño comprende el caudal de infiltración y el caudal de abatimiento del nivel freático. De acuerdo al estudio de suelos no se encuentra nivel freático en ninguno de los tramos por lo que en este caso el caudal de abatimiento del nivel freático no se tiene en cuenta.

$$QT = Qinf + QNF + Q\ otros$$

$$Qinf = IR * B * L * Fi * FR$$

Donde:

IR = Precipitación máxima horaria de frecuencia anual, registrada en la zona del proyecto. (ver anexo C) (m/s).

B = Para subdrenes longitudinales, B es la semibanca de la carretera (ancho de la vía/2). Sin embargo, en este caso y bajo recomendación de estudio de suelos se requiere en un solo costado por lo que el ancho B es el ancho total de la calzada.

L = Longitud del tramo de drenaje (m).

Fi = Factor de infiltración.

FR = Factor de retención de la base, refleja el hecho de que las bases dado su tiempo de servicio disminuyen su permeabilidad.

Q otros= En este caso teniendo en cuenta que no hay zanjas de coronación se asume un aporte de caudal por los taludes adyacentes los cuales se consideran como un ancho adicional de calzada.

El chequeo especifico de las condiciones asumidas para los tramos que requieren filtros de acuerdo a recomendación del estudio de suelos se encuentran anexas a este informe; a continuación, se relacionan los esquemas resultados de los filtros requeridos para el tramo:

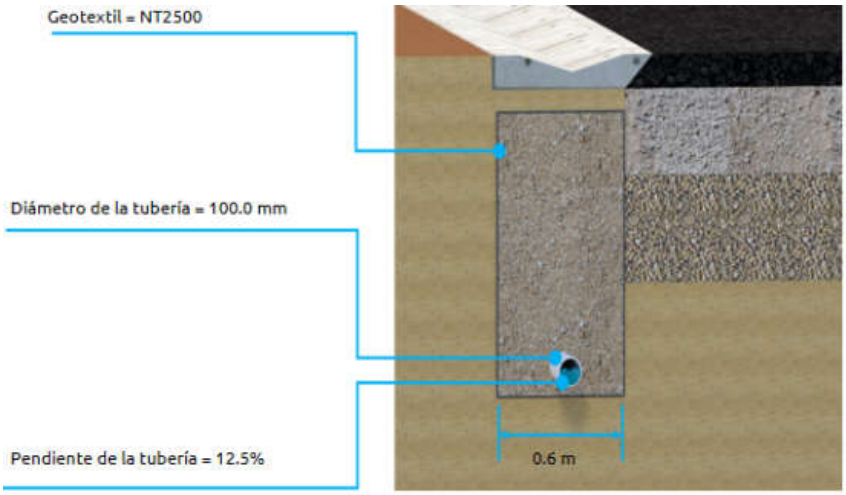


Figura 11 Filtro tramo 1

Fuente: El Autor a partir de software Geosoft

7 CONCLUSIONES

El propósito del presente estudio es determinar el tipo y cantidad de estructuras de drenaje que necesita el sistema del pavimento para tener una óptima evacuación de aguas y por ende garantizar el mantenimiento y estabilidad de la estructura del pavimento; los presentes cálculos y observaciones determinaron la necesidad de construir estructuras en algunos de los tramos en estudio; una vez evaluada la capacidad de recepción, conducción y entrega de las aguas provenientes de los predios adjuntos al proyecto vial por parte de las cunetas y las alcantarillas proyectadas así como las existentes y el caudal proyectado a recibir por las cunetas en cada uno de los tramos de la vía; se concluye lo siguiente:

- Para el manejo del drenaje superficial, según el diseño hidráulico realizado en el presente estudio, es necesario que se construyan las cunetas en ambos costados de la vía, de cada uno de los tramos de placa huella considerados en el proyecto.

- Según el estudio realizado no es necesario la construcción de ningún tipo de obra hidráulica adicional como disipadores de energía u otros, en ninguno de los tramos del presente proyecto de placa huella.

- De acuerdo a las condiciones topográficas, geográficas e hidrológicas encontradas y evaluadas en cada uno de los tramos considerados para la construcción de placa huella, se considera que es necesaria la construcción de alcantarillas adicionales, en las zonas que se especifican a continuación:

ID	TRAMO	ABSCISA	Diámetro alcantarilla
ALC. NUEVA	1	k0+134,00	36” (0.90 m)
ALC. NUEVA	1	k0+268,00	36” (0.90 m)
ALC. NUEVA	1	k0+402,00	36” (0.90 m)
ALC. NUEVA	1	k0+536,00	36” (0.90 m)
ALC. NUEVA	1	k0+670,00	36” (0.90 m)
ALC. NUEVA	1	k0+805,00	36” (0.90 m)

- Las alcantarillas nuevas que se recomiendan en este estudio corresponden a las que se encuentran la Cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales INVIAS.

- La localización de filtros requeridos se resume en el siguiente cuadro:

ID	TRAMO	ABSCISAS
FILTRO	1	(K0+670 a K0+805) Costado izquierdo L=134 m

8 BIBLIOGRAFÍA

- Manual de drenaje para carreteras, año 2009 del INVÍAS.
- Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella, año 2015 del INVÍAS
- Cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales INVIAS.

Elaboró

Ing. Fabian Suárez Martínez
M.P. 15236-72207 BYC

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo Fabian Suárez Martínez, identificado con C.C. 7164637 de Tunja, en mi calidad de INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL Matricula profesional No. 15237-365425 BYC CERTIFICO que elabore el DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO para el proyecto cuyo objeto es 'ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS TERCIARIAS EN EL MUNICIPIO DE COMBITA, DEPARTAMENTO DE BOYACA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS DIRECTRICES DE LAS ORIENTACIONES TRANSITORIAS PARÁ LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DEL DNP Y EL ACUERDO 12 DE LA COMISION RECTORA DEL SGR PARA LA GESTION DE PROYECTOS DE INVERSION DEL DNP, dando cumplimiento a lo establecido en el Manual de drenaje para carreteras, año 2009 del INVÍAS, la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella, año 2015 del INVÍAS y Cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales INVIAS.

Dada en el mes de diciembre de 2024

Ing. Fabian Suárez Martínez
M.P. 15236-72207 BYC
7164637 de Tunja