

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO
DE CUNDINAMARCA.**

ESTUDIO HIDRÁULICO Y DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS

ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAPARRAPÍ CUNDINAMARCA

DICIEMBRE DE 2024

CAPARRAPI, CUNDINAMARCA, COLOMBIA

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
1 UBICACIÓN DE LOS TRAMOS VIALES	8
2 DIAGNOSTICO INICIAL DEL TRAMO VIAL	9
3 METODOLOGÍA	11
4 HIDROLOGÍA	15
4.1 UBICACIÓN DE ESTACIONES IDEAM	15
4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	19
4.3 CURVAS intensidad-duración-frecuencia IDF	22
4.4 Caudales de diseño	24
5 DISEÑOS DE OBRAS HIDRÁULICAS - SUMIDEROS	26
5.1 DISEÑO DE SUMIDEROS	26
5.2 TUBERÍA DE DESCARGA	29
6 DISEÑO DEL DRENAJE SUBSUPERFICIAL	31
6.1 TUBERÍA DE DESCARGA DEL FILTRO	34
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
6. BIBLIOGRAFÍA.	37

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Diagnóstico de obras hidráulicas existentes.

Anexo 2: Planos de los tres tramos con el detalle de las áreas aferentes hidráulicas.

Anexo 3: Memoria de diseño de filtro en geotextil.

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPÍ,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Localización de los tramos de intervención	8
Tabla 2 Inventario de las obras hidráulicas existentes.	11
Tabla 3 Estaciones meteorológicas del IDEAM.....	15
Tabla 4 Datos históricos de precipitación de las estaciones 23060040 - Paraíso y 23060110 – Caparrapí.....	16
Tabla 5 Intensidades históricas de la estación 23060040 - Paraíso.....	19
Tabla 6 Intensidades históricas de la estación 23060110 – Caparrapí.	20
Tabla 7 Datos para la elaboración de las curvas IDF de la estación 23060040 – Paraíso.....	22
Tabla 8 Datos para la elaboración de las curvas IDF de la estación 23060110 – Caparrapí.	23
Tabla 9 Intensidad de diseño.....	24
Tabla 10 Valores del coeficiente de escorrentía en áreas Urbanas – INVIAS 2009.....	24
Tabla 11 Valores del coeficiente de escorrentía del proyecto.	25
Tabla 12 Cálculo de los caudales para los tramos de intervención.	25
Tabla 13 Cálculo de los caudales para los tramos de intervención.	25
Tabla 14 Verificación del ancho de la lámina de agua “T” y profundidad de la lámina “d”.....	27
Tabla 15 Cuantificación de los sumideros en los tramos de estudio.	29
Tabla 16 Cálculo de los caudales de infiltración.....	29
Tabla 17 Ubicación de los pozos de inspección.	30
Tabla 18 Ubicación de los pozos de inspección para descarga de tubería de los filtros.	34
Tabla 19 Localización de obras hidráulicas para los tramos de intervención.	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización general de un tramo de intervención – Municipio de Caparrapí.	8
Figura 2 Registro fotográfico Sector Villa Ly y La Hoyita respectivamente municipio de Capar.....	9
Figura 3 Condición del subsuelo – Sector La Hoyita, municipio de Caparrapí.....	9
Figura 4 Registro fotográfico tramo 2 – Carrera 3 y Sector Parque Barrio Adolfo León Bejarano, municipio de Caparrapí.....	10

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPÍ,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

Figura 6 Localización de las estaciones del municipio de Caparrapí según el IDEAM en 2022.....	15
Figura 7 Curvas IDF de la estación 23060040 - Paraíso.....	22
Figura 8 Curvas IDF de la estación 23060110 – Caparrapí.....	23
Figura 9 Esquema general del sumidero de rejilla en cuneta.....	26
Figura 10 Detalle del nivel de rasante	27
Figura 11 Esquema de sumidero de rejilla – Fuente: EPM 2017.....	28
Figura 12 Detalle del sumidero de rejilla – Fuente: EPM 2017.....	28
Figura 13 Software Geosoft versión 4.0 (2022).	31
Figura 14 Determinación del caudal de diseño para el dimensionamiento del filtro – Fuente: Geosoft.....	32
Figura 15 Parámetros para el dimensionamiento del filtro – Fuente: Geosoft.....	32
Figura 16 Resultados del diseño del filtro – Fuente: Geosoft.....	33
Figura 17 Dimensiones del filtro en geotextil para el tramo 1 – Fuente: Geosoft.....	33

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPÍ, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

INTRODUCCIÓN

El municipio de Caparrapí, posee alta deficiencia dentro de su infraestructura vial en cuanto a pavimentación, teniendo en cuenta que en su mayoría las vías del casco urbano se encuentran en material de afirmado, material de concreto y asfalto en malas condiciones.

Actualmente el estado de las vías urbanas genera una problemática social que afecta la integridad de la comunidad por la dificultad en la movilidad y bajo servicio en las vías debido al mal estado de las mismas, daños frecuentes en los vehículos particulares y de transporte público, ocasionando mayores costos de movilización y operación de los vehículos, por otra parte, esta situación afecta el paisaje urbano, deteriorando la imagen favorable del Municipio.

La Secretaría de Planeación e infraestructura realizó la inspección de un tramo de la Carrera 4 la Hoyita y Calle 10 entre carrera 3 y carrera 4, sector la hoyita en 100 ml, en la cual se determinó junto con los profesionales de apoyo y Secretario de Planeación e Infraestructura la importancia de intervenir estas vías debido a que por el paso de los vehículos en temporadas de verano hace que las partículas de material de afirmado se levanten ocasionando enfermedades respiratorias en las personas que habitan y transitan por este sector y adicional en temporadas de invierno las aguas de escorrentía arrastran el material de afirmado ocasionando el taponamiento de sumideros laterales y transversales (sic) generando malos olores e inundaciones en algunos predios, y de igual forma ocasionando accidentes vehiculares.

Así mismo, se determinó que en este tramo vial de la Hoyita requieren con urgencia la pavimentación teniendo en cuenta que por su normal uso y tiempo presentan deterioros en su infraestructura vial y espacio público, en razón a ello se determinó que se requiere realizar la construcción de un pavimento en concreto rígido. (...)»

En este sentido, en el presente documento se exhiben las condiciones hidráulicas actuales de los tramos de intervención. Para tal fin se realizó un análisis de las estructuras hidráulicas existentes. Posteriormente, se realizó el estudio hidrológico considerando las informaciones del Instituto Departamental del Medio Ambiente IDEAM, con el fin de conocer de las estaciones climatológicas de la zona del proyecto, informaciones tales como: los valores totales de precipitación, días mensuales de precipitación, valores máximos mensuales de precipitación, entre otros. A partir de dichos valores, se procedió a determinar los caudales para el diseño de las obras hidráulicas. Para el control del drenaje superficial de los tres tramos de intervención se consideraron obras hidráulicas tipo sumideros de rejilla. Por otro lado, dado que en la sección transversal del primer tramo (San Judas la Cañada) se encuentra un talud de corte, se consideraron obras de drenaje tipo filtro francés y drenes en el talud con el fin de realizar el drenaje subsuperficial de la estructura de pavimento. El diseño de los drenes o lloraderos se presentan en el estudio geotécnico, dado que es necesario realizar la estabilidad y estabilización del talud.

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPÍ, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

1 UBICACIÓN DE LOS TRAMOS VIALES

En la siguiente Figura y Tabla se presentan las ubicaciones y descripciones generales de los tramos de este estudio en el municipio de Caparrapí, en los cuales se pretende diseñar las obras para construcción de un tramo vial en pavimento rígido, para un total de aproximadamente 100 y 343 metros lineales distribuidos así:

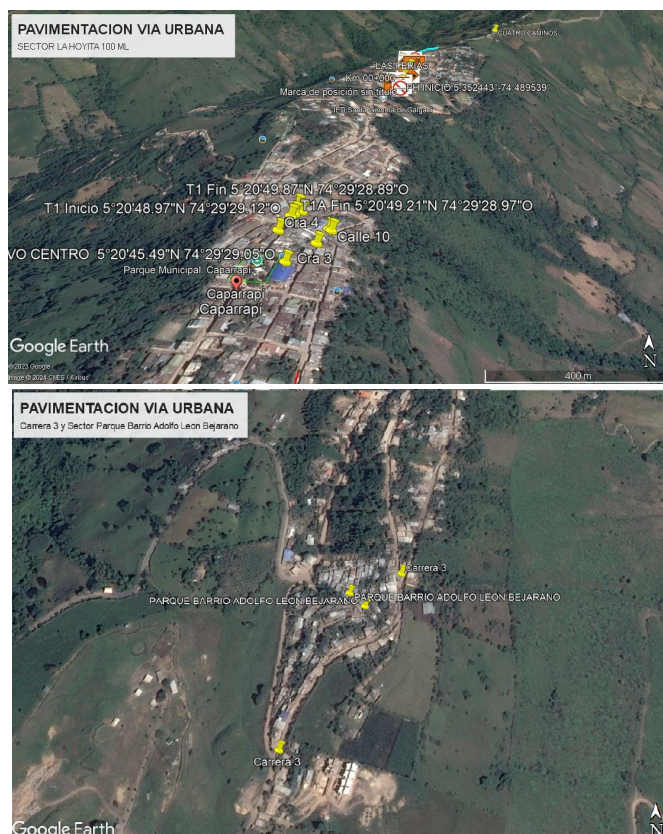


Figura 1 Localización general de los tres tramos de intervención – Municipio de Caparrapí.
Tabla 1 Localización de los tramos de intervención

Tramo	Abscisas		Coordenadas		Longitud (m)	Sector
	Inicial	Final	Inicial	Final		
1	K0+000	K0+030	5°20'48.97"N 74°29'29.12"O	5°20'49.87"N 74°29'28.89"O	30	transversal 4ta entre calle Sector conocido Villa Ly
1A	K0+000	K0+080	5°20'48.06"N 74°29'27.41"O	5°20'49.21"N 74°29'28.97"O	80	Carrera 3 entre Calles 10 y Carrera 4 en el sector conocido La Hoyita.
Total, longitud de tramo de intervención					100	

Tramo	Abscisas		Coordenadas		Longitud (m)	Sector
	Inicial	Final	Inicial	Final		
2	K0+000	K0+313	5°20'48.97"N 74°29'29.12"O	5°20'16.36"N 74°29'37.18"O	313	Carrera 3 (cruce de carrera 2da o "y" y la vía principal hacia Dindal)
2A	K0+000	K0+030	5°20'23.40"N 74°29'34.45"O	5°20'22.71"N 74°29'33.81"O	30	Sector Parque Barrio Adolfo León Bejarano
Total, longitud de tramo de intervención					343	

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPÍ, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

2 DIAGNOSTICO INICIAL DE LOS TRAMOS VIALES

Se realizó una visita técnica para analizar el estado actual a diciembre de 2023 del tramo de intervención. A continuación, se describe los principales hallazgos evidenciados en cada uno de los tramos.

Sector conocido como Villa Ly y sector conocido como.

En la siguiente Figura se evidencia el estado actual de los tramos denominado Villa Ly la Hoyita, los cuales se encuentran al inicio del casco urbano del municipio de Caparrapí



Figura 2 Registro fotográfico Sector Villa Ly y Sector La Hoyita respectivamente, municipio de Caparrapí.

A partir del registro fotográfico, se puede analizar que el tramo 1 presenta una estructura de pavimento flexible la cual presenta una capa de rodadura bastante deteriorada, los cuales pueden ser originados por la baja resistencia mecánica de la mezcla asfáltica. En dicha estructura de pavimento se evidencian afloramiento de agua, los cuales pueden ser originados por las infiltraciones generadas en el talud de corte por escorrentía natura. Se realizaron algunos apiques para verificar la condición del subsuelo y se evidencio la posición del nivel freático de manera superficial, conforme se evidencia en el siguiente registro fotográfico.



MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPÍ, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

Figura 3 Condición del subsuelo – Sector la Hoyita, municipio de Caparrapí.

Tramo 2: Carrera 3 (cruce de carrera 2da o "y" y la vía principal hacia Dindal) y Sector Parque Barrio Adolfo León Bejarano

En la siguiente Figura se evidencia el estado actual del tramo 2 denominado Carrera 3 y Sector Parque Barrio Adolfo León Bejarano, el cual se encuentra al inicio del casco urbano del municipio de Caparrapí.



Figura 4 Registro fotográfico tramo 2 – Carrera 3 y Sector Parque Barrio Adolfo León Bejarano, municipio de Caparrapí

A partir del registro fotográfico, se puede analizar que el tramo 2 presenta material de recebo y con algunos tramos muy deteriorado por las lluvias debido a la situación de exposición prolongada a la intemperie y al tráfico, puesto que diariamente hay transporte vehicular en un nivel Bajo.

En épocas de invierno las vías presentan problemas de encharcamiento, debido al exceso de agua en ella afectando las propiedades geomecánicas, los mecanismos de transmisión de carga, presión de poros, presiones hidrostáticas, incrementando la susceptibilidad a los cambios volumétricos. Las aguas producto de la escorrentía superficial por su parte son los mayores causantes del deterioro de la infraestructura vial del sector.

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

3 ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EXISTENTES

En esta sección se presenta los inventarios de las obras hidráulicas existentes en los tres tramos viales. En la siguiente Tabla se presenta la ubicación y descripción de cada una de las obras existentes, tales como: alcantarillas, sumideros, pozos de inspección, entre otros, para cada uno de los tramos existentes.

Tabla 2 Inventario de las obras hidráulicas existentes.

Tramo	Abscisa	Longitud tramo (m)	Cantidad	Tipo de obra
	K0+000		1	Pozos de inspección existentes de alcantarillado pluvial y sanitario
	K0+025		2	Pozos de inspección existentes de alcantarillado pluvial y sanitario
	K0+030		1	Sumideros en el costado derecho e izquierdo
	K0+100		1	Sumideros en el costado derecho e izquierdo

Para los análisis y diseños de obras hidráulicas, se consideró los siguientes aspectos para cada uno de los tramos de intervención.

Tramo 1: Dado que los sumideros existentes se encuentran en la calzada del pavimento donde se pretende realizar la reconstrucción del tramo vial, en el diseño de las obras hidráulicas se contemplaron los sumideros existentes con el fin de proporcionar el drenaje superficial del pavimento. Asimismo, se consideró la presencia de una alcantarilla existente. Por lo anterior, en el capítulo 6 “Diseño de obras hidráulicas” se presentan los cálculos hidráulicos referentes al chequeo y evaluación de los sumideros existentes. En el Anexo 1 se presenta la inspección visual de la alcantarilla existente que presenta un adecuado funcionamiento.

Tramos 1 y 1A: Estos tramos se encuentran en material afirmado y no presentan obras de drenaje superficial tipo sumideros. Externamente, al inicio de los dos tramos se encuentran pozos de inspección, en los cuales se pueden conectar los sumideros proyectados.

Nota: Dado que el alcance de la consultoría no contempla la evaluación de las condiciones de obras de drenaje subsuperficial, no se presentan el diagnóstico, chequeo y evaluación de pozos de inspección existentes.

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

4 METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la metodología del estudio hidrológico y los diseños de las obras hidráulicas para el objeto de estudio. De forma general la metodología del estudio se dividió en tres grandes etapas. La primera etapa considera el estudio hidrológico para la determinación de los caudales para las obras de drenaje superficial. La segunda etapa considera el diseño de las obras hidráulicas tipo sumideros. Finalmente, la tercera etapa considera el diseño del filtro tipo francés. A continuación, se describe detalladamente la metodología realizada en cada una de las etapas, las cuales se fundamentaron en el estudio de la Universidad de los Andes & PAVCO (2009).

Etapas 1: Estudio hidrológico

La primera etapa abarca la determinación de los caudales para las obras de drenaje superficial, se subdivide el estudio en tres subetapas.

- La primera subetapa considera el estudio y análisis hidrológico del proyecto. Para tal fin, fueron consultadas las informaciones disponibles de Instituto Departamental del Medio Ambiente IDEAM de las estaciones climatológicas de la zona del proyecto. Dichas informaciones hacen referencia a los valores totales de precipitación, días mensuales de precipitación, valores máximos mensuales de precipitación, valores máximos mensuales de temperatura, valores medios mensuales de temperatura, valores mínimos mensuales de temperatura y valores medios mensuales de humedad relativa, entre otros.
- En la segunda subetapa se realizó la estimación de las intensidades del proyecto. En este sentido, a partir de los valores históricos de la precipitación máxima mensual, se procedió a realizar un análisis estadístico con el fin de obtener los valores para la elaboración de las curvas de intensidad- duración- Frecuencia IDF. La metodología utilizada para las curvas IDF siguió los lineamientos establecidos en el manual de drenaje para carreteras del INVIAS 2009. Es importante resaltar que para este estudio se utilizaron duraciones de aguacero de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos y se analizaron periodos de retorno de 3, 5, 10, 15 y 20 años. Finalmente se determinó la intensidad considerando un periodo de retorno de 10 años y un tiempo de concentración de 15 minutos. Dichos criterios se fundamentaron en las recomendaciones del manual del INVIAS.
- La tercera subetapa consistió en la determinación de los caudales de diseño para cada uno de los tramos de intervención. La metodología para el cálculo de caudales utilizada en este caso es el Método Racional, teniendo en cuenta que para cada tramo se tiene áreas de drenaje menores a 2,5 km². De esta forma, para la determinación del caudal se requiere determinar el coeficiente de escorrentía ponderado (adimensional) que fue obtenida según los valores de referencia del manual del INVIAS, la intensidad en m/s que se obtuvo de la segunda etapa y el área ponderada de cada tramo que fue obtenida a partir del estudio topográfico y el diseño geométrico.

Es importante resaltar que los anteriores procedimientos se realizaron de forma independiente para cada uno de los tramos de intervención.

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

Etapa 2: Diseño de las obras hidráulicas

La segunda etapa considera el diseño de las obras hidráulicas para la realización del drenaje superficial del pavimento y garantizar consecuentemente su durabilidad. De esta forma, por tratarse de vías en tramos urbanos, fueron contemplado el diseño de sumideros. En el presente informe no se contempla la verificación o diseño de la red de colectores, dado que no hace parte del objeto de la consultoría. En este caso, el contratista de obra deberá realizar la verificación de la existencia de la red de alcantarillado pluvial, previo al inicio de actividades constructivas.

Para el diseño del sumidero tipo propuesto se contemplaron las siguientes subetapas:

- En principio se determinaron las ubicaciones de los sumideros en los tramos de los diseños geométricos. Solamente se contemplaron sumideros en los tramos de intervención. No fueron consideradas las áreas tributarias de tramos viales externos.
- Luego se realizó la determinación de las pendientes longitudinales y transversales, las cuales fueron obtenidas según el diseño geométrico.
- Posteriormente se realizó la definición de las áreas de drenaje contribuyentes, para lo cual fue necesario un análisis de los planos topográficos donde se plasman dichas informaciones.
- Por otro lado, se realizó la determinación del caudal que llega al sumidero, lo cual fue determinado para cada uno de los tramos de conformidad a lo expuesto anteriormente en el estudio hidrológico.
- A partir de las anteriores informaciones, se realizó el cálculo del ancho de inundación de la vía “T” y las dimensiones de la lámina de agua “d”. Dichos valores fueron obtenidos con las siguientes ecuaciones.

$$T = \left[\frac{Q \cdot n}{k_u \cdot S_t^{1.67} \cdot S_l^{0.50}} \right]^{0.373}$$

- El ancho de inundación de la vía “T” se determinó con la siguiente ecuación. Donde T corresponde al ancho de la lámina de agua sobre la vía (m), k_u corresponde al factor de conversión en sistema métrico (0.376), n es el coeficiente de Manning del pavimento, el cual fue adoptado de 0.016, caudal de escorrentía (m^3/s) y S_t y S_l corresponden a las pendientes transversales y longitudinales de la vía, respectivamente.
- La profundidad de flujo sobre la orilla de la vía (d) se determina con la siguiente Ecuación, donde T es el ancho de la lámina de agua sobre la vía (m) y S_t corresponde a la pendiente transversal de la vía.

$$d = T \cdot S_t$$

- Posteriormente se realizó la verificación del ancho y espesor de lámina. Para tal fin se verificó que los valores de T y d, sean inferiores al valor medio del ancho de calzada y a la altura del sardinel,

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

respectivamente. Previamente, en el diseño geométrico se contempló la utilización de bordillo en concreto, donde es posible evidenciar una altura del sardinel desde el nivel de rasante de 0.20 metros.

- A partir de la verificación de las condiciones anteriores, se procede a establecer las dimensiones iniciales del sumidero. Para tal fin se consideraron sumideros de rejilla tipo, los cuales son utilizados por la Gobernación de Cundinamarca.
- Luego, con las dimensiones típicas de los sumideros, se procedió a determinar el caudal de infiltración Q_i al sumidero. El caudal de infiltración (Q_i) se determinó con la siguiente Ecuación, donde C_w es un valor constante de 1.25, d la profundidad de flujo, L y W corresponde al ancho y largo del sardinel.

$$Q_i = C_w \cdot (L + 1.8W) \cdot d^{1.5}$$

- Finalmente, se verificó que el caudal Q determinado en la primera etapa (estudio geológico) sea inferior al caudal de infiltración, a fin de garantizar la capacidad hidráulica de cada sumidero.

Los sumideros requieren conectarse a una red de alcantarillado pluvial. Realizada la verificación de existencia y estado de esta, podrá evaluarse la necesidad de instalación de una tubería de descarga. La descarga se deberá hacer mediante una tubería PVC estructurada que conectará el sumidero con la red pluvial. La tubería de descole se propone considerando los parámetros de diseño del reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, con la resolución 0330 del 2017. En general, los parámetros de diseño para esta tubería de descole son los mismos que les corresponden a los sistemas de alcantarillado pluvial.

En conclusión, los sumideros se deben conectar necesariamente a una red de alcantarillado pluvial, siguiendo la normatividad legal del orden territorial y de tipo ambiental y de saneamiento. En caso no existir la red pluvial, es necesario realizar el diseño y construcción de la red, considerando los aspectos geométricos que fueron propuestos en el diseño del componente correspondiente.

Etapas 3: Diseño de filtro tipo francés

Esta etapa considera el diseño del drenaje subsuperficial del pavimento. Para tal fin, en principio se determinó el caudal de diseño. Seguidamente se procedió a determinar los parámetros de los materiales y características hidráulicas adoptadas en el estudio. Se contempló la geometría inicial del filtro y se realizó la verificación de los criterios hidráulicos para garantizar el adecuado funcionamiento hidráulico del filtro y prevenir la colmatación.

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPÍ, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

5 HIDROLOGÍA

Se realizó la investigación hidrológica a partir de la información que registra el Instituto Departamental del Medio Ambiente DEAM, con el fin de conocer de las estaciones climatológicas de la zona del proyecto los valores totales de precipitación, días mensuales de precipitación, valores máximos mensuales de precipitación, valores máximos mensuales de temperatura, valores medios mensuales de temperatura, valores mínimos mensuales de temperatura y valores medios mensuales de humedad relativa, entre otros, los cuales fueron utilizados como insumo para el diseño de la obra de drenaje superficial tipo propuesta para el proyecto.

5.1 UBICACIÓN DE ESTACIONES IDEAM

A partir de las informaciones consultadas en el IDEAM, se identificaron 2 estaciones meteorológicas cercanas al municipio de Caparrapí, conforme se evidencia en la siguientes Tablas y Figuras.

Tabla 3 Estaciones meteorológicas del IDEAM.

Catalogo Nacional de Estaciones: PARAISO EL [23060040]		Catalogo Nacional de Estaciones: CAPARRAPÍ [23060110]	
Código	23060040	Código	23060110
Nombre	PARAISO EL [23060040]	Nombre	CAPARRAPÍ [23060110]
Categoría	Pluviométrica	Categoría	Pluviométrica
Longitud	-74,48	Longitud	-74,49
Latitud	5,32	Latitud	5,35
Altitud	1.450,00	Altitud	1.270,00
Departamento	Cundinamarca	Departamento	Cundinamarca
Municipio	Caparrapí	Municipio	Caparrapí
Estado	Activa	Estado	Activa
Tecnología	Convencional	Tecnología	Convencional
Fecha de Instalación	Enero 15, 1982	Fecha de Instalación	Abril 15, 1959
Fecha de Suspensión		Fecha de Suspensión	

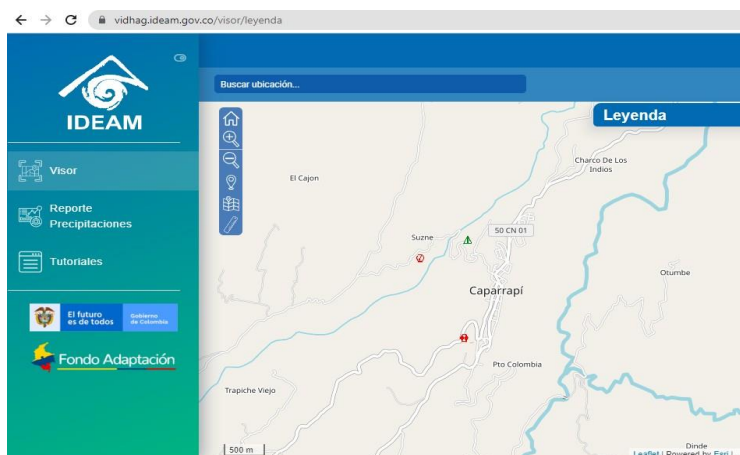


Figura 6 Localización de las estaciones del municipio de Caparrapí según el IDEAM en 2022.

A partir de las estaciones activas, fue posible obtener los datos de las precipitaciones de las estaciones: 23060040 - Paraiso y 23060110 – Caparrapí, ambas ubicadas en el departamento de Cundinamarca. En las siguientes Tablas se presentan las informaciones obtenidas del IDEAM. Posteriormente, se realizó un análisis de datos con el objetivo determinar la intensidad de lluvia, la cual es necesaria para calcular los caudales de diseño para la definición de cualquier obra hidráulica.

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

Tabla 4 Datos históricos de precipitación de las estaciones 23060040 - Paraíso y 23060110 – Caparrapi.

Estación 23060040 PARAISO																
Precipitación (mm)																
Año	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Enero	3	20	28	13	20	11	0	17	16	60	4	2	55	15	98	36
Febrero	66	67	0	19	29	36	0	143.3	0	100	0	50	58	85	101	55
Marzo	56	86	0	26	15	31	0	125.7	45	200	138	82	77	64	163	125
Abril	47	164	52	183	168	47	0	408	205	200	210	254	187	260	122	152
Mayo	67	104	0	95	114	0	0	265	217	418	59	327	102	107	180	130
Junio	67	72	70	77	157	0	0	40	35	79	93	96	9	109	110	20
Julio	96	55	56	30	99	27	0	8	100	104	43	11	131	43	11	42
Agosto	0	42	32	45	94	59.7	0	0	12	105	121	139	141	177	94	62
Septiembre	86	58	93	57	61	76.2	0	214	162	224	211	123	238	171	222	13
Octubre	101	141	126	164	214	71.3	0	319	211	243	339	336	678	254	228	276
Noviembre	114	65	80	38	136	32	0	280	64	279	29	136	222	251	84	99
Diciembre	157	38	9	32	30	56.5	0	141	243	27	5	5	100	154	100	149
Máximo	157.0	164.0	126.0	183.0	214.0	76.2	0.0	408.0	243.0	418.0	339.0	336.0	678.0	260.0	228.0	276.0

Estación 23060110 CAPARRAPI																
Precipitación (mm)																
Año	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Enero		100	12	17	23	15	87	109	170	148	88	250	58	33	282	39
Febrero		56	31	12	32	70	20	194	45	102	102	88	55	22	182	260
Marzo		78	165	136	54	127	133	132	165	75	195	299	209	69	253	94
Abril		265	110	304	81	239	278	183	245	217	222	222	293	175	250	92
Mayo		140	28	80	138	218	220	285	185	40	237	280	202	116	187	332
Junio		50	78	15	22	181	138	135	85	85	70	196	178	235	113	162
Julio		106	10	0	34	37	100	25	60	0	155	61	36	105	78	229

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

Estación 23060110 CAPARRAPI																
Precipitación (mm)																
Año	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Agosto	88	101	45	14	10	200	120	43	85	61	139	161	55	137	143	153
Septiembre	30	148	44	24	31	115	125	110	215	175	189	216	109	164	200	234
Octubre	317	287	385	136	25	233	279	196	230	300	190	299	109	149	356	297
Noviembre	135	192	183	129	198	215.1	264	140	120	260	154	227	218	327	283	172
Diciembre	3	105	14	49	50	92	145	165	113	125	87	109	107	174	46	109
Máximo	317.0	287.0	385.0	304.0	198.0	239.0	279.0	285.0	245.0	300.0	237.0	299.0	293.0	327.0	356.0	332.0

Estación 23060110 CAPARRAPI																
Precipitación (mm)																
Año	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Enero	100	36	35	29	30	63	56.6	20.1	48.6	6.4	49.2	40.9	29.5	82.1	30.2	24.3
Febrero	76	80.3	56	51	47	219.2	134.8	22.7	164.8	56.4	44	36.6	96.4	125.3	131	75.4
Marzo	361	59	230	142	67	204.2	135.5	72.6	198.5	150.2	61.9	79.3	71.5	122.7	112.2	131.9
Abril	334	215	405	297	116	338	227.2	307.7	193.2	151	296.1	169.2	304.2	130.7	117.7	141.2
Mayo	157	80.5	239	201	118	512	190.5	237.2	273.6	134.9	194.7	153.8	93.5	103.8	174.5	57.5
Junio	67	203	57.5	181	157	194.6	19	25	110.7	95.6	143.7	75.4	121	201.6	24.8	126.2
Julio	14	63.6	115.5	59	26.9	165	30	147.8	113	63.1	16.1	175.5	67.2	61.9	71	17
Agosto	4	208	53	293	66.9	147.2	2	24.8	98.9	110.7	78.5	65.4	197.5	130.1	53.6	20.5
Septiembre	2	124	189	169	32.3	123.1	240.1	105.8	189.1	250.3	104.3	143.8	131.8	280.3	63.8	126.6
Octubre	233.7	176	190	374	282.2	343.2	313.9	221.7	303.3	342.1	305.8	481.2	232.1	204.7	435.4	124
Noviembre	0	307.5	232	294	141.6	160	261.6	82.5	309.9	133.2	98.5	161.8	430.4	61.1	180.1	180.6
Diciembre	92	43	32	73	122.8	88	108.2	207	48.6	45.2	51.9	53.9	152.2	87.5	112.2	70.8
Máximo	361.0	307.5	405.0	374.0	282.2	512.0	313.9	307.7	309.9	342.1	305.8	481.2	430.4	280.3	435.4	180.6

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

Estación 23060110 CAPARRAPI																
Precipitación (mm)																
Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Enero	16.4	56.8	20.3	15.3	23	51.1	14.3	76.5		15	24.3	43.9	66.2	76.1	81.8	84.7
Febrero	49.1	33.5	119.5	11.5	46.8	113.7	30.1	222.5		22.5	42.1	129.2	72.6	82.1	191.7	0
Marzo	152.8	204.9	198.2	138	174.8	74.8	134.8	68.4		85.7	100.3	38.4	88	256.6	228.7	329.5
Abril	162.8	233.3	289.4	218.3	150.8	173.9	209.9	195.6	140	82.3	336.4	331.4	108.3	99.4	572.5	351.4
Mayo	287.8	6.9	138.1	210.3	168.1	34.8	78.2	177.3	158.2	166.6	129.8	35.2	199.5	235.3	246.8	138.7
Junio	70.3	54.4	64.8	102.4	196.2	117.6		133	266.5	114.8	85	109.7	49.3	75.8	117.8	56.5
Julio	21.8	97.4	65	68.6	87.9	2	41.2	33.5	39	37.2	57.5	38.8	61.6	28.1		56.5
Agosto	78.3	182	36	75.4	67.8	1	87.5	84.5	73.2	5.2	26	53.6	31.6	89.1		97.6
Septiembre	78.8	185.6	65.1	171.2	184.1	222.7	117.9	223.9	126.5	216	130.2	225.6	154.4	156.3	117.3	19.9
Octubre	116.3	206.7	251.8	296.8	269.8	76	76.5	217.4	96.1	94.6	228.7	152.1	396.6	593.2	173.8	318
Noviembre	163.8	60.3	273.6	110.7	89.3	161.8	48.1	139.3	59.5	220.7	266.5	255.9	273.7	396.8	235	109.1
Diciembre	34.7		10.9	192.5	15.5	28.3	115.3		60.3	159.9	108.6	105.2	91.8	89.1	173.6	83.6
Máximo	287.8	233.3	289.4	296.8	269.8	222.7	209.9	223.9	266.5	220.7	336.4	331.4	396.6	593.2	572.5	351.4

Estación 23060110 CAPARRAPI																
Precipitación (mm)																
Año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Enero	152.3	153.7	18.3	9.9	94.8		119.2	89	24	233.9	90.8	17.3		30.3	57.1	
Febrero	81	106.2	32	46.6	36	108	131.8	92.8	144	181	32.3	357.8		76.3	150	
Marzo	124	223.4	19.7	179.5	98.1		268.1	235.1	72	201.5	187.4	292	55.4	242	220.6	
Abril	183.8	142.8	249.1	609.7	180.5		92.5	402	286	272.1	320.1	221.8	54.4	215		
Mayo	385.9	226.4	162	323.3	23.8		221.4	133.4	150.8	363	418.4	120.1	106.3	219.6		
Junio	126	123.7	211.9	127.4	11.7		162.3	40.5	62.2	324.4	77.4	117.8	22.2	144.4		
Julio	304.1	38.5	54.7	24	10.8		30	62.5	10.5	7	93.6	0	13.6	42.5		
Agosto	42.4	171.3	122	63	76.4		34.6	11.7	17.4	172.4	2	0	40.3	195.6		
Septiembre	382.2	61.6	151.7	163	0.8		206	95.6	146.1	121.4	112.5	154.6	48.3	187		
Octubre	333.8	170.9	136.1	203.1	130.8	342.1	261	160.2	604.9	251.7	815.5		149.3	321.6		
Noviembre	169.1	130.7	419	365			188	205.8	405.6	271.1	285.8		150.2	126		
Diciembre		74.3	192.1	204			79	31	185.1	116.8	19		62.3	85.1		
Máximo	385.9	226.4	419.0	609.7	180.5	342.1	268.1	402.0	604.9	363.0	815.5	357.8	150.2	321.6	220.6	

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

A partir de los datos obtenidos en la Tabla 4, se procedió a identificar para cada año de la serie historia, el valor máximo de precipitación registrado en 24 horas, es decir, el valor de la precipitación del día más lluvioso de dicho año (P máximo 24 horas) en milímetros. Con dicho valor, se determinó la intensidad de la lluvia para diferentes duraciones de lluvia y para cada año de la serie historia. En este estudio se utilizaron duraciones de aguacero de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos. Para tal fin se aplicó la ecuación propuesta por Grusky, conforme se explica a continuación:

$$i_d = i_{24} \sqrt{\frac{24}{d}}$$

Donde: i_d corresponde a la intensidad de la lluvia sin considerar el periodo de retorno en mm/hora, i_{24} corresponde a la intensidad de la lluvia en mm. Pertenece al valor horario en promedio del día más lluvioso del año de la serie historia que se está analizando (P máx 24 horas) y d es la duración del aguacero en horas.

En la siguiente tabla se presentan los resultados referentes al cálculo de la intensidad histórica para diferentes tiempos de duración del aguacero para las dos estaciones en mención. Adicionalmente se determinaron los valores del promedio y desviación estándar de los datos analizados, así como los parámetros c y a , los cuales fueron determinados con las siguientes ecuaciones.

$$c = 0.78 \cdot \sigma$$

$$a = 0.577 \cdot C - i_m$$

Donde: σ corresponde a la desviación estándar de las intensidades históricas calculadas para cada duración de aguacero en mm/h e i_m corresponde a la intensidad promedio de las intensidades históricas calculadas para cada duración del aguacero en mm/h.

Tabla 5 Intensidades históricas de la estación 23060040 - Paraíso.

Intensidades históricas (mm/hora).							
Año	P Máximo 24 horas (mm)	Duración del aguacero, en minutos					
		5	10	15	20	25	30
1975	157	111	79	64	56	50	45
1976	164	116	82	67	58	52	47
1977	126	89	63	51	45	40	36
1978	183	129	92	75	65	58	53
1979	214	151	107	87	76	68	62
1980	76.2	54	38	31	27	24	22
1981	0	0	0	0	0	0	0
1982	408	288	204	167	144	129	118
1983	243	172	122	99	86	77	70
1984	418	296	209	171	148	132	121
1985	339	240	170	138	120	107	98
1986	336	238	168	137	119	106	97
1987	678	479	339	277	240	214	196
1988	260	184	130	106	92	82	75
1989	228	161	114	93	81	72	66

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

Intensidades históricas (mm/hora).							
Año	P Máximo 24 horas (mm)	Duración del aguacero, en minutos					
		5	10	15	20	25	30
1990	276	195	138	113	98	87	80
Promedio		181	128	105	91	81	74
Desviación estándar		113	80	65	56	50	46
c		88	62	51	44	39	36
a		-131	-92	-75	-65	-58	-53

Tabla 6 Intensidades históricas de la estación 23060110 – Caparrapi.

Intensidades históricas (mm/hora).							
Año	P Máximo 24 horas (mm)	Duración del aguacero, en minutos					
		5	10	15	20	25	30
1959	317	224.2	158.5	129.4	112.1	100.2	91.5
1960	287	202.9	143.5	117.2	101.5	90.8	82.8
1961	385	272.2	192.5	157.2	136.1	121.7	111.1
1962	304	215.0	152.0	124.1	107.5	96.1	87.8
1963	198	140.0	99.0	80.8	70.0	62.6	57.2
1964	239	169.0	119.5	97.6	84.5	75.6	69.0
1966	279	197.3	139.5	113.9	98.6	88.2	80.5
1967	285	201.5	142.5	116.4	100.8	90.1	82.3
1968	245	173.2	122.5	100.0	86.6	77.5	70.7
1969	300	212.1	150.0	122.5	106.1	94.9	86.6
1970	237	167.6	118.5	96.8	83.8	74.9	68.4
1971	299	211.4	149.5	122.1	105.7	94.6	86.3
1972	293	207.2	146.5	119.6	103.6	92.7	84.6
1973	327	231.2	163.5	133.5	115.6	103.4	94.4
1974	356	251.7	178.0	145.3	125.9	112.6	102.8
1975	332	234.8	166.0	135.5	117.4	105.0	95.8
1976	361	255.3	180.5	147.4	127.6	114.2	104.2
1977	307.5	217.4	153.8	125.5	108.7	97.2	88.8
1978	405	286.4	202.5	165.3	143.2	128.1	116.9
1979	374	264.5	187.0	152.7	132.2	118.3	108.0
1980	282.2	199.5	141.1	115.2	99.8	89.2	81.5
1981	512	362.0	256.0	209.0	181.0	161.9	147.8
1982	313.9	222.0	157.0	128.1	111.0	99.3	90.6
1983	307.7	217.6	153.9	125.6	108.8	97.3	88.8
1984	309.9	219.1	155.0	126.5	109.6	98.0	89.5
1985	342.1	241.9	171.1	139.7	121.0	108.2	98.8
1986	305.8	216.2	152.9	124.8	108.1	96.7	88.3
1987	481.2	340.3	240.6	196.4	170.1	152.2	138.9
1988	430.4	304.3	215.2	175.7	152.2	136.1	124.2

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

Intensidades históricas (mm/hora).							
Año	P Máximo 24 horas (mm)	Duración del aguacero, en minutos					
		5	10	15	20	25	30
1989	280.3	198.2	140.2	114.4	99.1	88.6	80.9
1990	435.4	307.9	217.7	177.8	153.9	137.7	125.7
1991	180.6	127.7	90.3	73.7	63.9	57.1	52.1
1992	287.8	203.5	143.9	117.5	101.8	91.0	83.1
1993	233.3	165.0	116.7	95.2	82.5	73.8	67.3
1994	289.4	204.6	144.7	118.1	102.3	91.5	83.5
1995	296.8	209.9	148.4	121.2	104.9	93.9	85.7
1996	269.8	190.8	134.9	110.1	95.4	85.3	77.9
1997	222.7	157.5	111.4	90.9	78.7	70.4	64.3
1998	209.9	148.4	105.0	85.7	74.2	66.4	60.6
1999	223.9	158.3	112.0	91.4	79.2	70.8	64.6
2000	266.5	188.4	133.3	108.8	94.2	84.3	76.9
2001	220.7	156.1	110.4	90.1	78.0	69.8	63.7
2002	336.4	237.9	168.2	137.3	118.9	106.4	97.1
2003	331.4	234.3	165.7	135.3	117.2	104.8	95.7
2004	396.6	280.4	198.3	161.9	140.2	125.4	114.5
2005	593.2	419.5	296.6	242.2	209.7	187.6	171.2
2006	572.5	404.8	286.3	233.7	202.4	181.0	165.3
2007	351.4	248.5	175.7	143.5	124.2	111.1	101.4
2008	385.9	272.9	193.0	157.5	136.4	122.0	111.4
2009	226.4	160.1	113.2	92.4	80.0	71.6	65.4
2010	419	296.3	209.5	171.1	148.1	132.5	121.0
2011	609.7	431.1	304.9	248.9	215.6	192.8	176.0
2012	180.5	127.6	90.3	73.7	63.8	57.1	52.1
2013	342.1	241.9	171.1	139.7	121.0	108.2	98.8
2014	268.1	189.6	134.1	109.5	94.8	84.8	77.4
2015	402	284.3	201.0	164.1	142.1	127.1	116.0
2016	604.9	427.7	302.5	246.9	213.9	191.3	174.6
2017	363	256.7	181.5	148.2	128.3	114.8	104.8
2018	815.5	576.6	407.7	332.9	288.3	257.9	235.4
2019	357.8	253.0	178.9	146.1	126.5	113.1	103.3
2020	150.2	106.2	75.1	61.3	53.1	47.5	43.4
2021	321.6	227.4	160.8	131.3	113.7	101.7	92.8
2022	220.6	156.0	110.3	90.1	78.0	69.8	63.7
Promedio		236.6	167.3	136.6	118.3	105.8	96.6
Desviación estandar		83.4	59.0	48.1	41.7	37.3	34.0
c		65.0	46.0	37.6	32.5	29.1	26.6
a		-199.1	-140.8	-114.9	-99.5	-89.0	-81.3

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

5.3 CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA IDF

A partir de las anteriores informaciones referentes a las intensidades históricas para las dos estaciones en mención, se procedió a determinar la intensidad de lluvia en mm/h, conforme el método de Gumbel. Para tal fin, se asumieron periodos de retorno de 3, 5, 10, 15 y 20 años. En las siguientes Tablas y Figuras se presentan los resultados para las curvas IDF de las estaciones Santa Bárbara y Girona la Hacienda conforme la siguiente ecuación:

$$i = -c \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{TR} \right) \right] - a$$

Donde: i corresponde a la intensidad de la lluvia en mm/h ajustada por el periodo de retorno (TR).

Tabla 7 Datos para la elaboración de las curvas IDF de la estación 23060040 – Paraíso

Periodo de retorno (Años)	Duración del aguacero, en minutos					
	5	10	15	20	25	30
3	210.1	148.6	121.3	105.1	94.0	85.8
5	262.7	185.8	151.7	131.4	117.5	107.3
10	328.8	232.5	189.8	164.4	147.0	134.2
15	366.1	258.9	211.4	183.0	163.7	149.4
20	392.2	277.3	226.4	196.1	175.4	160.1

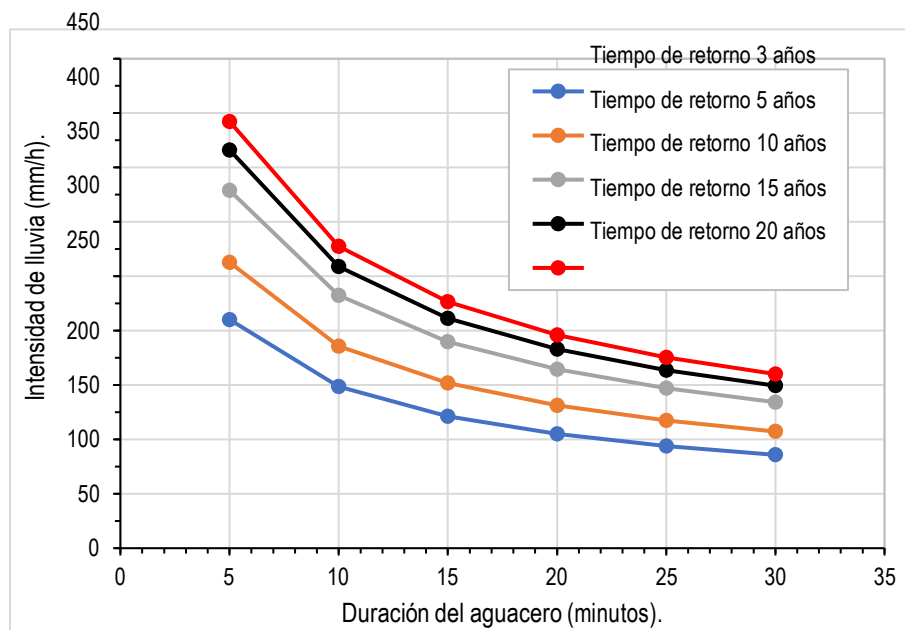


Figura 7 Curvas IDF de la estación 23060040 - Paraíso.

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

Tabla 8 Datos para la elaboración de las curvas IDF de la estación 23060110 – Caparrapi.

Periodo de retorno (Años)	Duración del aguacero, en minutos					
	5	10	15	20	25	30
3	257.8	182.3	148.8	128.9	115.3	105.2
5	296.7	209.8	171.3	148.3	132.7	121.1
10	345.5	244.3	199.5	172.7	154.5	141.0
15	373.0	263.8	215.4	186.5	166.8	152.3
20	392.3	277.4	226.5	196.1	175.4	160.2

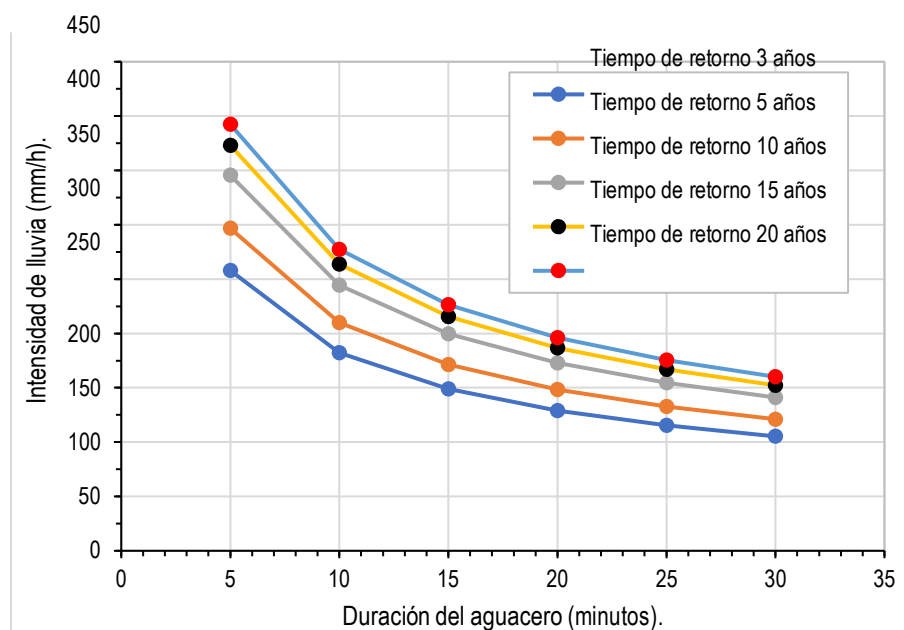


Figura 8 Curvas IDF de la estación 23060110 – Caparrapi.

Para la determinación de los caudales de diseño, se procedió a determinar el tiempo de concentración, el cual se define como el tiempo necesario desde el inicio de la precipitación, que toma el agua desde los límites más extremos del área tributaria hasta llegar a la estructura de drenaje en análisis. En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de varias ecuaciones empíricas, para el desarrollo de este estudio, se siguió la recomendación del manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS que precisa “se tomará como mínimo un tiempo de concentración igual a 15 min (Referencia 2.6), con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una hoyo y no sobreestimar la intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores a este tiempo de concentración”.

$$T_c = 15 \text{ min.}$$

Por otro lado, la recurrencia de la lluvia analizada, en función de lo requerido por las estructuras de drenaje superficial propuestas, para el sistema de drenaje, será de 10 años, según la recomendación del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS. Con lo anterior, a partir de las curvas IDF fue posible determinar la Intensidad de diseño para las dos estaciones analizadas, adoptando un valor de 200 mm/hora, conforme se presenta en la siguiente Tabla.

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

Tabla 9 Intensidad de diseño.

Estación	Intensidad de diseño	
	mm/hora	m/s
Estación 1 23060040 - Paraíso	190	5.28E-05
Estación 2 23060110 – Caparrapí	200	5.56E-05
Valor adoptado	200	5.56E-05

5.4 CAUDALES DE DISEÑO

Para la estimación de los caudales de diseño se adoptó un periodo de retorno de 10 años, considerando un tiempo de concentración mínimo de 15 minutos. La metodología para el cálculo de caudales utilizada en este caso es el Método Racional, teniendo en cuenta que tenemos áreas de drenaje menores a 2,5 km². Si se manejaran cuencas con áreas mayores a 2,5 km² utilizaríamos el método del hidrograma unitario del Soil Conservation Service. La siguiente ecuación reporta el cálculo del caudal (Q) en (m³/s), donde: C corresponde al coeficiente de escorrentía ponderado (adimensional), i es la intensidad en m/s y A corresponde al área ponderada.

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

El coeficiente de escorrentía ponderado fue obtenido a partir de las recomendaciones del manual de Drenaje del INVIAS, conforme se evidencia en la siguiente Tabla.

Tabla 10 Valores del coeficiente de escorrentía en áreas Urbanas – INVIAS 2009

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

Dado que cada tramo del proyecto se desarrolla en un área urbana, se procedió a estimar los coeficientes de escorrentías considerando la superficie de rodadura en concreto y la presencia de casas unidas. En la siguiente Tabla se presentan los valores de coeficientes de escorrentías adoptados en el proyecto.

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

Tabla 11 Valores del coeficiente de escorrentía del proyecto.

Tipo de área de drenaje	Elemento	Coeficiente escorrentía	Rango
Residencial	Casas individuales separadas	0.40	0.30 a 0.50
Calles	En concreto	0.85	0.80 a 0.95
Prados	Suelos pesados	0.30	0.25 a 0.35

Para el tramo 1 ubicado en el sector de San Judas la Cañada, el área aferente de escorrentía fueron consideradas las áreas de las casas del costado del lado izquierdo con sus respectivos andenes colindantes y el área del talud del lado izquierdos. Para el caso de los tramos 1 y 1A ubicados en sector la Hoyita, respectivamente, fueron consideradas las áreas de las casas con sus respectivos andenes colindantes tanto para en el lado derecho e izquierdo. En todos los casos, se consideró un largo de 10 metros del techo de cada casa y un ancho del andén de 1.0 metros. Asimismo, se consideró las áreas referentes a la calzada de cada tramo a fin de calcular el coeficiente de escorrentía ponderado. En el Anexo 2 se presentan los planos de los tres tramos con el detalle de las áreas aferentes hidráulicas. Finalmente, en la siguiente Tabla se presentan los cálculos del caudal para el diseño de las obras hidráulicas en m³/s y l/s, respectivamente. Adicionalmente, se incorporaron la cantidad total de sumideros (ambos costados) propuestos, a fin de determinar el caudal de diseño por unidad de sumidero.

Para definir los sumideros, se consideraron los existentes y se proyectaron nuevos sumideros considerando los PIVs del diseño en perfil. Adicionalmente, se consideraron los lineamientos del manual de drenaje de carreteras y la guía de Colombia rural, los cuales sugieren que las distancias de obras hidráulicas inferiores a 100 metros.

Tabla 12 Cálculo de los caudales para los tramos de intervención.

Tramo	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)					Área aferente (ha)	Coeficiente escorrentía ponderado	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)	Número de sumideros	Caudal (m ³ /s)	Caudal sumidero (l/s)
			Calzada	Andenes	Techos	Taludes	Total							
1	100	5.8	100	66	160	00	326	2.44	0.33	0.45	454.4	1	0.045	45.4
1A	80	6.0	80	80	100	0	260	0.54	0.42	0.13	126.1	2	0.063	63.0

Nota: El tramo 3 se compone de dos subtramos de 100 y 54 metros, respectivamente.

Según lo descrito anteriormente, se procedió a realizar la ubicación de los sumideros conforme se presenta en la siguiente Tabla. Es importante resaltar que se dio aprovechamiento a los sumideros existentes.

Tabla 13 Cálculo de los caudales para los tramos de intervención.

Tramo	Abscisa	Longitud tramo (m)	Cantidad	Tipo de obra
1	K0+000	100	1	Sumidero nuevo
	K0+095		1	Sumidero nuevo
	K0+38		1	Sumidero existente

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPÍ, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

6 DISEÑOS DE OBRAS HIDRÁULICAS - SUMIDEROS

En este ítem se presentan las recomendaciones y el diseño de la obra de drenaje superficial tipo para los tramos de intervención. Dado que los tramos se encuentran en áreas urbanas del municipio de Caparrapí, se procedió a realizar los diseños de sumideros de rejilla en cuneta, considerando las pendientes longitudinales y transversales de cada tramo (Ver siguiente Figura). En referencia a las pendientes longitudinales y transversales, se recomiendan valores mínimos de 0.03% y 2.00 %, respectivamente.

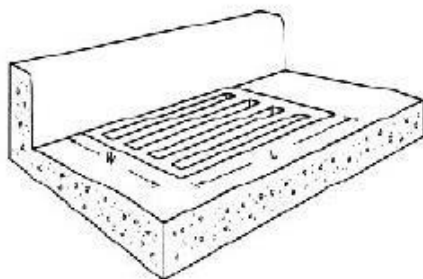


Figura 9 Esquema general del sumidero de rejilla en cuneta.

6.1 DISEÑO DE SUMIDEROS

El diseño de sumideros consiste en determinar las características de la obra bajo unas condiciones de operación dadas. Asimismo, el diseño de los sumideros debe ser compatible con la capacidad de las redes de alcantarillado pluvial. En este sentido, la capacidad de recolección de agua lluvias del conjunto de sumideros de un sistema pluvial debe ser consistente con la capacidad de evacuación de la red de colectores para garantizar que el caudal de diseño efectivamente llegue a la red de evacuación.

Nota: En el presente informe no se contempla la verificación o diseño de la red de colectores, dado que no hace parte del objeto de la consultoría. En este caso, el contratista de obra deberá realizar la verificación de la existencia de la red de alcantarillado pluvial, previo al inicio de actividades constructivas.

Para el diseño del sumidero tipo propuesto se contemplaron las siguientes etapas:

1. Ubicaciones de los sumideros en los diseños geométricos. Solamente se contemplaron sumideros en los tramos de intervención. No fueron consideradas las áreas tributarias de tramos viales externos.
2. Determinación de las pendientes longitudinales y transversales, según el diseño geométrico.
3. Definición de las áreas de drenaje contribuyentes.
4. Determinación del caudal que llega al sumidero.
5. Cálculo del ancho de inundación de la vía "T" y las dimensiones de la lámina de agua.
6. Verificación del ancho y espesor de lámina.
7. Caudal de Q_i por el sumidero.

El ancho de inundación de la vía "T" se determinó con la siguiente ecuación. Donde T corresponde al ancho de la lámina de agua sobre la vía (m), K_u corresponde al factor de conversión en sistema métrico (0.376), n es el coeficiente de Manning del pavimento, el cual fue adoptado de 0.016, caudal de escorrentía (m^3/s) y S_t y S_l corresponden a las pendientes transversales y longitudinales de la vía, respectivamente.

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

$$T = \left[\frac{Q \cdot n}{k_u \cdot S_t^{1.67} \cdot S_l^{0.50}} \right]^{0.373}$$

La profundidad de flujo sobre la orilla de la vía (d) se determina con la siguiente Ecuación, donde T es el ancho de la lámina de agua sobre la vía (m) y S_t corresponde a la pendiente transversal de la vía.

$$d = T \cdot S_t$$

Luego de obtener los valores anteriormente mencionados, es decir, el valor de T y d, se procedió a realizar la verificación garantizando que los valores de T y d, sean inferiores al valor medio del ancho de calzada y a la altura del sardinel, respectivamente. En la siguiente Tabla se presentan las respectivas verificaciones para los tramos de intervención. En la siguiente Figura se expone el detalle del sardinel, donde es posible evidenciar una altura del sardinel desde el nivel de rasante de 0.20 metros.

Figura 10 Detalle del nivel de rasante

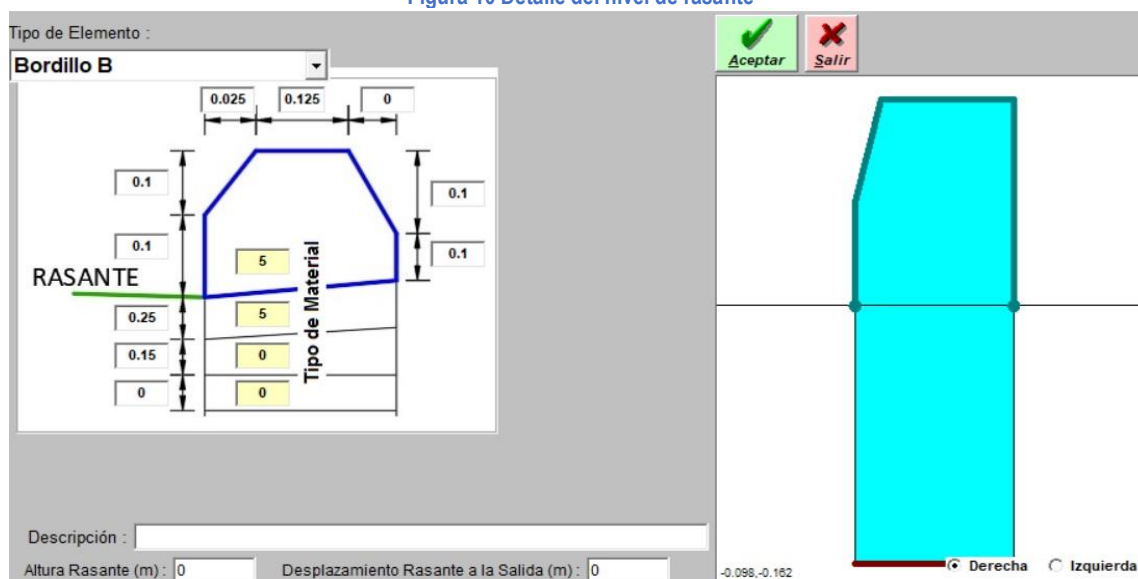


Tabla 14 Verificación del ancho de la lámina de agua "T" y profundidad de la lámina "d".

Tramo	Factor de conversión	Coeficiente de Manning	Pendiente		Ancho de la lámina de agua sobre la vía T (m)	Ancho de la mitad del carril (m)	Profundidad de flujo d (cm)	Profundidad del bordillo (cm)	Condición de ancho	Condición de profundidad
			Transversal St	Longitudinal SL						
1	0.376	0.016	0.0200	0.0230	1.12	2.90	0.02	0.20	ok	ok
2	0.376	0.016	0.0200	0.0738	1.26	3.00	0.03	0.20	ok	ok
3-A	0.376	0.016	0.0200	0.0005	1.73	2.20	0.03	0.20	ok	ok
3-B	0.376	0.016	0.0200	0.2369	0.69	2.20	0.01	0.20	ok	ok

A partir de la verificación de las condiciones anteriores, se procede a establecer las dimensiones iniciales del sumidero tipo. Para garantizar las condiciones hidráulicas, se propone la construcción de dos (2) sumideros de rejilla al final de cada tramo. Dichos sumideros deben estar al margen izquierdo y derecho de la vía, conforme se esquematiza en la siguiente Figura.

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

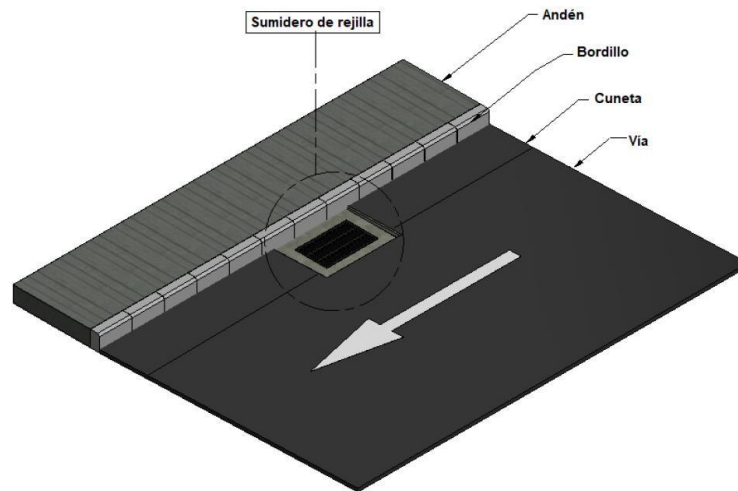


Figura 11 Esquema de sumidero de rejilla – Fuente: EPM 2017.

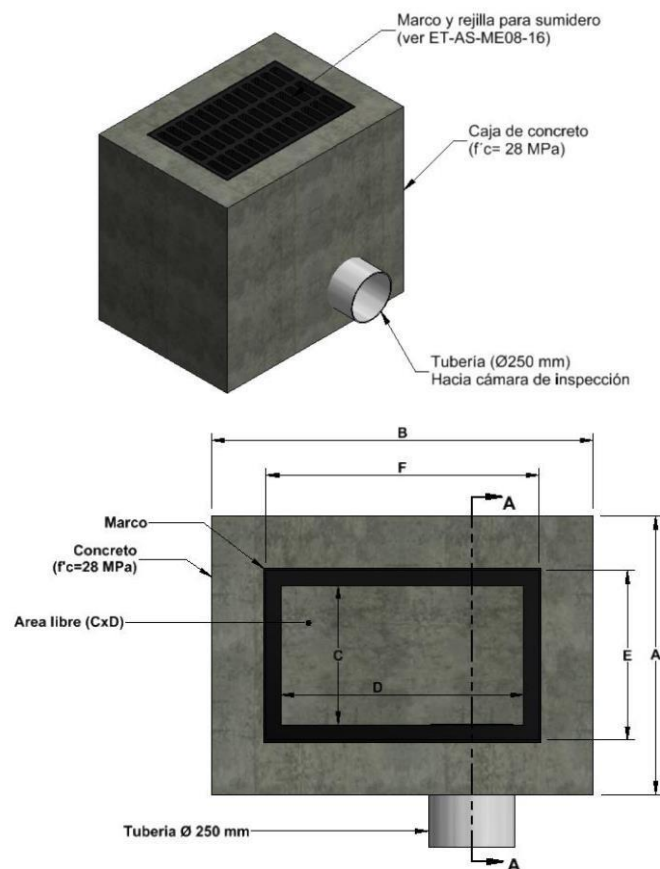


Figura 12 Detalle del sumidero de rejilla – Fuente: EPM 2017.

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

Dadas las extensas longitudes de los tramos, se proyectaron los siguientes sumideros:

Tabla 15 Cuantificación de los sumideros en los tramos de estudio.

Tramo	Longitud tramo (m)	Tipo de obra hidráulica			
		Sumideros existentes	Sumideros nuevos	Total sumideros	Alcantarillas
1	366	6	4	10	2
2	80	0	2	2	0
3	154	0	2 + 1 Cárcamo	2 + 1 Cárcamo	0
Total	600	6	8 + 1 Cárcamo	14 + 1 Cárcamo	2

Para cada uno de los sumideros, se estableció un ancho y largo de 0.40 y 0.70 metros, respectivamente. Con lo anterior, fueron determinados los caudales de infiltración (Q_i) conforme la siguiente Ecuación, donde C_w es un valor constante de 1.25, d la profundidad de flujo, L y W corresponde al ancho y largo del sardinel.

$$Q_i = C_w \cdot (L + 1.8W) \cdot d^{1.5}$$

Posteriormente, se verifico que el caudal de infiltración sea inferior al caudal del sumidero, con el fin de garantizar el adecuado drenaje del pavimento.

Tabla 16 Calculo de los caudales de infiltración.

Tramo	Número de sumideros	Dimensiones del sumidero		Profundidad de flujo d (cm)	Caudal de infiltración (m^3/s)	Caudal de sumidero (m^3/s)	Verificación
		Longitud L (m)	Ancho W (m)				
1	14	0.7	0.4	0.03	0.007	0.045	ok
2	2	0.7	0.4	0.03	0.007	0.063	ok
3-A	2	0.7	0.4	0.03	0.011	0.034	ok
3-B	Cárcamo transversal al eje de la vía $L=4.40$ m	4.4	0.3	0.01	0.003	0.018	ok

6.2 TUBERÍA DE DESCARGA

Los sumideros requieren conectarse a una red de alcantarillado pluvial. Realizada la verificación de existencia y estado de esta, podrá evaluarse la necesidad de instalación de una tubería de descarga. La descarga se deberá hacer mediante una tubería PVC estructurada que conectará el sumidero con la red pluvial. La tubería de descole se propone considerando los parámetros de diseño del reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, con la resolución 0330 del 2017. En general, los parámetros de diseño para esta tubería de descole son los mismos que les corresponden a los sistemas de alcantarillado pluvial.

Según la normatividad técnica de ciudades principales de Colombia, se recomienda que la tubería de descarga deberá ser de mínimo 250 mm, lo cual corresponde a 10 pulgadas. Lo anterior para tramos que presenten pendientes mínimas del 2% y una longitud mínima de 15 metros o según la distancia hasta el pozo de inspección existente o construido. Asimismo, se requiere la construcción de pozos de inspección donde se realizará la descarga de los sumideros. En la siguiente Tabla se relaciona las cantidades y ubicaciones de pozos de inspección para los tres tramos de estudio.

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

A partir de las informaciones de la Tabla, se puede evidenciar la necesidad de construcción de dos (2) pozos de inspección para el alcantarillado pluvial, a los cuales se deberá realizar la conexión de algunos nuevos sumideros. La ubicación propuesta es aproximada y deberá ajustarse a las condiciones de campo durante el proceso constructivo.

Tabla 17 Ubicación de los pozos de inspección.

Tramo	Abscisa	Longitud tramo (m)	Cantidad	Tipo de obra	Descarga a
1	K0+000	100	2	Sumidero nuevo	Pozos de inspección existentes de alcantarillado pluvial y sanitario ubicados en K0+000.
	K0+065		2	Sumidero nuevo	Se requiere la construcción de pozo de inspección para alcantarillado pluvial en K0+060
	K0+025		2	Reconstrucción de sumidero	Pozos de inspección existentes de alcantarillado pluvial y sanitario ubicados en K0+145.
	K0+30		2	Reconstrucción de sumidero	Pozos de inspección existentes de alcantarillado pluvial y sanitario ubicados en K0+030.
	K0+100		2	Sumidero existente	Fuera del tramo de intervención

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

7 DISEÑO DEL DRENAJE SUBSUPERFICIAL

Conforme se observa en el diagnóstico del capítulo 2, en el tramo 1 es necesario la realización de una obra de drenaje que permita el drenaje subsuperficial del pavimento y contribuya con la estabilidad y durabilidad de las obras de infraestructura de dicho tramo. Luego de analizar el drenaje del pavimento del tramo 1, se evidencio que se producen infiltraciones de la escorrentía natural a los estratos de suelos, lo cual genera un incremento de la poropresión del suelo. En este sentido, se proyectó el diseño y construcción de un filtro tipo francés, el cual se compone de material filtrante recubierto con geotextil no tejido. Adicionalmente se contempla la colocación de una tubería para realizar el respectivo drenaje.

El diseño del filtro se realizó por medio del software Geosoft versión 4.0, el cual fue desarrollado por la empresa PAVCO. La interface del software se presenta en la siguiente Figura.

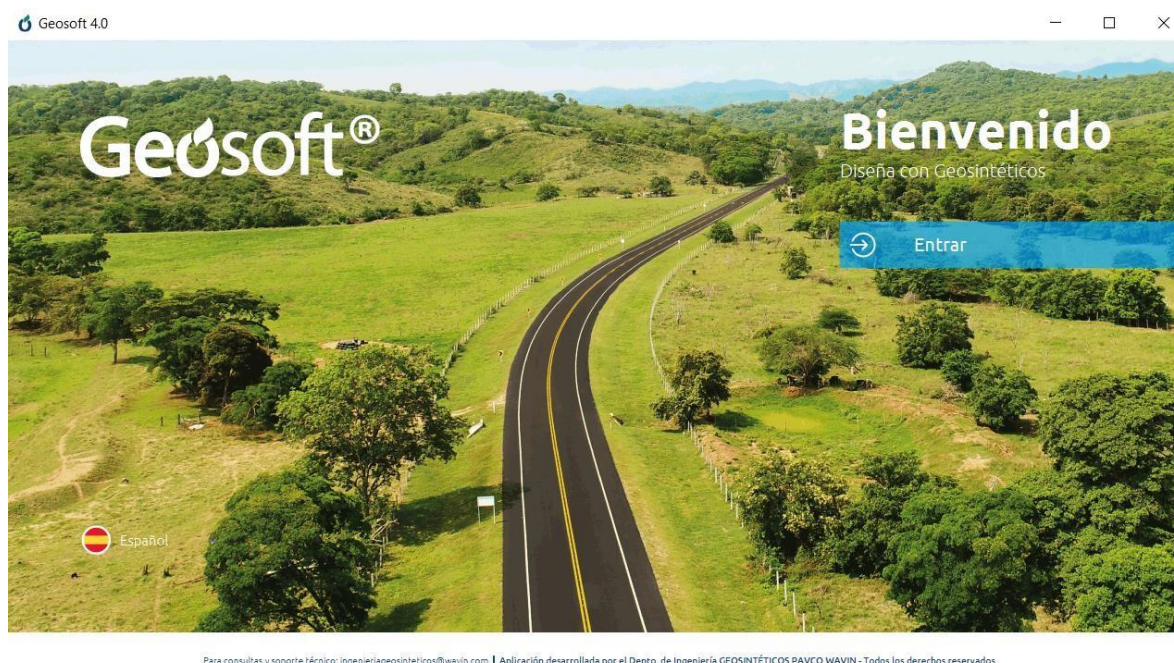


Figura 13 Software Geosoft versión 4.0 (2022).

La metodología para el diseño del filtro en geotextil tipo francés se dividió en tres grandes etapas. La primera etapa hace referencia a la determinación del caudal de diseño, para lo cual se contempló el caudal por infiltración y por abatimiento del nivel freático. Para la determinación del caudal de infiltración se consideró la geometría de la vía, las características de los materiales del pavimento y el tipo de suelo, los cuales fueron definidos en el diseño de pavimento. Para el caudal producido por el abatimiento del nivel freático se consideró la posición del nivel freático y la permeabilidad del suelo, la cual fue determinada según las recomendaciones de la literatura a partir de la caracterización e índices físicos del suelo. En la siguiente Figura se presentan los cálculos del caudal para el diseño del filtro.

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

Geosoft - Filtro.pvo4

Geosoft® | Sistemas de subdrenaje en vías

Parámetros Caudal Selección Diseño Parámetros Diseño Resultados Reporte

Caudal por infiltración

Precipitación máxima horaria de frecuencia anual I_R : 200.0 mm/h

Ancho de la semibanca de la vía B: 2.9 m

Longitud del tramo de drenaje L: 366.0 m

Factor de infiltración F_i : 0.67 **Carpetas de concreto de cemento...**

Factor de retención de la base F_r : 0.333 **Bases de gradación abierta, en se...**

Caudal por infiltración: 13.17 l/s

Suelo de sitio: Limos

Caudal por abatimiento de nivel freático

☒ Estimar aporte por abatimiento ☐ No estimar aporte por abatimiento

Permeabilidad del suelo en contacto con el subdrén K: 1.0E-9 m/s

Cota inferior del subdrén N_d : 1.0 m

Cota superior del nivel freático N_f : 0.0 m

Caudal por abatimiento de nivel freático: 2.524E-4 l/s

Tipo de suelo de subrasante

☐ Arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (menos del 50%, pasa tamiz #200)

☐ Suelos arenosos mal gradados

☒ Suelos finos (mas del 50%, pasa tamiz #200)

Caudal de diseño

$Q_{total} = 13.17 + 2.524E-4 = 13.17$ l/s



Para consultas y soporte técnico: ingenieria@geosinteticos@wavin.com Aplicación desarrollada por el Depto. de Ingeniería GEOSINTÉTICOS PAVCO WAVIN - Todos los derechos reservados

Figura 14 Determinación del caudal de diseño para el dimensionamiento del filtro – Fuente: Geosoft.

La segunda etapa consiste en la obtención de los parámetros y umbrales de diseño, tales como la selección del geotextil como filtro. Para tal fin, el geotextil seleccionado debe satisfacer los criterios de retención, permeabilidad, colmatación, supervivencia, durabilidad y permitividad. En la siguiente Figura se presenta los parámetros de diseño contemplados en el presente estudio. En esta etapa se realizó el dimensionamiento del filtro y se verificó los criterios hidráulicos que garantizan el adecuado funcionamiento. Para tal fin se contempló un ancho de 0.6 metros y una profundidad de 1.0 metros.

Geosoft - Filtro.pvo4

Geosoft® | Sistemas de subdrenaje en vías

Parámetros Caudal Selección Diseño Parámetros Diseño Resultados Reporte

Parámetros Filtro

Referencia Geotextil: NT2500

Ancho del filtro: 0.6 m

Pendiente del filtro: 5.0 %

☒ Incluir tubería de drenaje ☒ Cumplir norma AASHTO M288-05

Criterio de retención

☒ Usar criterio recomendado TAA < 0.3 mm

☐ Definir criterio propio TAA < 0.3 mm

☐ Por curva Granulométrica

Parámetros de la curva granulométrica

D₅₀: 0.1 mm

Material drenante

Tamaño de las partículas del agregado: 0.75 pulgadas

Factores de reducción

Geotextil		
FR _{SCB}	2.0	FR _{IN} 1.2
FR _{CR}	2.0	FR _{CC} 1.2
		FR _{CB} 1.2

Para consultas y soporte técnico: ingenieria@geosinteticos@wavin.com Aplicación desarrollada por el Depto. de Ingeniería GEOSINTÉTICOS PAVCO WAVIN - Todos los derechos reservados

Figura 15 Parámetros para el dimensionamiento del filtro – Fuente: Geosoft.

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

A partir de los anteriores parámetros y criterios, se procedió a determinar el diámetro de la tubería de drenaje que resulta en 160 mm. Adicionalmente, es posible observar que con la selección de un geotextil no tejido NT2500 se cumple con los criterios de supervivencia, retención, permeabilidad y la evaluación de los factores de seguridad asociados a la permitividad del sistema, conforme se presenta en la siguiente Figura.

Tubería de drenaje

Caudal que es capaz de transportar la tubería l/s

Diámetro de tubería recomendado mm

Criterio de retención

TAA < mm

Observación

Criterio de Supervivencia

Norma de Ensayo	Propiedad	Geotextil	Observación
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	NT2500	CUMPLE
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm	ADTM D 4533	NT2500	CUMPLE
Resistencia al rasgado trapezoidal	ADTM D 6241	NT2500	CUMPLE
Observación	El geotextil es adecuado		

Evaluación según la permitividad del sistema

FS_g > 3

Observación

Criterio de permeabilidad $K_g > K_s$

Observación

Figura 16 Resultados del diseño del filtro – Fuente: Geosoft.

Por lo expuesto anteriormente, se concluye que la sección del filtro propuesto de 0.6 metros de ancho y 1.0 metros de profundidad, compuesta por material filtrante, tubería de 160 mm y geotextil NT2500 cumplen con las condiciones hidráulicas del proyecto del tramo 1. En la Siguiente Figura se presenta un esquema de la sección del filtro con sus respectivas dimensiones.

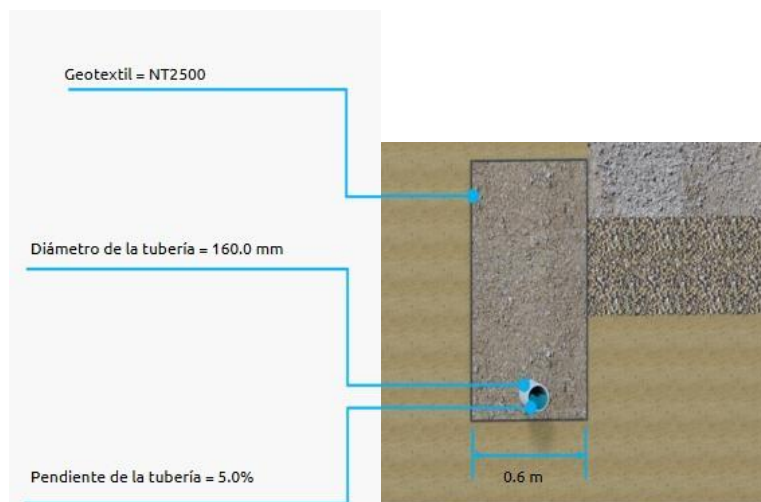


Figura 17 Dimensiones del filtro en geotextil para el tramo 1 – Fuente: Geosoft.

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

7.1 TUBERÍA DE DESCARGA

Los tramos del filtro requieren conectarse a una red de alcantarillado pluvial. Realizada la verificación de existencia y estado de esta, podrá evaluarse la necesidad de instalación de una tubería de descarga. La descarga se deberá hacer mediante una tubería PVC estructurada que conectará el sumidero con la red pluvial. La tubería de descole se propone considerando los parámetros de diseño del reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, con la resolución 0330 del 2017. En general, los parámetros de diseño para esta tubería de descole son los mismos que les corresponden a los sistemas de alcantarillado pluvial.

Se recomienda que la tubería de descarga deberá ser de 160 mm, lo cual corresponde a 6 pulgadas. Se deberá utilizar los accesorios que permitan la conexión a las redes existentes. En la siguiente tabla se presenta la ubicación de los pozos de inspección. Conforme se presentó en el capítulo de sumideros, se puede evidenciar la necesidad de construcción de tres (3) pozos de inspección para el alcantarillado. La ubicación propuesta es aproximada y deberá ajustarse a las condiciones de campo durante el proceso constructivo.

Tabla 18 Ubicación de los pozos de inspección para descarga de tubería de los filtros.

Tramo	Abscisa	Longitud tramo (m)	Descarga a
	K0+000	100	Pozos de inspección existentes de alcantarillado pluvial y sanitario ubicados en K0+020.
	K0+030		Se requiere la construcción de pozo de inspección para alcantarillado pluvial en K0+090
	K0+100		Pozos de inspección existentes de alcantarillado pluvial y sanitario ubicados en K0+145.

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el estudio hidrológico y los diseños de las obras de drenaje, se establecen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

La Hoyita y Villa Ly

El diseño de un sumidero tipo como obra de drenaje superficial en el mejoramiento de las vías urbanas, se realizó teniendo en cuenta la configuración topográfica y urbanística existente de los tramos. No se consideraron áreas de tramos de pavimento que no fueran alcance de la consultoría. Únicamente se consideraron las edificaciones y estructuras colindantes del proyecto. Por lo anterior, en cada tramo se propone la construcción los siguientes sumideros, los cuales deben ser ubicados a cada lado de la vía, es decir, lado derecho y lado izquierdo.

Tabla 19 Localización de obras hidráulicas para los tramos de intervención.

Tramo	Abscisa	Longitud tramo (m)	Cantidad	Tipo de obra
	K0+000		1	Pozos de inspección existentes de alcantarillado pluvial y sanitario
	K0+025		2	Pozos de inspección existentes de alcantarillado pluvial y sanitario
	K0+030		1	Sumideros en el costado derecho e izquierdo
	K0+100		1	Sumideros en el costado derecho e izquierdo

- ☐ Las pendientes longitudinales y transversales de los tramos de pavimento deben ser mínimo del 0.03% y 2%, respectivamente, lo cual facilita la escorrentía sobre la superficie del pavimento rígido hacia los sumideros. Asimismo, se debe garantizar el bombeo del 2% para facilitar el drenaje del pavimento en sentido transversal.
- ☐ No se contempló la construcción de cunetas por la limitación del ancho existente. Sin embargo, es necesaria la construcción del bordillo de confinamiento para generar una adecuada captación y circulación del agua hacia las obras de drenaje. Dicho confinamiento debe tener una altura de 0.2 metros. Sin embargo, en sitios donde se tenga accesos de vehículos a garajes se debe reducir garantizando una altura mínima para prevenir inundaciones en los predios.
- ☐ Los sumideros se deben conectar necesariamente a una red de alcantarillado pluvial, siguiendo la normatividad legal del orden territorial y de tipo ambiental y de saneamiento. En caso no existir la red pluvial, se recomienda realizar el diseño y construcción de la red, considerando los aspectos geométricos que fueron propuestos en el diseño del componente correspondiente.
- ☐ Se requiere la construcción de dos (2) pozos de inspección para realizar la respectiva descarga de los sumideros para los tramos 1 y 2.
- ☐ Es necesario consultar la existencia y estado actual de las redes húmedas y secas para su consideración de interferencia y/o conexión con las obras propuestas en esta consultoría.

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

- Se realizó la implantación de los pozos existentes en el perfil del diseño geométrico de cada uno de los pozos y se pudo evidenciar diferencias entre las cotas de los pozos existentes y la rasante de la vía, conforme se presenta en la siguiente Tabla para los tramos 1 Y 1A respectivamente. En este sentido, es necesario realizar realces o reducciones en las paredes de los pozos, a fin de garantizar el adecuado empalme con la rasante de la vía.

Figura 18 Valores de cotas de los pozos existentes

Tramo	Pozo	Ubicación en la vía	Abscisa	Cota pozo	Cota rasante	Diferencia (cm)	Observaciones
1	1	izquierda	K0+025	1285.86	1285.82	4.0	Reducir altura del pozo
	2	izquierda	K0+041.8	1286.25	1286.17	8.0	Reducir altura del pozo
	3	derecha	K0+051.3	1286.50	1286.38	12.0	Reducir altura del pozo

- Finalmente, es necesario construir las obras de drenaje finales que permitan realizar las descargas totales de los tramos de intervención. Si es necesario, se deberá implementar la construcción de plantas de tratamiento de agua potable y de agua residual para mitigar problemas ambientales. Lo anterior se debe realizar según las normativas vigentes que aplican al territorio nacional y en específico al municipio de Caparrapí.

Carrera 3 y Sector el parque barrio Adolfo León Bejarano

Las vías a intervenir en su tramo a pavimentar, no requieren de la construcción de Box Culvert de 1x1, ni de ningún otro diámetro, ya que la vía no es afectada por ningún afluente hídrico en la longitud de su respectiva intervención.

Se construirán cinco (5) alcantarillas de 36" en las abscisas que se han fijado a distancias aproximadas de entre 170 y 200 m respectivamente; así mismo se intervendrán dos (2) alcantarillas que serán demolidas. Así mismo los caudales de diseño cumplen con los requerimientos técnicos.

Se deben construir adecuadamente las obras de entrada y salida de las alcantarillas, así como las conexiones entre cunetas y estructuras de entrada cuando se requieran.

La construcción de filtros no es necesaria ya que no se presentan procesos de erosión, sedimentación, movimientos en masa y desestabilización de taludes que puedan afectar la capa vegetal, el suelo, el agua y la infraestructura de la vía.

No es necesaria la utilización de las zanjales de coronación por cuanto no se manejarán grandes taludes en el tramo de vía a intervenir, los encoles o disipadores para los descoles de ser necesarios se sugiere vincular la comunidad con obras de bioingeniería.

Se deben seguir las recomendaciones y especificaciones de los planos de diseño.



ING. EDWIN ORTEGA PAVA
Secretario de Planeación e infraestructura
Municipio de Caparrapí, Cundinamarca

**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CAPARRAPI,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Instituto Nacional de Vías INVIAS (2009). Manual de drenaje de carreteras.
- Instituto Nacional de Vías INVIAS (2008). Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. Segunda edición.
- Instituto Nacional de Vías INVIAS (2020). Obras menores de drenaje y estructuras viales – Programa de Colombia Rural. ISBN 958-96558-1-5.
- Universidad de los Andes & PAVCO (2009). Catedra Pavco. Informe Final. Sumideros en alcantarillados de aguas lluvias. Diseños típicos utilizados en Colombia y mecanismos de retención de sólidos.
- Diseño de Infraestructura con Geosintéticos Decima versión (2022). Geosoft – PAVCO.