

**MEJORAMIENTO VIAL DE LA CALLE 26 EN LOS TRAMOS COMPRENDIDOS ENTRE
LAS CARRERAS 17 Y 18 Y LAS CARRERAS 19 Y 23 DEL MUNICIPIO DE PAIPA,
BOYACÁ**

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 195 DE 2025

ESTUDIO DE HIDROLOGÍA Y DRENAJE VIAL

PROYECTO ELABORADO PARA:

MUNICIPIO DE PAIPA



NIT: 900446925-7



Contactos:

Tel: (038) 747 4417

Cel: 318 683 5421 / 312411 3265

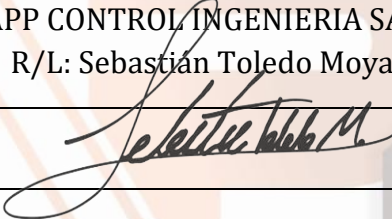
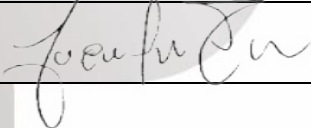
Calle 43 # 8a - 06 Tunja - Boyacá

www.appcontrolingenieria.com

LISTA DE CONTROL DE CAMBIOS

PROYECTO:	MEJORAMIENTO VIAL DE LA CALLE 26 EN LOS TRAMOS COMPRENDIDOS ENTRE LAS CARRERAS 17 Y 18 Y LAS CARRERAS 19 Y 23 DEL MUNICIPIO DE PAIPA, BOYACÁ
LOCALIZACIÓN:	MUNICIPIO DE PAIPA
No INTERNO:	INF-HIDR
AREA:	HIDROLOGÍA Y DRENAJE VIAL

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

	CONSULTORÍA	SUPERVISOR
CONTRATISTA	APP CONTROL INGENIERIA SAS R/L: Sebastián Toledo Moya	JORGE EDWIN LÓPEZ TORRES Secretario de Infraestructura Pública y Movilidad
FIRMA		
FECHA		

REVISIONES

ESTADO	NOMBRE	FECHA	FIRMA
ELABORÓ			
Vo.Bo. Supervisor			

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1. CAPITULO I CONSIDERACIONES GENERALES	8
1.1 Objetivo General	8
1.1.1 Objetivos Específicos	8
1.2 Ubicación Geográfica	9
1.3 Localización de la zona de estudio	10
1.4 Alcance	11
1.5 Limitaciones	11
1.6 Recopilación de la información	11
2. CAPITULO II DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO	13
2.1 Obras de drenaje existente	14
2.2 Obras de drenaje longitudinal existente	14
3. CAPITULO III ESTUDIO HIDROCLIMATOLÓGICO	15
3.1 Climatología	16
3.1.1 Temperatura	16
3.1.2 Nubosidad	17
3.2 Régimen de Lluvias	18
3.2.1 Análisis estadístico valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas	19
3.2.2 Análisis número de días lluviosos multianual mensual	23
3.2.3 Análisis estadístico valores totales mensuales de precipitación.	25
3.3 Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia – IDF	27
3.3.1 Cálculo de curvas IDF	27
3.3.2 Método distribución de probabilidad de Gumbel	28
4. DRENAJE VIAL SUPERFICIAL	30
4.1 Método seleccionado para la estimación de caudales	30
4.1.1 Parámetros Generales de Cálculo	30
4.2 Diseño Hidráulico Sección Transversal Vial	33

4.2.1	Especificaciones sección vial	33
4.2.2	Estimación caudal de diseño	34
4.2.3	Parámetros del cálculo hidráulico de la sección	35
5.	MODELACIÓN HIDRÁULICA	38
5.1	Presentación del software de diseño	38
5.1.1	Hidráulica de canales abiertos – Bentley FlowMaster	38
5.1.2	Gráfica e informes – Bentley FlowMaster	38
5.1.3	Cálculo hidráulico de la sección vial	39
5.1.4	Planteamiento de drenaje	43
5.2	Cálculo Hidráulico de Sumideros	43
5.2.1	Requisitos de diseño de sumideros.	44
5.2.2	Capacidad de captación de los sumideros	44
5.2.3	Tipología y cálculo de los sumideros proyectados	46
5.2.4	Cálculo sumidero lateral proyectado	47
5.2.5	Ubicación de los sumideros	49
6.	CANTIDADES	51
6.1	RESUMEN DE CANTIDADES	51
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Ubicación y longitud del tramo.	13
Tabla 2 Obras de drenaje transversal existente.	14
Tabla 3 Estación IDEAM.....	15
Tabla 4 Representación de la nubosidad.	17
Tabla 5 Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas.	19
Tabla 6 Análisis estadístico valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas.	20
Tabla 7 Cálculo del histograma de frecuencia - valores máximos mensuales en 24 horas.	21
Tabla 8 Valores máximos de precipitación mensual (24h) multianual y desviaciones estándar.....	22
Tabla 9 Histórico de número de días mensuales de precipitación.....	23
Tabla 10 Número de días mensuales de precipitación multianual y desviaciones estándar.....	24
Tabla 11. Tabla de Aplicación. Evaluación Ecuación Intensidad- Duración Frecuencia.	29
Tabla 12 Coeficientes de impermeabilidad	31
Tabla 13 Períodos de retorno según tipo de obra	32
Tabla 14 Ancho de Inundación admisible según clasificación de la vía.	34
Tabla 15 Estimación de caudales máximos cunetas y/o Sección vial más bordillo.	35
Tabla 16 Coeficientes de escorrentía, según tipos de vía.....	36
Tabla 17 Parámetros de diseño cuneta vial.	36
Tabla 18 Cálculos hidráulicos sección vial. Pendiente mín.....	40
Tabla 19 Cálculos hidráulicos sección vial. Pendiente máx.	40

Tabla 20 Ancho de Inundación admisible según Clasificación de la vía.....	44
Tabla 21 Hidráulica sumidero lateral.....	48
Tabla 22 Ubicación de los sumideros y datos de conexión.....	49
Tabla 23 Resumen de cantidades por tramo.....	51



TABLA DE ESQUEMAS

Esquema 1 Ubicación Geográfica – Municipio de Paipa	9
Esquema 2 Localización proyecto.....	10
Esquema 3 Registro Fotográfico de la zona de estudio.....	13
Esquema 4 Ubicación de Estación IDEAM.	15
Esquema 5 Temperatura media mensual multianual.	16
Esquema 6 Mapa temperatura media anual (°C) Departamento de Boyacá.....	17
Esquema 7 Nubosidad media mensual multianual	18
Esquema 8 Histograma de frecuencia valores P _{máx} 24h.....	21
Esquema 9 Histograma de valores máxima precipitación mensual (24h) multianual.....	22
Esquema 10 Número de días lluviosos multianual mensual.....	24
Esquema 11 Mapa de días con lluvia total anual- Departamento de Boyacá.....	25
Esquema 12 Valores totales mensuales de precipitación.....	26
Esquema 13 Mapa de precipitación total anual- Departamento de Boyacá.....	27
Esquema 14 Secciones transversales típicas.....	34
Esquema 15 Hidráulica Cuneta.....	37
Esquema 16 Reporte Gráfico y Tabular Bentley- FlowMaster.....	38
Esquema 17 Informes Gráficos y Tabulares Personalizados - FlowMaster.....	39
Esquema 18 Variación del ancho libre de la cuneta vs la pendiente longitudinal	41
Esquema 19 Variación de la velocidad vs la pendiente longitudinal.	42
Esquema 20 Variación de la capacidad de descarga vs la pendiente longitudinal.	43
Esquema 21 Detalle sumidero.....	47
Esquema 22 Eficiencia vs caudal.....	49

1. CAPITULO I CONSIDERACIONES GENERALES

El desarrollo del componente de hidrología y drenaje vial del proyecto que tiene por objeto “MEJORAMIENTO VIAL DE LA CALLE 26 EN LOS TRAMOS COMPRENDIDOS ENTRE LAS CARRERAS 17 Y 18 Y LAS CARRERAS 19 Y 23 DEL MUNICIPIO DE PAIPA, BOYACÁ” se orienta a la formulación de soluciones de ingeniería hidráulica que aseguren la adecuada captación, conducción y disposición de las aguas superficiales. El análisis hidrológico e hidráulico se estructura con el propósito de garantizar la funcionalidad, estabilidad y sostenibilidad de la infraestructura vial proyectada, minimizando riesgos asociados a escorrentía, socavación y saturación de la estructura del pavimento bajo criterios técnicos acordes con la normativa vigente y las condiciones hidroclimáticas locales de la zona de estudio.

1.1 Objetivo General

Diseñar el sistema de drenaje superficial mediante el análisis hidrológico e hidráulico de la zona de intervención, con el fin de garantizar la evacuación controlada de las aguas de escorrentía, la protección de la estructura del pavimento y la estabilidad de la banca.

1.1.1 Objetivos Específicos

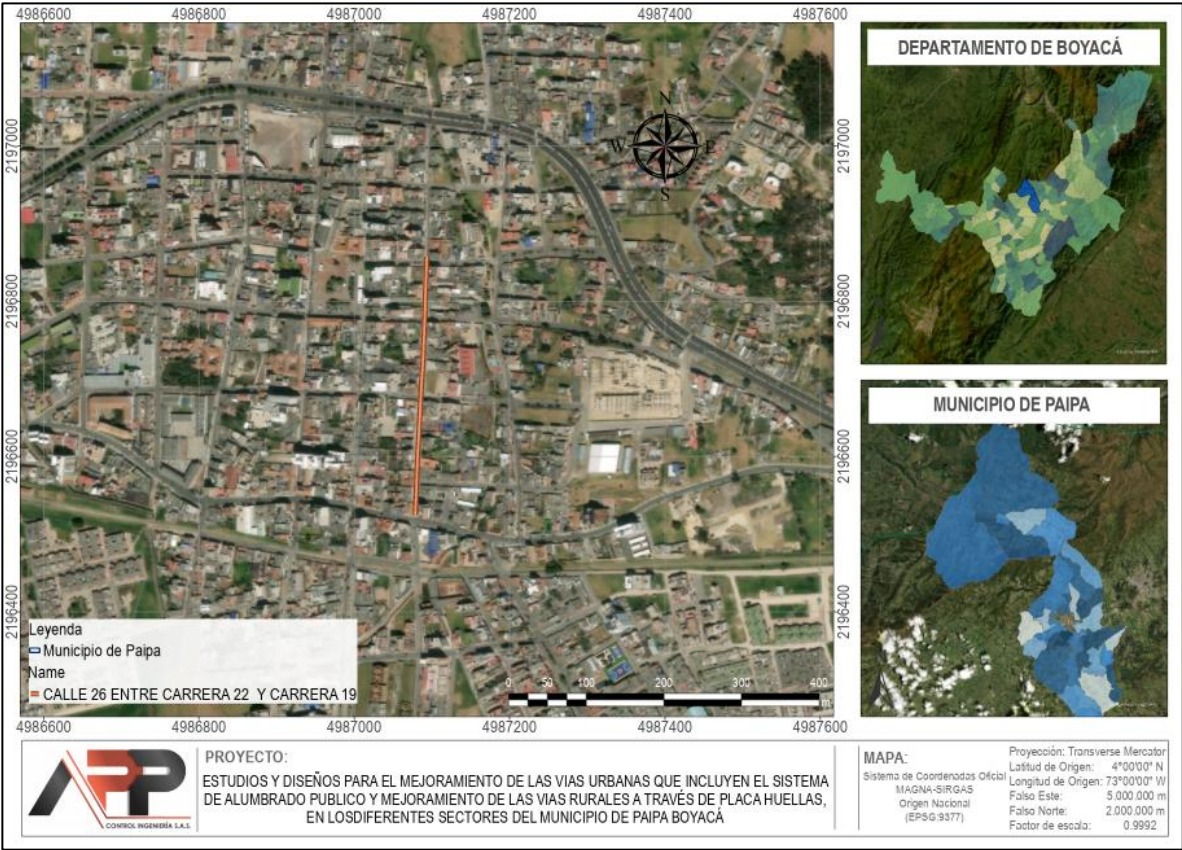
- Analizar la información hidroclimatológica y las características geomorfológicas de la zona de influencia para determinar los caudales de diseño, basándose en el análisis de precipitaciones, el comportamiento de las cuencas aportantes y las especificaciones técnicas vigentes.
- Analizar las condiciones de drenaje existentes en la zona urbana de influencia y las características de las redes y estructuras actuales, para orientar la planificación hidráulica del proyecto.
- Diseñar las obras de drenaje transversal y longitudinal, incluyendo cunetas, sumideros, alcantarillas, filtros y demás estructuras, que garanticen la evacuación eficiente de aguas pluviales, la protección de la estructura vial y la entrega controlada de las aguas a los receptores naturales.

San José de la Loma, Santa Rosa, Siratá, Toibita, Torres, Tunjita, Venta de Llano y Vozmediano.

1.3 Localización de la zona de estudio

El proyecto se localiza en el casco urbano del Municipio de Paipa, Boyacá. El tramo específico objeto de estudio para el mejoramiento de la infraestructura vial y el sistema de alumbrado público se localiza sobre la calle 26 entre carrera 22 y carrera 19, como se detalla a continuación.

Esquema 2 Localización proyecto.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S

1.4 Alcance

El alcance de este componente comprende la ejecución de los estudios hidrológicos y diseños hidráulicos para el manejo eficiente de aguas de escorrentía natural, iniciando con la recopilación y procesamiento de información hidroclimatológica, la delimitación de cuencas aportantes y el diagnóstico del estado funcional de las estructuras de drenaje existentes. A partir de la determinación de caudales de diseño, se procederá al dimensionamiento de las obras longitudinales, transversales o de subdrenaje (tales como cunetas, sumideros, alcantarillas o filtros) que resulten técnicamente necesarias según los requerimientos específicos del diseño, garantizando su correcta articulación con las redes de servicio público y las especificaciones técnicas del proyecto que tiene por objeto “MEJORAMIENTO VIAL DE LA CALLE 26 EN LOS TRAMOS COMPRENDIDOS ENTRE LAS CARRERAS 17 Y 18 Y LAS CARRERAS 19 Y 23 DEL MUNICIPIO DE PAIPA, BOYACÁ”.

1.5 Limitaciones

Las limitaciones del componente de drenaje se centran principalmente en la disponibilidad y calidad de la información meteorológica, supeditada a los registros históricos de las estaciones del IDEAM para la estimación de caudales; la incertidumbre sobre redes de servicios públicos no reportadas en los planos récord o catastros municipales, lo que podría generar interferencias no detectadas durante la fase de diseño; y las restricciones en la inspección de estructuras existentes debido a posibles obstrucciones por sedimentos o falta de acceso técnico, condicionando el diagnóstico detallado de su estado estructural y capacidad hidráulica real.

1.6 Recopilación de la información

La fase de recopilación de información primaria incluyó la inspección detallada del corredor vial y sus áreas de aporte para identificar condiciones de drenaje no perceptibles en cartografía a gran escala. Se realizó un inventario físico de la infraestructura existente. Se integró el levantamiento topográfico de detalle para la definición de pendientes longitudinales y transversales.

La fase de recopilación de información secundaria comprendió la obtención y el análisis de datos técnicos e hidrometeorológicos. Se recopilaron y procesaron series históricas de precipitación y demás variables climáticas registradas por estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) con representatividad

espacial en el área del proyecto. Estas series fueron sometidas a análisis estadístico para asegurar la confiabilidad de los caudales de diseño.

El análisis geomorfológico y de uso del suelo se apoyó en cartografía base del IDEAM y del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), así como en Modelos Digitales de Elevación (DEM). Finalmente, se integró la información de redes existentes mediante la revisión de planos de catastro suministrados por la empresa de servicios públicos municipal.



2. CAPITULO II DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en el casco urbano del municipio de Paipa, específicamente en el corredor de la Calle 26, comprendido entre la Carrera 19 y la Carrera 22. Topográficamente, el sector presenta una morfología de terreno plano a ligeramente ondulado. En términos de amenaza sísmica, y de acuerdo con los parámetros de la NSR-10, el proyecto se localiza en una zona de amenaza sísmica alta.

Hidrográficamente, el proyecto se inscribe en la Subzona Hidrográfica del Río Chicamocha (perteneciente a la cuenca del Río Sogamoso y la Macrocuena Magdalena-Cauca). Al tratarse de un entorno urbano, el manejo de aguas depende de la eficiencia del sistema de alcantarillado pluvial y la adecuación de cunetas y sumideros.

La vía cumple una función estratégica en la movilidad interna de Paipa, conectando importantes sectores residenciales con ejes viales principales. La intervención proyectada busca mejorar la transitabilidad, optimizar el sistema de alumbrado público y garantizar la estabilidad estructural de la vía.

Tabla 1 Ubicación y longitud del tramo.

		COORDENADAS				Longitud (m)
ID	NOMBRE	INICIO: BOP		FIN: EOP		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
TRAMO N° 04	CALLE 26 ENTRE CARRERA 22 Y CARRERA 19	4987093.083	2196857.098	4987078.176	2196524.343	333

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S

Las siguientes fotos muestran una panorámica del sitio en estudio, en donde se puede apreciar mejor las características y condiciones existentes de la vía.

Esquema 3 Registro Fotográfico de la zona de estudio.



Fuente: El Estudio

2.1 Obras de drenaje existente

Durante la fase de reconocimiento de campo, se localizaron las estructuras de drenaje lateral existentes, tanto en el eje principal de la Calle 26 como en sus intersecciones con las Carreras 19, 20, 21 y 22. A continuación, se presenta la tabla detallada con la ubicación exacta, identificación y tipología de las obras comprendidas en la zona de estudio.

Tabla 2 Obras de drenaje transversal existente.

ABSCISA	SECTOR	COSTADO	CÓDIGO INTERNO	TIPO DE OBRA EXISTENTE	DIMENSION ANCHO* LARGO (m)	ESPECIFICACIÓN
PR 0+000.0	EJE VIAL	IZQUIERDO	EXI-SL- 02	SUMIDERO LATERAL	0.6*1.0	Demolición y construcción
PR 0+003.0	INTERSECCIÓN	DERECHO	NA	SUMIDERO LATERAL	0.6*1.0	Limpieza y mantenimiento
PR 0+004.0	INTERSECCIÓN	IZQUIERDO	NA	SUMIDERO LATERAL	0.6*1.0	Limpieza y mantenimiento
PR 0+009.0	INTERSECCIÓN	IZQUIERDO	NA	SUMIDERO LATERAL	0.6*1.0	Limpieza y mantenimiento
PR 0+012.0	EJE VIAL	DERECHO	NA	SUMIDERO LATERAL	0.6*1.0	Demolición
PR 0+075.0	EJE VIAL	IZQUIERDO	EXI-SL- 04	SUMIDERO LATERAL	0.6*1.0	Demolición y construcción
PR 0+078.0	INTERSECCIÓN	DERECHO	NA	SUMIDERO LATERAL	0.6*1.0	Limpieza y mantenimiento
PR 0+083.0	INTERSECCIÓN	IZQUIERDO	NA	SUMIDERO LATERAL	0.6*1.0	Limpieza y mantenimiento
PR 0+176.0	EJE VIAL	DERECHO	EXI-SL- 05	SUMIDERO LATERAL	0.6*1.0	Demolición y construcción
PR 0+176.0	EJE VIAL	IZQUIERDO	EXI-SL- 06	SUMIDERO LATERAL	0.6*1.0	Demolición y construcción
PR 0+287.0	EJE VIAL	DERECHO	EXI-SL- 09	SUMIDERO LATERAL	0.6*1.0	Demolición y construcción

Fuente: El Estudio.

2.2 Obras de drenaje longitudinal existente

Respecto al sistema de drenaje longitudinal, se constató que el corredor cuenta con una sección urbana definida por sardineles y la estructura vial funcionando como cuneta integrada, los cuales confinan el flujo de escorrentía sobre la calzada. Sin embargo, la pendiente longitudinal inferior al 5% favorece el estancamiento de aguas en tramos específicos.

3. CAPITULO III ESTUDIO HIDROCLIMATOLÓGICO

En la zona de estudio se identificaron estaciones que, por su proximidad geográfica, correspondencia altitudinal y correlación espacial, proporcionan datos representativos para el régimen hidroclimatólogo del proyecto. En la siguiente tabla se presenta la información general de las estaciones consideradas en el análisis, para la caracterización hidrológica del proyecto.

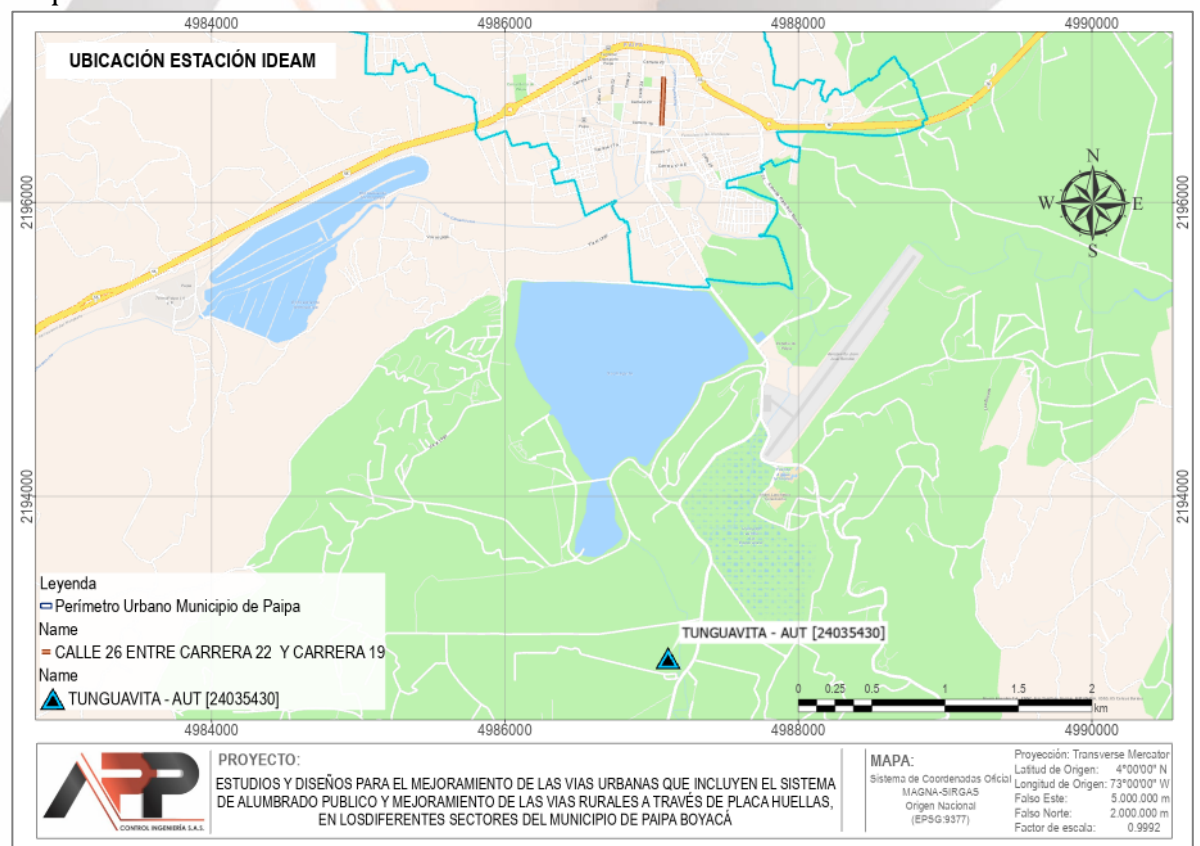
Tabla 3 Estación IDEAM.

Código	Nombre	Categoría	Variables	Municipio	Corriente	Ubicación
24035430	TUNGUAVITA - AUT	Agro-meteorológica	Precipitación CURVAS IDF	Paipa	Río Chicamocha	Altitud: 2521 m.s.n.m
	[24035430]					Latitud: 5.74583
	TUNGUAVITA [24035170]					Longitud: -73.11636

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S

La ubicación de las estaciones y su relación espacial con el corredor vial se detallan en la siguiente figura:

Esquema 4 Ubicación de Estación IDEAM.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S

La consistencia y calidad de las series históricas analizadas permiten definir con rigor técnico los parámetros de diseño, especialmente para la estimación de precipitaciones y la determinación de caudales máximos requeridos en el dimensionamiento de las obras de drenaje.

3.1 Climatología

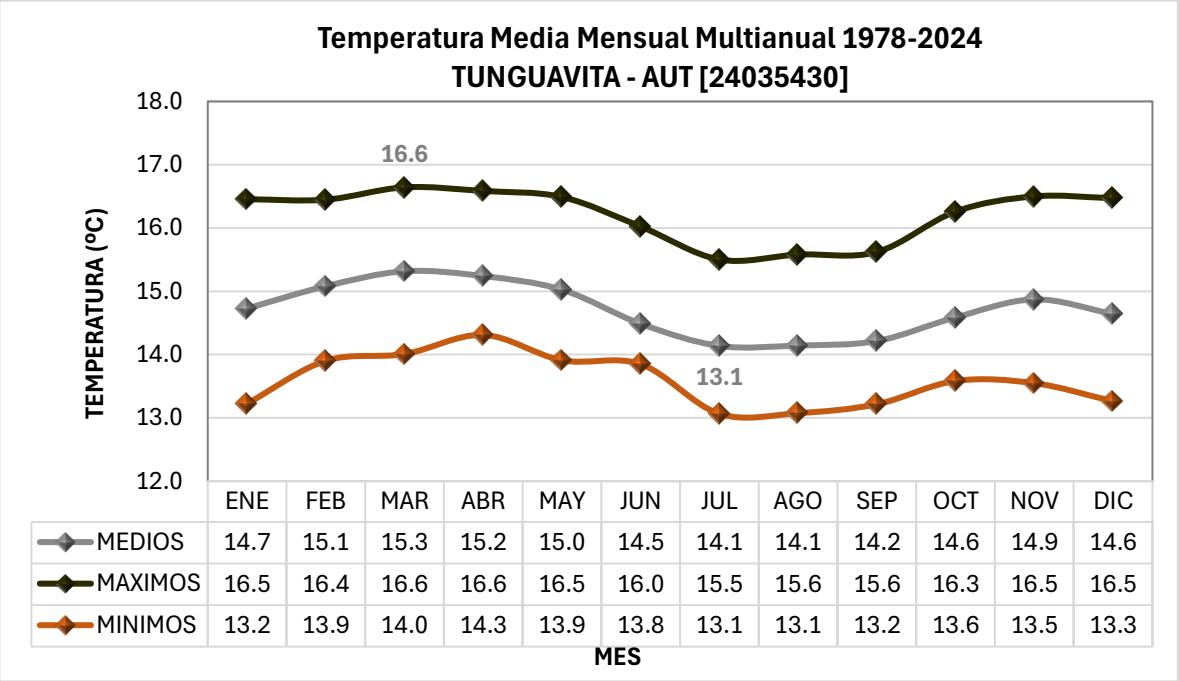
3.1.1 Temperatura

La temperatura atmosférica es una de las principales variables del clima y representa el grado de calentamiento del aire en un lugar y momento determinados. Esta se ve influenciada por factores como la altitud, la latitud, la nubosidad, el relieve y la cercanía al mar.

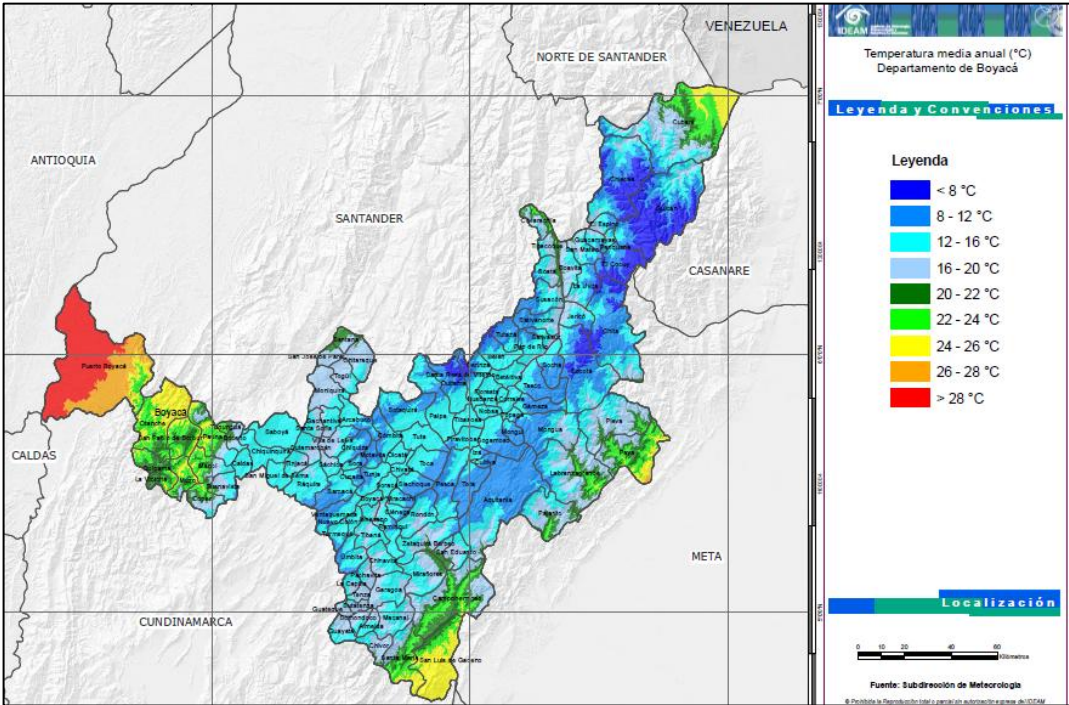
El análisis térmico de la estación Tunguavita (1978-2024) revela un comportamiento bimodal estable con una temperatura media anual que oscila entre los 14.1°C y 15.3°C, alcanzando sus valores máximos de 16.6°C en el primer trimestre y sus mínimos de 13.1°C durante el bimestre julio-agosto. Esta oscilación térmica moderada y la baja amplitud entre los valores extremos evidencian condiciones climáticas constantes.

En general, las variaciones térmicas son moderadas, evidenciando condiciones climáticas estables y sin fluctuaciones extremas a lo largo del año.

Esquema 5 Temperatura media mensual multianual.



Esquema 6 Mapa temperatura media anual (°C) Departamento de Boyacá.



Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/temperatura-Boyacá>.

3.1.2 Nubosidad

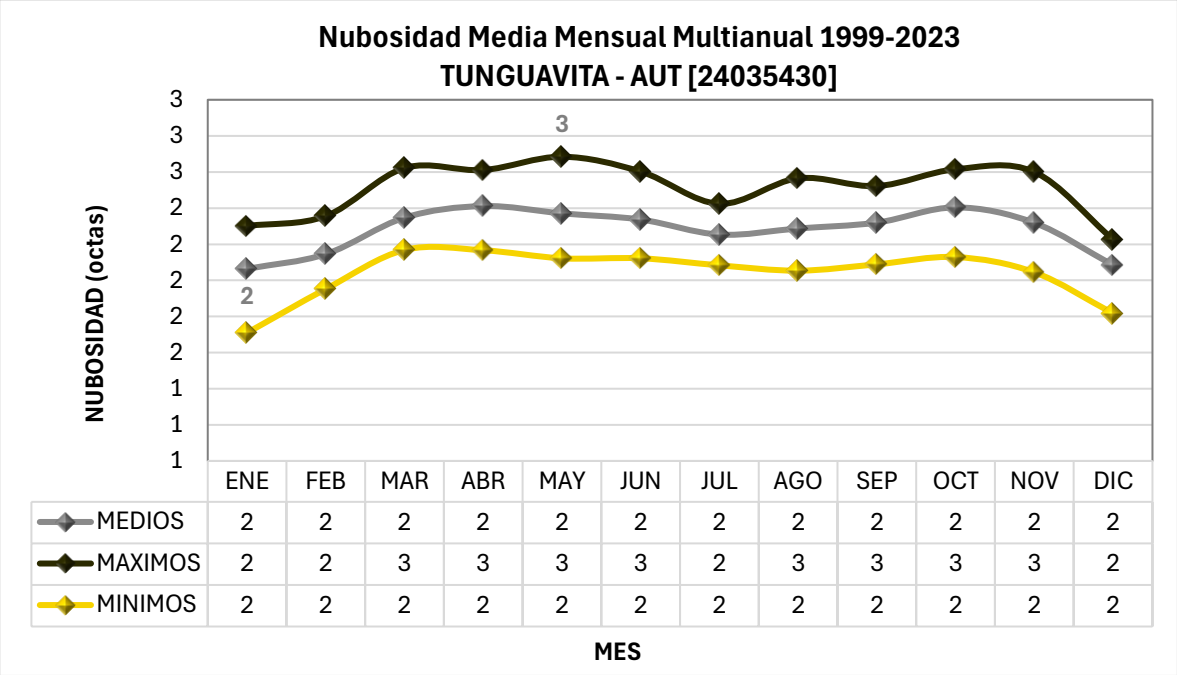
La nubosidad es la proporción de cielo cubierta por nubes y se suele expresar en octavos de cielo cubierto u octas. La clave utilizada para cifrar la nubosidad es la siguiente:

Tabla 4 Representación de la nubosidad.

CIFRA DE LA CLAVE	NUBOSIDAD
1 Cielo despejado	No hay nubes. Una octa o menos, pero sin nubes (1/8 de cielo cubierto) Dos octas (2/8 de cielo cubierto)
2 Cielo parcialmente cubierto	Tres octas (3/8 de cielo cubierto) Cuatro octas (4/8 de cielo cubierto) Cinco octas (5/8 de cielo cubierto) Seis octas (6/8 de cielo cubierto)
3 Cielo cubierto	Siete octas o más, pero el cielo no enteramente cubierto (7/8 de cielo cubierto) Ocho octas (8/8 cielo enteramente cubierto)

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Esquema 7 Nubosidad media mensual multianual



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Teniendo en cuenta la clave de interpretación de nubosidad (en octas), la estación presenta condiciones que oscilan entre 1 y 3 octas, lo que corresponde principalmente a un cielo despejado a parcialmente cubierto. Durante la mayor parte del año, la nubosidad media se mantiene en torno a 2 octas, evidenciando predominio de cielos abiertos con escasa cobertura nubosa. Los meses de marzo a mayo muestran valores de hasta 3 octas, asociados a un cielo parcialmente cubierto por el aumento de humedad y formación de nubes propias del primer periodo lluvioso. En conjunto, la información confirma que se mantiene una atmósfera generalmente estable, con buena radiación solar y baja incidencia de nubosidad densa.

3.2 Régimen de Lluvias

Con el fin de establecer el régimen de lluvias del área de influencia del proyecto, se analizó estadísticamente la información histórica obtenida del IDEAM de la estación mencionada en numerales anteriores.

De esa estación se efectuó la consecución de la siguiente información con un histórico de 57 años, que van desde 1968 hasta el año 2024.

Esta información fue depurada debido a la falta de datos en algunos años.

- Número días mensuales de precipitación.

- Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas (mm).
- Valores totales mensuales de precipitación (mm).

3.2.1 Análisis estadístico valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas

Los valores totales mensuales de precipitación se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5 Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas.

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
1968			18.2	34.7	16.8	18.5	10.7	10.5	43.8	25.9	24.8	3.9	43.8
1969	18.5	17.1	1.6	30.1	17.5	26.5	9.4	9.1	9.7	20.7	14.6	12.5	30.1
1970	13.9	7.5	18.0	24.2	19.0	14.4	20.8	18.6	22.9	40.2	9.4	6.7	40.2
1971	12.2	26.6	28.0	19.0	19.7	4.2	12.4	15.9	11.3	19.2	38.0	10.8	38.0
1972	29.5	22.5	24.1	28.8	21.4	14.1	4.7	13.9	22.2	31.1	14.7	9.8	31.1
1973	0.6	7.0	13.7	36.6	16.7	16.4	23.5	8.5	18.7	22.0	25.2	6.3	36.6
1974	8.9	9.1	27.0	26.7	14.6	11.6	8.3	9.5	27.1	25.2	23.6	6.8	27.1
1975	0.6	24.7	17.8	16.9	36.6	15.8	11.6	22.2	14.7	20.3	24.3	20.7	36.6
1976	4.9	19.0	35.3	25.7	25.0	6.8	8.3	10.7	44.6	24.5	23.5	12.1	44.6
1977	0.0	0.2	69.7	14.3	23.5	21.6	13.1	15.7	23.4	39.8	40.6	7.3	69.7
1978	0.6	27.3	40.5	20.7	25.2	16.4	20.8	5.1	30.9	30.8	16.3	15.8	40.5
1979	4.2	28.5	25.2	32.9	23.0	20.0	13.5	27.2	31.2	34.4	22.0	6.2	34.4
1980	10.0	35.8	9.1	29.0	25.4	33.4	5.3	9.0	19.7	29.2	12.2	26.9	35.8
1981	19.2	12.7	6.1	29.7	35.7	27.7	13.3	21.9	6.1	18.4	16.7	32.8	35.7
1982	14.2	17.7	24.4	20.5	21.9	16.1	12.0	15.1	24.8	44.8	31.4	8.1	44.8
1983	1.9	5.8	30.8	17.3	23.6	39.0	3.6	13.4	4.8	28.4	9.2	8.0	39.0
1984	22.0	21.8	10.4	11.7	11.1	22.8	14.0	36.7	14.9	9.2	24.4	4.3	36.7
1985	2.2	4.5	14.9	23.9	24.5	26.6	21.5	12.7	52.4	15.2	28.0	25.7	52.4
1986	14.4	14.6	31.4	20.9	9.7	26.2	6.7	11.0	21.8	25.0	16.3	0.5	31.4
1987	10.9	11.4	18.4	13.5	30.0	8.7	19.3	14.0	10.0	28.0	24.0	10.6	30.0
1988	21.3	24.9	9.3	22.0	33.4	20.0	11.3	31.1	46.7	25.1	30.5	18.8	46.7
1989	7.9	19.8	15.9	8.0	21.1	15.6	31.2	12.2	19.2	23.3	14.3	13.5	31.2
1990	11.1	11.7	31.8	42.2	19.4	10.8	11.0	8.1	5.4	22.0	16.8	28.6	42.2
1991	5.5	12.2	27.6	16.7	30.7	18.2	9.3	3.9	18.8	19.6	41.8	40.6	41.8
1992	11.0	4.9	10.9	25.2	21.3	10.0	4.9	9.1	16.9	3.5	18.8	14.5	25.2
1993	13.5	14.7	16.5	34.3	26.3	4.8	9.5	14.7	17.2	17.9	35.8	21.7	35.8
1994	6.7	34.3	17.7	34.2	16.6	14.2	10.8	5.0	10.8	41.5	33.6	1.6	41.5
1995	7.1	9.4	26.1	21.4	13.1	30.9	15.0	17.7	17.8	38.2	32.6	27.8	38.2
1996	7.3	8.2	26.6	38.0	22.2	15.6	43.5	24.3	16.0	38.4	24.5	26.0	43.5
1997	17.6	11.3	12.2	23.2	23.3	10.3	6.6	4.5	20.9	20.0	23.8	22.1	23.8
1998	4.9	26.0	22.6	35.6	38.0	15.8	17.6	40.9	25.3	21.6	28.5	0.0	40.9
1999	13.6	25.2	27.9	19.3	20.4	17.3	14.4	24.9	39.9	25.0	31.0	34.1	39.9
2000	4.5	55.4	33.8	20.5	27.1	21.8	18.5	10.7	21.6	28.3	12.2	6.0	55.4
2001	2.4	3.6	17.0	6.2	31.2	36.0	15.8	6.5	12.4	22.6	25.9	6.7	36.0
2002	1.2	10.1	53.1	42.2	27.8	23.3	15.2	13.0	13.9	13.3	28.4	14.2	53.1
2003	12.0	22.0	24.9	27.3	16.4	30.0	10.0	8.9	24.5	33.1	66.6	7.6	66.6
2004	7.3	25.0	13.0	21.7			19.4	14.7	34.7	57.5	27.2	6.2	57.5

AÑO	VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mm)												VR ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2005	30.5	24.2	18.0	64.7	21.2	14.5	14.0	23.2	23.5	47.2		36.0	64.7
2006	32.5	2.4	32.0	32.0	31.0	27.7	10.6	11.8	13.3	34.5	29.7	10.0	34.5
2007	7.5	5.3	24.0	75.6	21.5	18.0	24.5	14.6	27.5	39.4	14.0	19.7	75.6
2008	14.0	5.5	12.7	14.2	18.5	18.2	14.3	21.5	17.6	36.0	24.3	11.0	36.0
2009	20.0	12.0	26.4	22.4	17.2	24.7	4.7	17.7	20.4	13.4	15.8	12.2	26.4
2010	1.5	12.0	8.4	44.2	31.7	18.4	33.0	11.5	26.4	12.3	21.3	26.8	44.2
2011	16.0	44.7	28.5	40.7	17.5	14.5	11.4	23.6	16.9	21.7	17.8	26.6	44.7
2012	27.8	12.0	19.0	43.0	14.4	14.6	13.2	10.2	19.7	32.0	9.0	3.0	43.0
2013	2.8	24.8	20.0	26.0	27.1	6.0	13.6		14.5	13.0	13.4	9.0	27.1
2014	15.4	13.0	27.3	29.6	25.5	9.8	4.2	13.7	70.5	29.3	17.8	25.3	70.5
2015	13.2	14.0	14.3	77.0	7.8	15.0	16.0	15.0	3.2	21.0	21.0	7.7	77.0
2016	4.2	7.5	10.2	48.7	46.5	5.0	13.0	11.0	19.5	29.1	24.0	20.3	48.7
2017	18.2	20.0	27.3	21.5	63.5	32.5	13.6	16.5	19.0	28.5	31.5	12.1	63.5
2018	21.7	2.1	13.2	34.4	42.4	8.0	10.6	5.2	11.5	26.0	29.8	1.2	42.4
2019	6.8	14.0	36.7	23.5	30.0	10.0	7.2	11.5	22.3	34.5	37.5	9.7	37.5
2020	17.4	14.5	17.0	14.5	31.0	11.0	15.5	12.8	16.0	12.8	28.7	16.6	31.0
2021	8.0	9.9	30.2	18.5	19.0	24.3	8.5	19.5	17.5	35.2	17.6	12.8	35.2
2022	7.0	20.6	18.6	14.3	25.5	19.8	14.5	20.4	43.0	33.2	23.5	15.2	43.0
2023	18.4	16.2	22.4	12.4	29.5	12.6	8.9	12.4	26.0	19.4	30.4	9.6	30.4
2024	3.2	5.2	7.3	19.4	21.8	28.4	8.4	10.4	33.0	14.6	74.6	15.6	74.6
MÍNIMOS	0.0	0.2	1.6	6.2	7.8	4.2	3.6	3.9	3.2	3.5	9.0	0.0	0.0
MEDIOS	11.2	16.3	22.2	27.9	24.5	18.1	13.6	14.9	22.4	26.6	25.2	14.5	19.8
MÁXIMOS	32.5	55.4	69.7	77.0	63.5	39.0	43.5	40.9	70.5	57.5	74.6	40.6	77.0

Fuente: IDEAM.

Realizando el análisis estadístico, tanto de las medidas de tendencia central, de dispersión y de forma, se tienen las siguientes tablas y el histograma de frecuencia absoluta y acumulada que describen estadísticamente los valores presentados en la siguiente tabla.

Tabla 6 Análisis estadístico valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas.

VARIABLE	VALOR
No. de años	57
No. Total meses	684
No. Meses registrados	678
Precipitación Máx.	77.0
Precipitación Mín.	0.0
Precipitación Media	19.8
Desviación Estándar	11.6
Mediana	18.2
Rango	77.0
Intervalos	10
Rango de intervalo	8

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

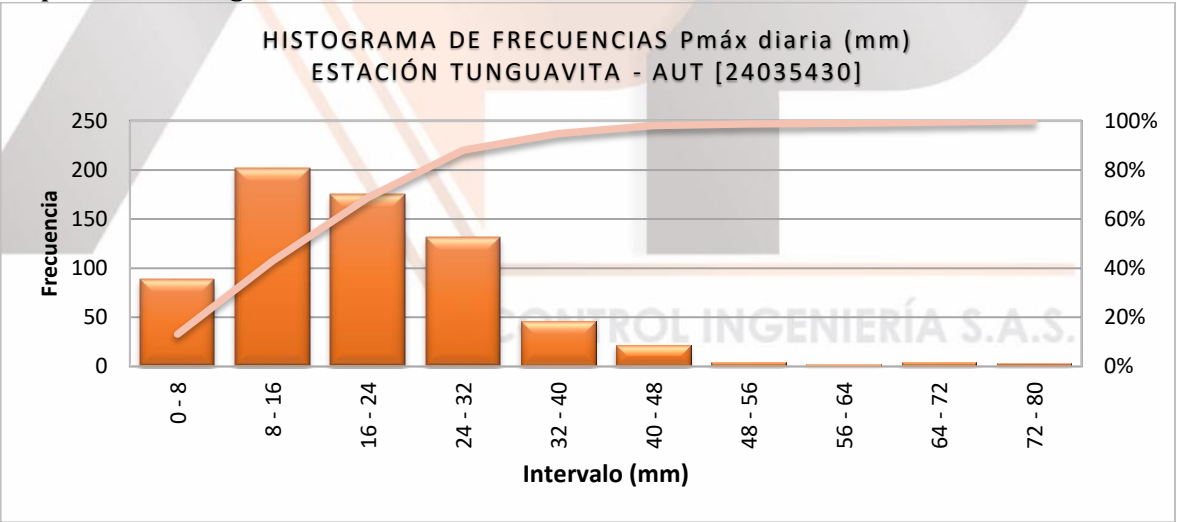
Tabla 7 Cálculo del histograma de frecuencia - valores máximos mensuales en 24 horas.

No.	Intervalo	Límite Máx. Frecuencia		% Frecuencia	Frecuencia Acumulada	% Frecuencia Acumulada
1	0 - 8	8	89	13.1%	89	13.1%
2	8 - 16	16	202	29.8%	291	42.9%
3	16 - 24	24	175	25.8%	466	68.7%
4	24 - 32	32	131	19.3%	597	88.1%
5	32 - 40	40	46	6.8%	643	94.8%
6	40 - 48	48	22	3.2%	665	98.1%
7	48 - 56	56	4	0.6%	669	98.7%
8	56 - 64	64	2	0.3%	671	99.0%
9	64 - 72	72	4	0.6%	675	99.6%
10	72 - 80	80	3	0.4%	678	100.0%

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Como se puede observar los datos presentan una tendencia unimodal en el intervalo de 0 a 15mm. Además, se observa que la tendencia de los datos es a ser sesgados hacia la derecha; de este análisis podemos obtener que las lluvias máximas diarias más recurrentes varían en este rango.

Esquema 8 Histograma de frecuencia valores Pmáx 24h.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

En la siguiente tabla se muestran los promedios mensuales multianuales de los valores máximos de precipitación en 24 horas, expresados en milímetros y como porcentaje respecto al máximo multianual general, incluyendo los valores de desviación estándar (en mm y porcentaje) para cada mes del año.

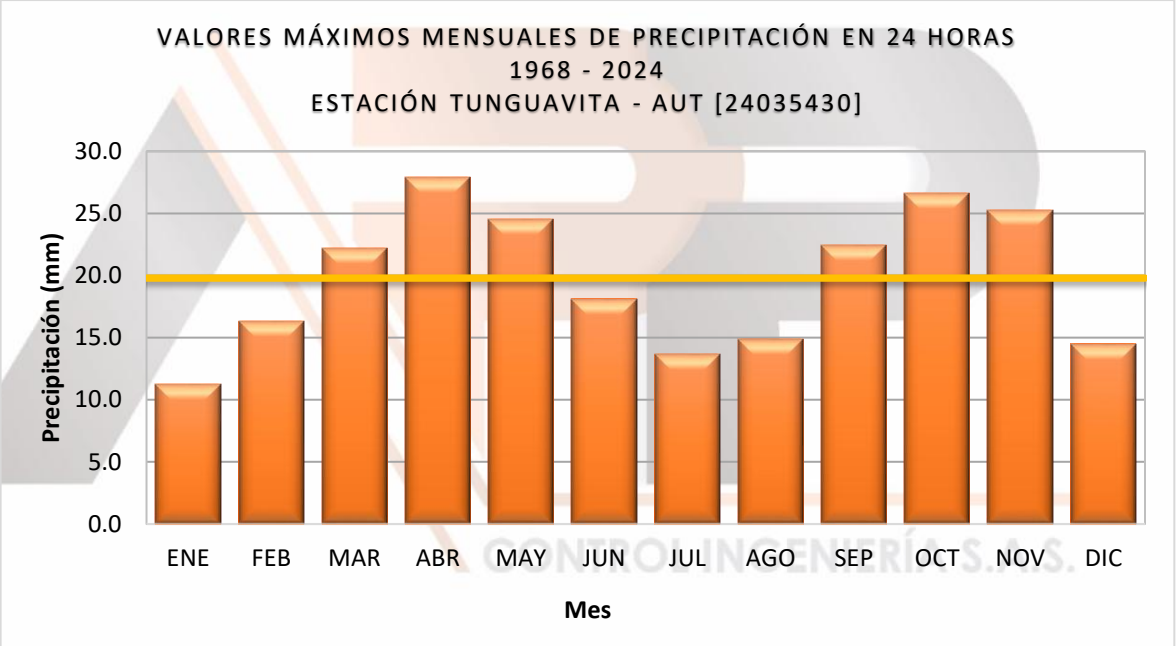
Tabla 8 Valores máximos de precipitación mensual (24h) multianual y desviaciones estándar.

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Pm (mm)	11.2	16.3	22.2	27.9	24.5	18.1	13.6	14.9	22.4	26.6	25.2	14.5	19.8
σ (mm)	8.2	10.7	11.5	14.3	9.4	8.2	7.3	7.6	12.4	10.3	11.9	9.7	11.6
Pm (%)	56.8	82.3	112.1	141.1	123.8	91.5	68.8	75.2	113.3	134.4	127.5	73.2	100.0
Pm: Precipitación media mensual Pmax 24h								σ : Desviación Estándar					

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

En la siguiente gráfica se muestra el histograma de los promedios mensuales multianuales de los valores máximos de precipitación en 24 horas obtenido a partir de la información obtenida del IDEAM.

Esquema 9 Histograma de valores máxima precipitación mensual (24h) multianual.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

La gráfica presenta los valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas registrados en la Estación Tinguavita - AUT [24035430], cubriendo un periodo histórico desde 1968 hasta 2024. El comportamiento de los datos revela una distribución bimodal de las lluvias intensas a lo largo del año.

El punto máximo de precipitación ocurre durante el mes de abril, donde se alcanzan aproximadamente 28.0 mm en un solo día, seguido por un segundo pico significativo en octubre con valores cercanos a los 26.5 mm. Por el contrario, los niveles más bajos de estas lluvias máximas se sitúan en enero y julio, con registros de 11.5 mm y 13.5 mm respectivamente.

3.2.2 Análisis número de días lluviosos multianual mensual

El número de días mensuales de precipitación histórico obtenido del IDEAM es el presentado en la siguiente tabla.

Tabla 9 Histórico de número de días mensuales de precipitación.

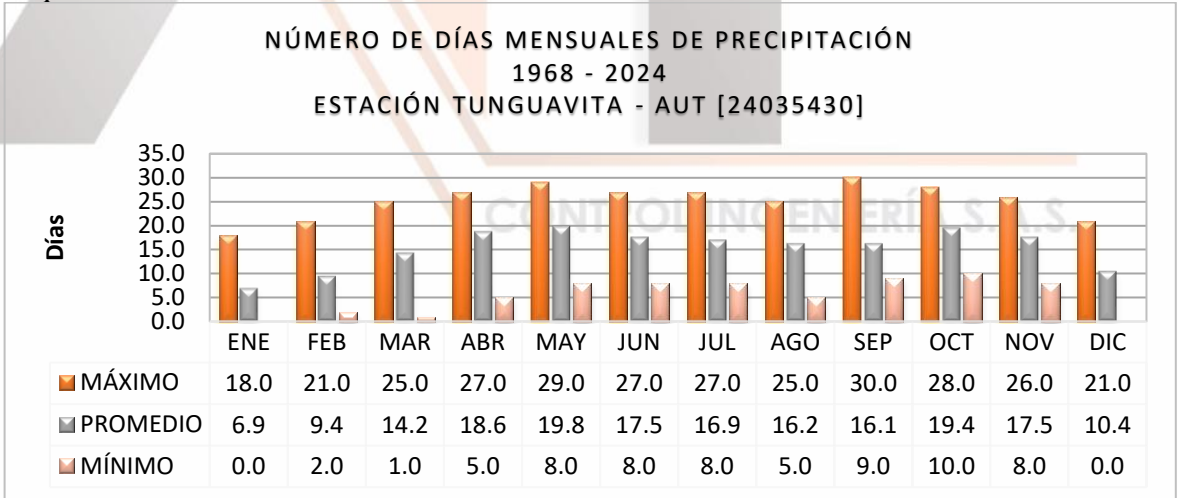
VALORES NÚMERO DE DÍAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
1968			6	24	25	26	20	14	15	19	17	5	171
1969	11	9	1	17	20	21	14	18	17	21	13	9	171
1970	6	12	4	17	23	16	18	20	20	22	17	11	186
1971	16	11	15	18	29	14	14	16	19	21	14	15	202
1972	15	12	14	22	19	15	8	13	10	12	12	9	161
1973	2	2	13	5	13	18	15	19	30	20	19	16	172
1974	8	11	14	18	22	14	16	11	21	22	23	6	186
1975	1	16	15	15	20	15	22	18	18	19	22	17	198
1976	5	8	25	21	19	18	14	13	13	24	15	12	187
1977	0	2	9	14	19	22	15	17	18	23	20	8	167
1978	1	5	16	25	19	25	17	18	20	20	14	13	193
1979	4	8	21	24	18	27	14	20	20	24	21	12	213
1980	7	9	7	17	21	19	15	17	15	15	13	16	171
1981	4	12	9	24	27	24	15	17	19	25	16	8	200
1982	10	21	19	25	26	17	18	15	14	20	20	14	219
1983	4	15	13	24	20	12	20	15	15	17	11	16	182
1984	12	15	11	16	20	17	24	22	24	15	15	7	198
1985	5	3	14	15	16	19	17	16	18	17	16	6	162
1986	9	12	14	26	17	18	12	13	12	28	16	3	180
1987	6	5	10	12	17	11	20	14	11	22	11	7	146
1988	5	11	5	22	16	24	20	25	24	25	24	18	219
1989	7	11	17	8	22	16	13	11	20	22	18	11	176
1990	7	11	19	23	22	8	21	14	10	27	23	7	192
1991	5	6	21	18	22	13	13	17	18	13	20	12	178
1992	6	9	10	20	19	11	18	16	17	10	22	13	171
1993	8	8	14	23	26	15	25	11	18	16	24	7	195
1994	11	16	20	22	27	17	18	21	15	25	18	4	214
1995	3	9	19	17	15	18	19	24	11	18	14	16	183
1996	14	12	16	18	26	25	20	21	17	25	15	11	220
1997	18	10	10	22	17	15	20	8	18	10	20	5	173
1998	2	7	15	21	24	18	23	20	20	15	16	0	181
1999	9	19	16	19	19	18	18	23	21	27	20	12	221
2000	11	7	14	18	20	16	16	17	24	17	14	14	188
2001	8	4	12	7	22	15	18	11	19	16	14	21	167
2002	2	8	19	19	15	15	14	15	14	15	9	11	156
2003	2	7	13	22	19	19	19	12	15	23	20	11	182
2004	8	6	8	19			13	16	17	22	21	11	141
2005	6	8	13	21	21	14	16	14	11	20		10	154
2006	10	6	22	22	19	20	10	15	18	21	16	12	191
2007	7	7	14	17	20	19	18	20	11	24	13	16	186
2008	7	8	11	14	22	17	17	24	16	19	23	10	188
2009	11	15	20	15	11	20	11	14	11	17	10	8	163
2010	1	6	8	20	21	21	27	19	16	23	20	11	193

VALORES NÚMERO DE DÍAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
2011	5	17	22	27	26	14	18	15	15	22	24	18	223
2012	11	10	20	22	19	15	17	18	10	19	10	8	179
2013	2	12	11	12	21	14	15		13	17	21	11	149
2014	6	10	13	15	17	16	13	17	13	22	19	12	173
2015	5	10	15	15	12	18	16	17	11	13	14	5	151
2016	4	6	10	19	17	13	17	15	13	21	22	17	174
2017	9	6	21	17	20	23	19	14	16	11	22	10	188
2018	12	5	15	20	19	17	13	12	15	21	19	1	169
2019	6	7	19	18	22	12	13	14	12	18	14	6	161
2020	5	7	14	11	8	16	22	15	13	14	25	11	161
2021	4	11	17	21	17	22	12	18	15	22	20	13	192
2022	4	12	21	20	19	26	20	18	21	21	26	11	219
2023	15	12	20	21	16	14	18	13	14	17	8	6	174
2024	2	5	6	17	18	19	14	5	9	13	19	5	132
MÍNIMO	0.0	2.0	1.0	5.0	8.0	8.0	8.0	5.0	9.0	10.0	8.0	0.0	0
PROMEDIO	6.9	9.4	14.2	18.6	19.8	17.5	16.9	16.2	16.1	19.4	17.5	10.4	15
MÁXIMO	18.0	21.0	25.0	27.0	29.0	27.0	27.0	25.0	30.0	28.0	26.0	21.0	30

Fuente: IDEAM.

Analizando estos valores y representando estos valores en histograma, se obtiene la siguiente tabla y figura.

Esquema 10 Número de días lluviosos multianual mensual.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Tabla 10 Número de días mensuales de precipitación multianual y desviaciones estándar

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Pm (Días)	6.9	9.4	14.2	18.6	19.8	17.5	16.9	16.2	16.1	19.4	17.5	10.4	15.2
σ (Días)	4.2	4.1	5.2	4.6	4.1	4.2	3.8	3.9	4.2	4.4	4.5	4.5	5.8
Pm (%)	45.0	62.0	93.2	122.1	129.5	114.9	110.7	106.0	105.9	127.4	115.0	68.5	100.0

Pm: Promedio del número de días mensuales de precipitación

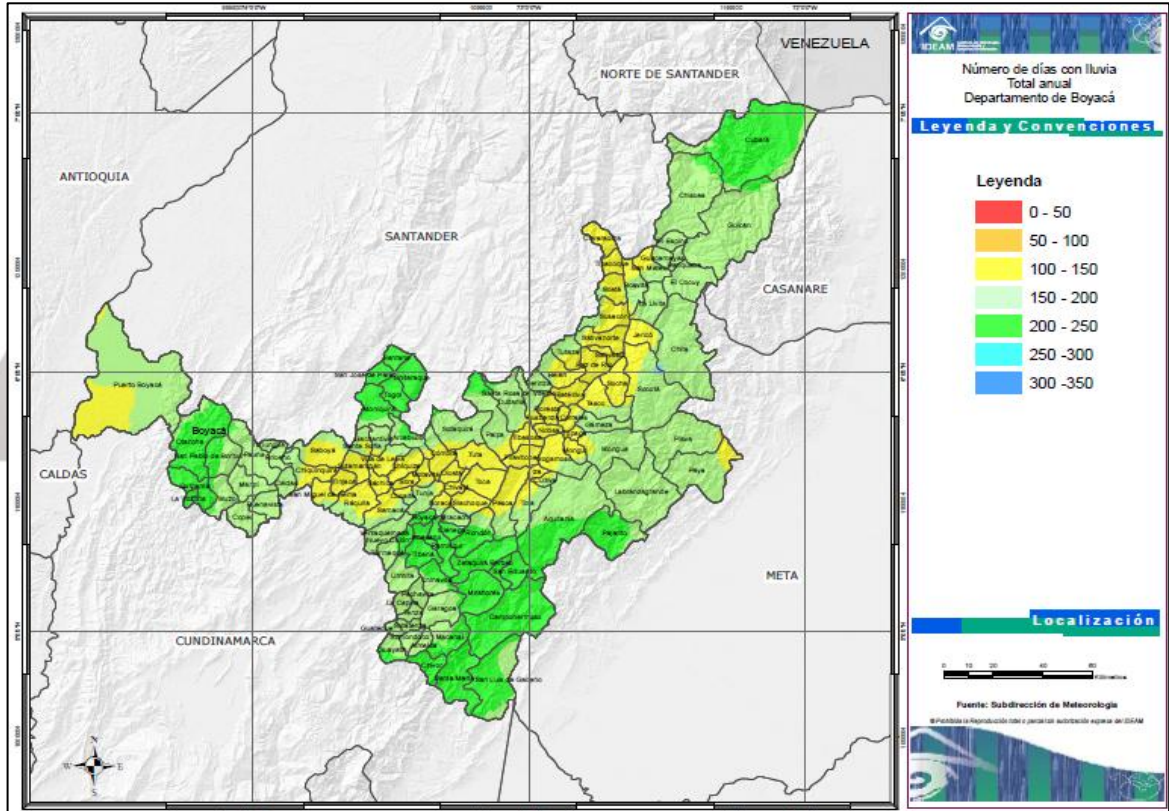
σ : Desviación Estándar

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

La gráfica evidencia un régimen bimodal con dos picos de precipitación: el principal en mayo (19.8 días promedio) y uno secundario en octubre (19.4 días promedio). El periodo de menor actividad es enero, con un promedio mínimo de 6.9 días.

En cuanto a los extremos, septiembre registra la mayor variabilidad histórica alcanzando un máximo de 30 días de lluvia. Los meses de mayo a julio mantienen una base constante de al menos 8 días de precipitación, mientras que enero y diciembre son los únicos meses con potencial de sequía absoluta. Como síntesis del análisis estadístico se puede concluir que estos meses son recomendables para llevar a cabo labores de construcción, debido a que son los meses menos lluviosos; los demás meses presentan una mayor intensidad y frecuencia de lluvias, lo cual podría llegar a entorpecer el normal desarrollo de las labores constructivas.

Esquema 11 Mapa de días con lluvia total anual- Departamento de Boyacá.



Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>

3.2.3 Análisis estadístico valores totales mensuales de precipitación.

La estación que se encuentra ubicada cerca de la zona de estudio genera registros de un total anual promedio de 977.9 mm de precipitación al año.

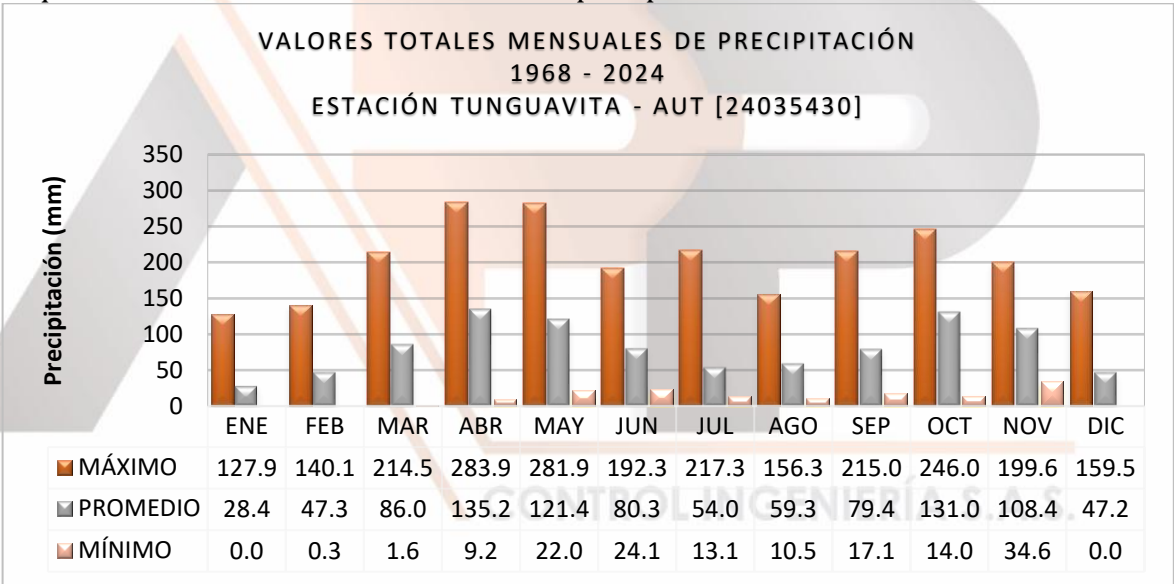
El primer pico de intensidad se localiza en abril, consolidándose como el mes más lluvioso con un promedio de 135.2 mm, seguido de cerca por mayo. El segundo pico

ocurre en octubre, alcanzando los 131.0 mm. Por el contrario, la época de estiaje más marcada se presenta en enero, mes que registra el volumen promedio más bajo con apenas 28.4 mm.

Respecto a los valores extremos, se observa una variabilidad interanual significativa: abril ostenta el máximo histórico con un acumulado de 283.9 mm, lo que duplica su propio promedio. En términos de mínimos, resalta que noviembre posee el "piso" más alto de lluvia (34.6 mm), sugiriendo una humedad residual importante incluso en años secos. Finalmente, la posibilidad de ausencia total de lluvia se restringe exclusivamente a los meses de enero y diciembre, alineándose con los periodos de mayor déficit hídrico de la serie histórica.

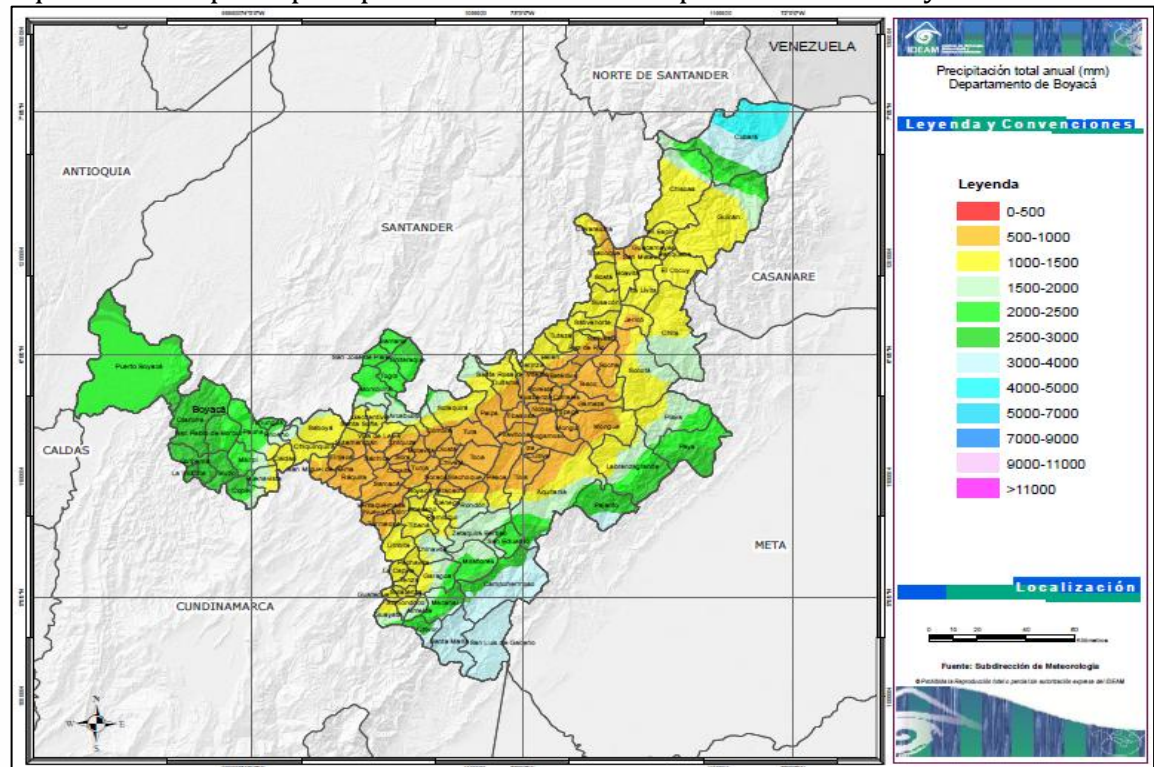
Los valores totales mensuales de precipitación se presentan en la siguiente figura.

Esquema 12 Valores totales mensuales de precipitación.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Esquema 13 Mapa de precipitación total anual- Departamento de Boyacá.



Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>

3.3 Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia – IDF

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con períodos de retorno específicos.

3.3.1 Cálculo de curvas IDF

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos.

3.3.2 Método distribución de probabilidad de Gumbel

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, mediante el manejo de información hidrometeorológica elaboró las Curvas IDF con los datos obtenidos de la estación TUNGUAVITA del departamento de Boyacá.

El cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia IDF, se llevó a cabo por el IDEAM empleando la función de distribución de probabilidad de Gumbel aplicada para el ajuste de la información pluviográfica de la estación, para estimar los parámetros de la ecuación y las unidades.

El modelo de ecuación generalizada para calcular la intensidad, en función de las constantes y la duración requerida está dada por:

$$i_T = \frac{K \cdot T^m}{(d + d_0)^n}$$

Donde:

I: Intensidad máxima para el período de retorno (mm/h).

K: Constante de la estación = 1922.684

T: Período de retorno (años).

m: Constante de la estación = 0.2083

D: Duración (minutos).

do: Constante de la estación = 19.70

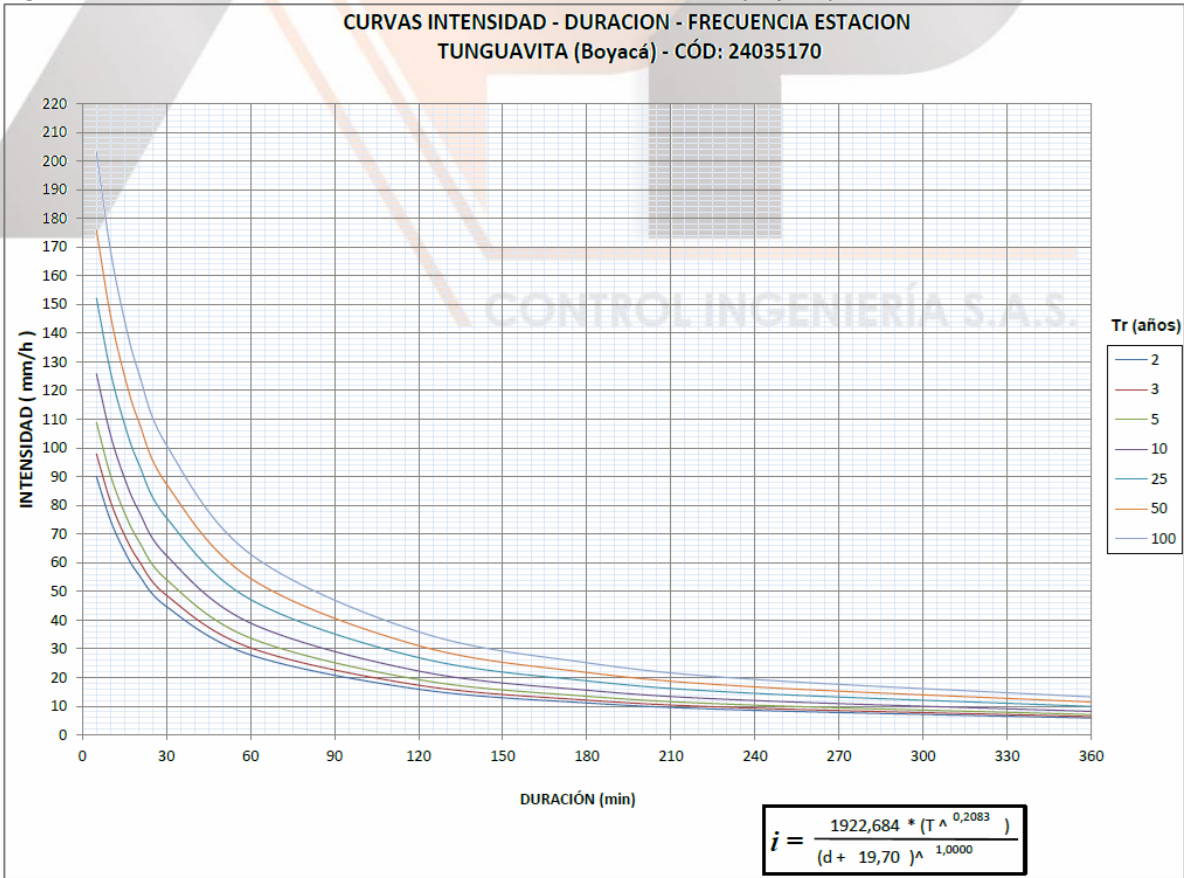
n: Constante de la estación = 1.000

Tabla 11. Tabla de Aplicación. Evaluación Ecuación Intensidad- Duración Frecuencia.

TABLA DE APLICACIÓN Evaluación Ecuación Intensidad-Duración-Frecuencia							
DURACIÓN (minutos)	PERIODOS DE RETORNO (años)						
	2	3	5	10	25	50	100
5	89,9	97,9	108,9	125,8	152,2	175,9	203,2
10	74,8	81,4	90,5	104,6	126,6	146,3	169,0
15	64,0	69,7	77,5	89,5	108,4	125,2	144,6
20	56,0	60,9	67,7	78,2	94,7	109,4	126,4
30	44,7	48,6	54,1	62,5	75,7	87,4	101,0
60	27,9	30,3	33,7	39,0	47,2	54,5	63,0
120	15,9	17,3	19,2	22,2	26,9	31,1	35,9
180	11,1	12,1	13,5	15,6	18,8	21,8	25,1
240	8,6	9,3	10,4	12,0	14,5	16,7	19,3
360	5,9	6,4	7,1	8,2	9,9	11,4	13,2

Fuente: IDEAM.

Figura 1. Curvas IDF del IDEAM– Estación GUAYATA LA GRANJA (Boyacá) - CÓD: 35070110.



Fuente: IDEAM.

4. DRENAJE VIAL SUPERFICIAL

Para el tramo vial en estudio se debe garantizar un bombeo con pendiente mínima del 2%, que permita la recolección y evacuación de las aguas de escorrentía superficial hasta su descarga a los sumideros. En este proyecto se utilizarán condiciones de bombeo adecuadas para garantizar un óptimo drenaje y estabilidad de la vía. De acuerdo con lo anterior, se realiza la modelación de la sección transversal tipo teniendo en cuenta las características descritas a continuación.

4.1 Método seleccionado para la estimación de caudales

Se recomienda utilizar el método racional para estimar el caudal de diseño para las obras de drenaje debido a que el área aferente presenta una cuenca menor a 2.5 Km², y es uno de los métodos de mayor aplicación para el cálculo de caudales extremos en áreas pequeñas como el del caso en estudio. Este método permite calcular los caudales máximos para diferentes períodos de retorno, mediante un método matemático que utiliza las características hidrológicas y morfométricas de cada cuenca, relaciona los caudales de las cuencas en un punto dado con la precipitación máxima que cae sobre la cuenca. El método racional propone la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Método racional

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Donde:

- Q = Caudal máximo, (m³/s)
- C = Coeficiente de escorrentía
- i = Intensidad de la lluvia, (mm/h)
- A = Área de Drenaje, (km²)

4.1.1 Parámetros Generales de Cálculo

A continuación, se definen los criterios generales que permitirán el análisis y estimación de los caudales, acorde a la metodología ya descrita en el subtítulo anterior.

4.1.1.1 Uso del suelo

El uso de suelo del área de influencia del proyecto tiene características urbanas, con zonas duras con poca permeabilidad, como es el caso de tejados y pavimentos, también se considerarán las zonas verdes existentes y proyectadas. Las características del uso

del suelo son fundamentales para determinar la rugosidad y coeficientes de escorrentía a tener en cuenta en los cálculos hidráulicos en la estimación de caudales y dimensionamiento de obras de drenaje.

4.1.1.2 Coeficientes de escorrentía

El coeficiente de escorrentía, C , es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre uso del suelo. El valor del coeficiente C debe ser estimado tanto para la situación inicial como la futura, al final del período de diseño.

Para áreas de drenaje que incluyan subáreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

Tabla 12 Coeficientes de impermeabilidad

TIPO DE SUPERFICIE	C
Cubiertas	0.90
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0.90
Vías adoquinadas	0.85
Zonas comerciales o industriales	0.90
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0.75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0.60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0.45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0.30
Laderas sin vegetación	0.60
Laderas con vegetación	0.30
Parques recreacionales	0.30

Fuente: Manuales de buenas prácticas de ingeniería. RAS 2016. TÍTULO D.

Para este proyecto se toman valores correspondientes a zona residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras.

4.1.1.3 Períodos de retorno recomendados según tipo de obra

Este proyecto contempla la evaluación hidráulica de la corona vial, la cual cumplirá la función de canal hasta entregar sus aguas hasta los sumideros. En función del tipo de obra y de su importancia, los respectivos períodos de retorno adoptados para determinar los caudales de diseño son los mostrados en la siguiente tabla. Para este proyecto se adoptó el período de retorno de 5 años.

Tabla 13 Períodos de retorno según tipo de obra

TIPO DE OBRA	Período de Retorno (Años)
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0.9 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.9 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Fuente: INVIAS, Manual para el drenaje de carreteras, pág. 2 – 31.

4.1.1.4 Tiempo de concentración

Se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la hoya contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de la misma¹. Debido a que el tiempo de concentración es inversamente proporcional a la intensidad de lluvias, se recomienda desde el punto de vista de seguridad utilizar el método de Kirpich, con el cual se obtienen menores tiempos de concentración.

La ecuación de Kirpich es:

Ecuación 2. Tiempo de concentración, ecuación Kirpich

$$T_c = 0.06628 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

Fuente: INVIAS, Manual para el drenaje de carreteras, pág. 2 – 2.

Donde: T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metros por metro (m/m).

Para las obras de drenaje, debido a que su tiempo T_c da menor a 15 minutos se tomará como mínimo un tiempo de concentración igual a 15 min, con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una hoya y no sobreestimar la

¹ INVIAS, Manual para el drenaje de carreteras, pág. 2 – 2.

intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores a este tiempo de concentración.

4.1.1.5 Intensidad de precipitación

Teniendo en cuenta el tipo de obra, período de retorno y tiempo de concentración se calcula la intensidad de precipitación con base a las curvas IDF halladas para el área de influencia del proyecto. Debido a que el área de estudio es relativamente pequeña (menor a 50 ha), no se considerarán reducciones a causa del efecto de variabilidad de la precipitación. Se utilizarán los valores puntuales representativos obtenidos directamente de las curvas IDF. La intensidad para este proyecto, con un T_c de 15 minutos y un T_r de 5 años, es de 77.5 mm/h.

4.1.1.6 Área aferente

De acuerdo con la topografía del terreno y la pendiente de la vía se estima el área de drenaje tributaria correspondiente a las zonas que tienen influencia hidrológica, especialmente al área determinada por el ancho de la calzada de la vía y la zona residencial o zonas verdes aledañas. Las obras de drenaje se ubican de acuerdo con el perfil de diseño geométrico vial y la existencia o proyección de pozos de conexión a las redes de alcantarillado pluvial o combinado.

4.2 Diseño Hidráulico Sección Transversal Vial

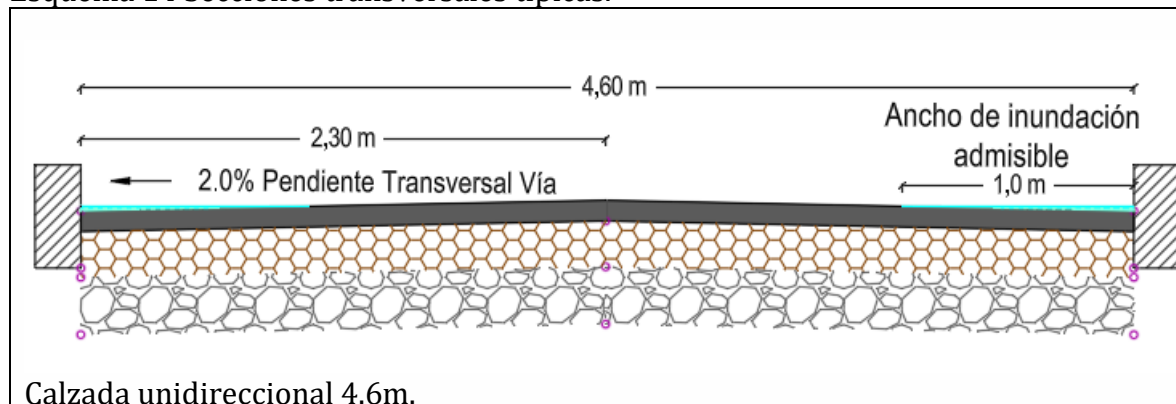
Se proponen la sección transversal tipo para el tramo en estudio, analizando la sección crítica, en los siguientes numerales se muestra su metodología, cálculos y resultados.

4.2.1 Especificaciones sección vial

Las cunetas son las depresiones en los extremos de las vías, calles o calzadas que recogen la escorrentía pluvial que drena a éstas. Para el caso del tramo en estudio partimos de la hipótesis de que las vías cuentan como mínimo con un bombeo del 2%, y la calzada o carril en conjunto con el bordillo funcionará como un canal hidráulico que transportará las aguas hasta los sumideros. Esta cuneta cumple con la pendiente máxima recomendable por el Manual de Drenaje para Carreteras 2009 del INVIAS en su numeral “4.2.3 Tipos de sección y seguridad vial”.

De acuerdo con las características y condiciones de las vías, se consideran las siguientes secciones tipo para cada tramo.

Esquema 14 Secciones transversales típicas.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

El cálculo hidráulico se realiza suponiendo que la zona inundable es una parte de la calzada. Los anchos de inundación admisibles son los establecidos en la siguiente tabla.

Tabla 14 Ancho de Inundación admisible según clasificación de la vía.

Ancho de la vía (m)	Ancho de inundación admisible (m)
< 6	2.0
≥ 6 y < 7	3.0
≥ 7 y < 9	3.5
≥ 9	4.0

****Nota:** Si el bombeo es a los dos costados de la vía el ancho de inundación admisible deberá dividirse en dos (2).

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Resolución 0330 de 2017 Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS.

4.2.2 Estimación caudal de diseño

Teniendo presente que el caudal estará compuesto por las aguas escorrentías provenientes de la calzada y la cubierta de las viviendas, se plantean las siguientes hipótesis y parámetros.

- Ancho carril: 2.3m
- Ancho zona residencial: 10m

Tomando de referencia los coeficientes de escorrentía del método racional:

- Superficies en concreto: $C = 0.90$
- Residencial, con predominio de zonas duras: $C = 0.75$

Realizando el ponderado por áreas y aplicando la metodología racional se obtienen los siguientes caudales.

Tabla 15 Estimación de caudales máximos cunetas y/o Sección vial más bordillo.

LONGITUD (m)	ANCHO CARRIL (m)	ANCHO MÁXIMO ZONA RESIDENCIA L/LADERA (m)	Coef. C CALZADA	Coef. C ZONA RESIDENCIAL	ÁREA (ha)	Coef. C	Tc (min)	Período retorno TR (años)	Intensidad, I (mm/h)	Caudal Q (l/s)
50	2.30	10	0.9	0.75	0.06	0.78	15	5	77.50	10.30
100	2.30	10	0.9	0.75	0.12	0.78	15	5	77.50	20.60
150	2.30	10	0.9	0.75	0.18	0.78	15	5	77.50	30.90

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S

Las anteriores serán las distancias por considerar como longitudes máximas de la vía para la proyección de sumideros

4.2.3 Parámetros del cálculo hidráulico de la sección

La capacidad de una cuneta depende de su forma, pendiente y rugosidad. En este caso, la sección vial en conjunto con el bordillo es de geometría triangular; por tanto, puede modelarse como un canal abierto de sección triangular y su capacidad hidráulica puede estimarse con la fórmula de Manning de flujo uniforme. Ésta ha sido usualmente representada mediante el nomograma de Izzard representado en la siguiente ecuación.

Ecuación 3. Caudal de la cuneta - Izzard

$$Q = 0.375 \cdot Y_0^{\frac{8}{3}} \cdot (Z/n) \cdot S_0^{1/2}$$

Fuente: RAS 2.000.

Donde: Q = caudal (m³/s)

Y₀ = mayor profundidad de flujo (m)

Z = pendiente transversal

S₀ = pendiente longitudinal

n = coeficiente de rugosidad de Manning

En la siguiente tabla se presentan algunos de los valores adoptados del coeficiente de Manning para las superficies más típicas.

Tabla 16 Coeficientes de escorrentía, según tipos de vía.

TIPO DE SUPERFICIE	
Cuneta de concreto con un buen acabado	0.012
Pavimento asfáltico	-Textura lisa = 0.013
	-Textura áspera = 0.016
Cuneta de concreto con pavimento asfáltico	-Textura lisa = 0.013
	-Textura áspera = 0.015
Cuneta de concreto con pavimento asfáltico	-Acabado con plancha = 0.014
	-Acabado manual fino = 0.016
	-Acabado manual áspero = 0.020

Fuente: RAS 2.000.

Para este estudio el valor del coeficiente de Manning “n” adoptado corresponde al de una cuneta de pavimento asfáltico, dando un coeficiente de rugosidad de 0.014.

Se calculó el caudal de escurrimiento por el método racional debido a los tamaños de áreas tributarias. La intensidad de lluvia correspondiente a tiempo de concentración de 15 minutos (Tc mínimo recomendado para este tipo de estudios) y período de retorno de 5 años de las curvas IDF de la estación IDEAM seleccionada como representativa para la zona del proyecto.

Para el análisis hidráulico de las cunetas, se adoptó como criterio el que su capacidad fuera suficiente para evacuar los caudales aportados por la vía y por las zonas aledañas que drenan hacia ella, para una lluvia con un período de retorno de 5 años.

Los parámetros de diseño considerados son:

Tabla 17 Parámetros de diseño cuneta vial.

ÍTEM	TRAMO VIAL
Período de retorno	5 años
Tiempo de concentración inicial	15 minutos
Pendiente longitudinal crítica máx.	3.5%
Pendiente longitudinal crítica mín.	2.6%
Pendiente transversal vía	2%
Pendiente transversal cuneta	2%
Material	Concreto
Coeficiente de Manning	0.014

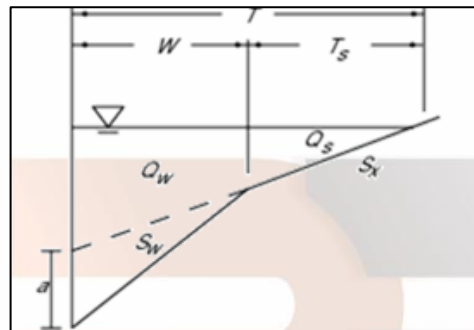
Fuente: El Estudio.

Estos parámetros de diseño como el período de retorno, el tiempo de concentración inicial, el coeficiente de escorrentía y las curvas IDF se describieron en los numerales

anteriores. Los parámetros como la pendiente longitudinal son obtenidos directamente de la topografía de la zona.

Según estos parámetros, la cuneta se modeló para las condiciones más críticas de caudal y pendiente. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de cero puntos tres por ciento (0.3%) como pendiente mínima deseable según el INVIA². La sección de la cuneta establecida corresponde al siguiente esquema:

Esquema 15 Hidráulica Cuneta.



Fuente: Bases teóricas Software Bentley FlowMaster, Bentley Systems, Incorporated.

Donde:

Sx: Pendiente transversal de la vía.

Sw: Pendiente transversal de la cuneta.

W: Ancho de la cuneta.

Ts: Ancho de vía inundada.

T: Ancho libre.

a: Depresión de la cuneta según la proyección del carril.

Qw: Caudal sobre la cuneta.

Qs: Caudal desbordado a la vía.

Los datos de partida son:

Sx: Pendiente transversal de la vía.

Sw: Pendiente transversal de la cuneta.

W: Ancho de la cuneta.

² INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Op. cit., p. 127.

5. MODELACIÓN HIDRÁULICA

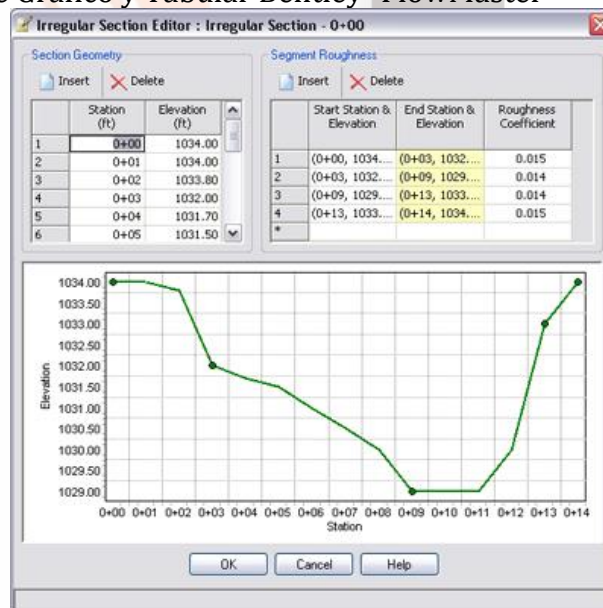
5.1 Presentación del software de diseño

El software empleado para la modelación hidráulica de la sección vial es el programa Bentley FlowMaster; programa muy potente e ideal para este tipo de cálculos. FlowMaster es un paquete computacional de la empresa Bentley Systems, Incorporated; sirve para realizar rápidamente cálculos hidráulicos para docenas de tipos de elementos, desde tuberías, canales abiertos y hasta para sumideros y presas.

5.1.1 Hidráulica de canales abiertos – Bentley FlowMaster

Diseño y análisis de canales, diques, y tuberías a superficie libre de cualquier forma incluyendo box, circular, elíptica, parabólica y canales irregulares. Bajo flujo uniforme encuentra el caudal, la profundidad normal, las dimensiones del canal, la pendiente, o la rugosidad, y compara los resultados utilizando diferentes métodos de fricción. Lleva a cabo cálculos de flujo gradualmente variado de cualquier elemento a superficie libre, generar vistas de perfil de los resultados obtenidos, y también permite ver los cálculos en forma de tabla.

Esquema 16 Reporte Gráfico y Tabular Bentley- FlowMaster



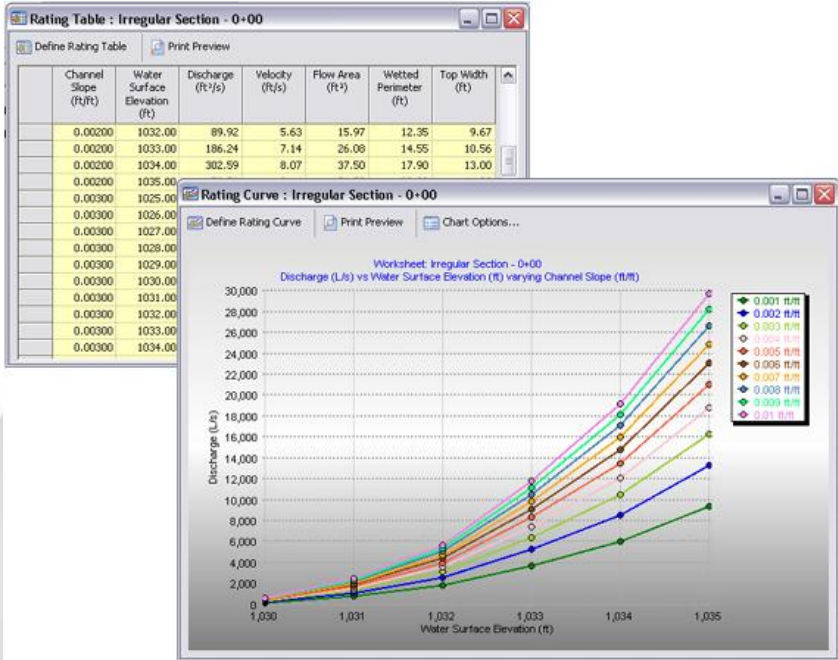
Fuente: Bentley Systems, Incorporated.

5.1.2 Gráfica e informes – Bentley FlowMaster

Utilizando las capacidades de elaboración de informes de FlowMaster, se puede crear rápidamente informes de resumen o un registro completo de su análisis y diseño. Tiene

la facilidad de generar informes tabulares personalizados, gráficos, diagramas de corte transversal, curvas de rendimiento, y las tablas de calificación para apoyar la toma de decisiones más inteligentes.

Esquema 17 Informes Gráficos y Tabulares Personalizados - FlowMaster



Fuente: Bentley Systems, Incorporated.

5.1.3 Cálculo hidráulico de la sección vial

El cálculo hidráulico de la sección vial se realizará considerando el ancho máximo de inundación admisibles establecido.

Realizando la modelación en el programa Bentley FlowMaster 08.11.00.03 de la empresa Bentley System, Inc. se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 18 Cálculos hidráulicos sección vial. Pendiente mín.

ÍTEM	TRAMO VIAL
Pendiente longitudinal crítica mín.	2.6%
Caudal (L/s) mín.	6.40
Ancho cuneta (m)	2.3
Pendiente cuneta (%)	2.0
Pendiente transversal vía (%)	2.0
Ancho libre (m)	1.0
Manning, n	0.014
Área mojada (m ²)	0.01
Profundidad hidráulica (m)	0.02
Depresión de la cuneta (m)	0.00
Velocidad (m/s).	0.64

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Tabla 19 Cálculos hidráulicos sección vial. Pendiente máx.

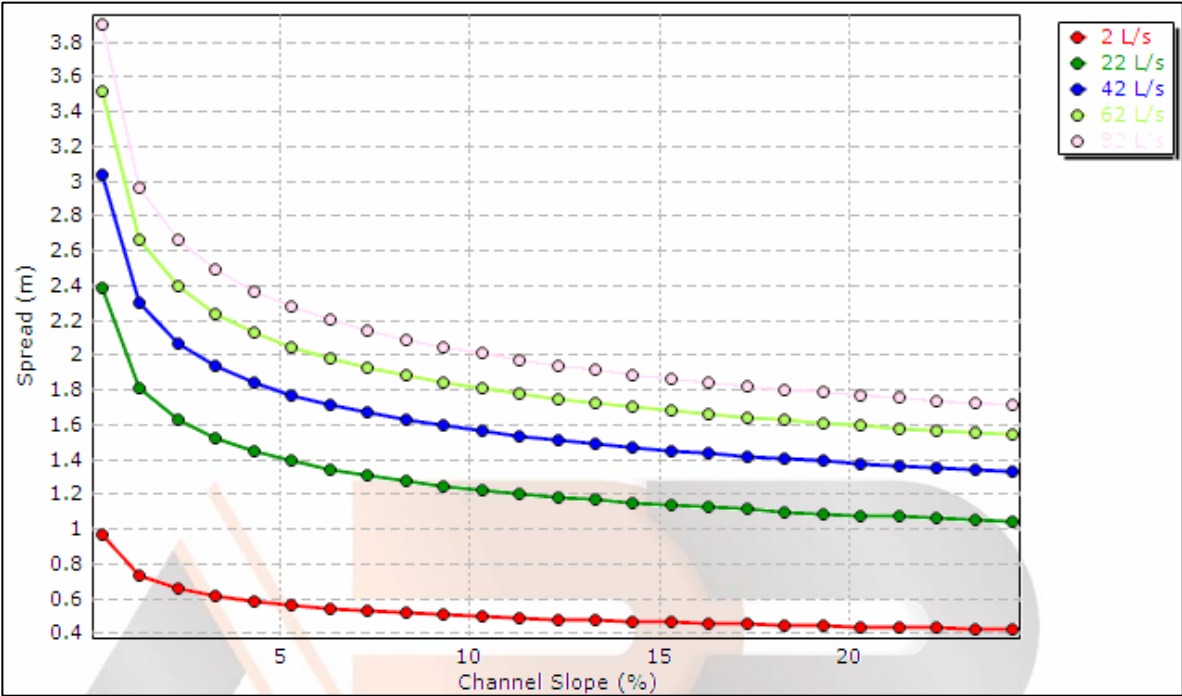
ÍTEM	TRAMO VIAL
Pendiente longitudinal crítica máx.	3.5%
Caudal (L/s) máx.	7.42
Ancho cuneta (m)	2.3
Pendiente cuneta (%)	2.0
Pendiente transversal vía (%)	2.0
Ancho libre (m)	1.0
Manning, n	0.014
Área mojada (m ²)	0.01
Profundidad hidráulica (m)	0.02
Depresión de la cuneta (m)	0.00
Velocidad (m/s).	0.74

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Se recomienda limpiar periódicamente las cuentas o sección vial implementadas en zonas planas (<1%), para evitar la acumulación de sedimentos, y proyectar pendientes longitudinales entre drenajes de mínimo 0.5% para asegurar un adecuado drenaje de las vías.

El comportamiento del ancho libre de la cuneta con una variación de la pendiente longitudinal y variación de caudal, son los siguientes:

Esquema 18 Variación del ancho libre de la cuneta vs la pendiente longitudinal

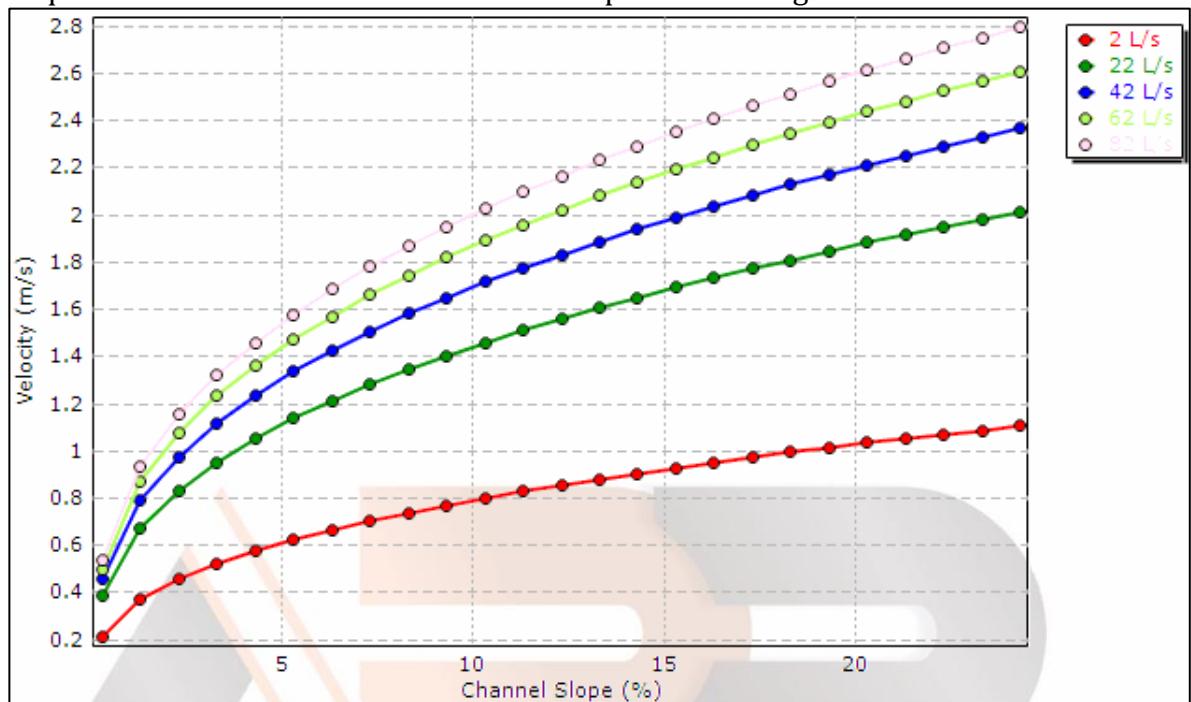


Spread (m): Ancho libre

Channel Slope (%): Pendiente longitudinal (%)

Revisados los caudales de los diferentes tramos, se pudo establecer que estas cumplen la capacidad hidráulica, más aún, teniendo en cuenta que las características del corredor en estudio. El comportamiento de la velocidad con una variación de la pendiente longitudinal y una variación de caudales es la siguiente:

Esquema 19 Variación de la velocidad vs la pendiente longitudinal.



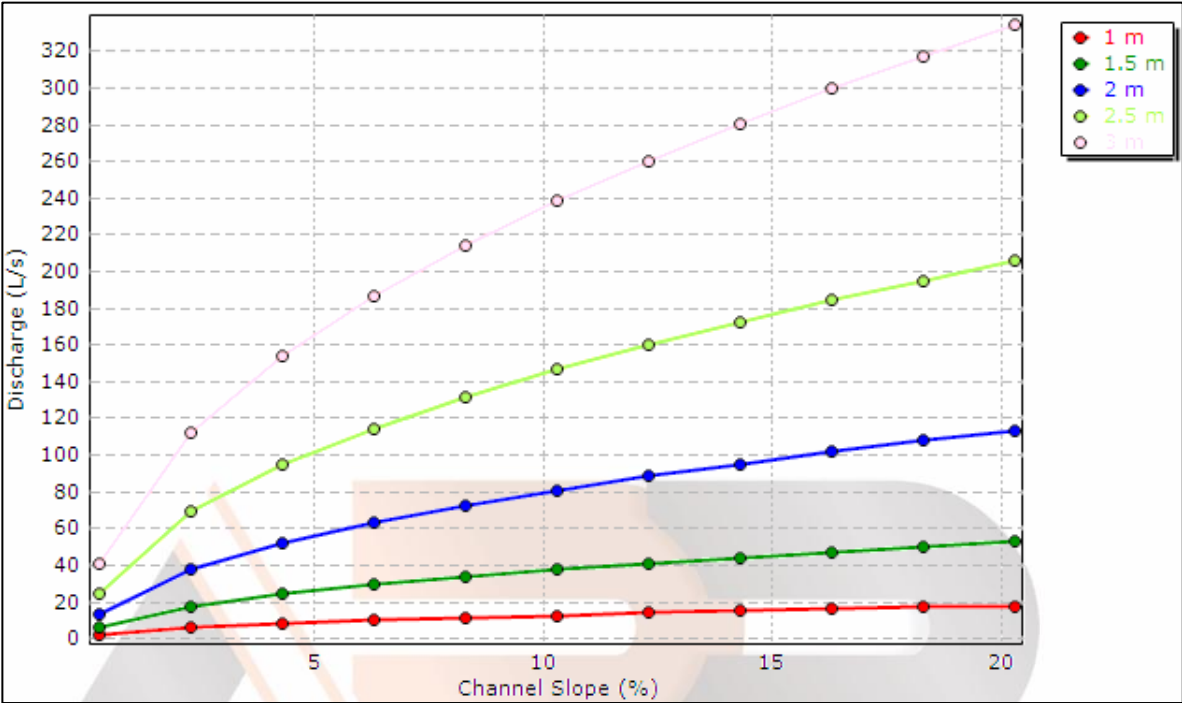
Velocity (m/s): Velocidad (m/s) Channel Slope (%): Pendiente longitudinal (%)

De la anterior figura, velocidades contra pendiente, se deduce que las velocidades están por debajo del valor máximo que define el Artículo 152 de la Resolución número 0330 de 2017³.

El comportamiento de la capacidad de descarga de las cunetas variando la pendiente longitudinal y el ancho libre, es el siguiente:

³ Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Resolución número 0330 de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009. Artículo 152.

Esquema 20 Variación de la capacidad de descarga vs la pendiente longitudinal.



Discharge (L/s): Discharge (L/s) Channel Slope (%): Pendiente longitudinal (%)

Una vez definidas las características de la vía en el sector, se debe adecuar la sección vial para entregar las aguas a los sumideros proyectados en cada costado de la vía para recoger las aguas de escorrentía superficial de la cuneta.

5.1.4 Planteamiento de drenaje

En los planos anexos del proyecto se pueden observar de forma clara los anteriores análisis, con las obras propuestas, los cuales corresponden a sumideros laterales, los cuales son evaluados en los siguientes numerales de este documento.

5.2 Cálculo Hidráulico de Sumideros

Son estructuras para la captación de la escorrentía superficial, que pueden ser diseñadas en forma lateral o transversal al sentido del flujo, y se localizan en las vías vehiculares o peatonales del proyecto. Los sumideros son las estructuras diseñadas para recolectar la escorrentía que drena a través de las calles. Estas estructuras deben ser convenientemente ubicadas y dimensionadas. Los sumideros tienen cajas o cámaras, las cuales están conectadas a la red de alcantarillado.

5.2.1 Requisitos de diseño de sumideros.⁴

Deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Deben ubicarse antes de los cruces de vías, antes de las zonas de tránsito de peatones, en la reducción de la pendiente longitudinal de la vía en el sentido de la escorrentía, en puntos bajos y depresiones.
2. Se deben justificar los métodos utilizados en el análisis del comportamiento hidráulico de los sumideros. Los anchos de inundación admisibles deben ser los establecidos en la siguiente tabla.

Tabla 20 Ancho de Inundación admisible según Clasificación de la vía.

Ancho de la vía (m)	Ancho de inundación admisible (m)
< 6	2.0
≥ 6 y < 7	3.0
≥ 7 y < 9	3.5
≥ 9	4.0
**Nota: Si el bombeo es a los dos costados de la vía el ancho de inundación admisible deberá dividirse en dos (2).	

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Resolución 0330 de 2017 Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS.

3. Debe verificarse que la capacidad de recolección de la escorrentía de los sumideros aportantes a un colector sea consistente con la capacidad de evacuación de este.
4. Los sumideros conectados a pozos de inspección para alcantarillados de tipo combinado, deben tener elementos para evitar la salida de gases que causan malos olores.
5. La tubería de conexión del sumidero debe tener un diámetro interno real mínimo de 215 mm, pendiente mínima de 2,0% y no debe tener una longitud mayor de 15 m.

5.2.2 Capacidad de captación de los sumideros

La capacidad de captación de un sumidero es la cantidad de caudal que es interceptado por éste. Los caudales que no son interceptados se conocen como caudal desviado, el cual se relaciona con el caudal captado de acuerdo con la siguiente ecuación:

⁴ Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Resolución 0330 de 2017 – Reglamento Técnico – RAS.

Ecuación 4. Capacidad de captación de los sumideros

$$Q_b = Q_n - Q_i$$

Donde:

Q_b = Caudal desviado (m^3/s).

Q_n = Caudal total sobre la cuneta (m^3/s).

Q_i = Capacidad de intercepción del sumidero (m^3/s).

La capacidad de captación de un sumidero es función de la pendiente transversal de la cuneta, la rugosidad del pavimento, la pendiente longitudinal de la cuneta, el caudal total en la cuneta y la geometría del sumidero. Por otro lado, la eficiencia del sumidero es función de los mismos factores y a la vez de su capacidad de captación. Las características anteriores deben calcularse empíricamente, en caso de que no sean suministradas por el fabricante del sumidero.

La profundidad de flujo en la sección transversal de la cuneta es función de sus características geométricas y en particular del caudal sobre la misma, tal como se establece en la ecuación⁵ mostrada a continuación:

Ecuación 5. Profundidad de flujo en la sección transversal de la cuneta

$$y = (nQ)^{3/8} \left(\frac{2S_x}{S^{3/10}} \right)^{5/8} \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{1}{S_x} \right)^2} \right)^{1/4}$$

Donde:

y = Profundidad del agua en la orilla de la sección transversal de la cuneta (m).

Q = Caudal de agua en la cuneta (m^3/s).

n = Coeficiente de rugosidad de Manning ($s/m^{1/3}$).

S_x = Pendiente transversal de la sección de flujo (m/m).

S = Pendiente longitudinal de la sección de flujo (m/m).

⁵ Marbello, R.; Cárdenas, M. 2011. Precisión y corrección a la ecuación de diseño de cunetas triangulares urbanas de aguas lluvias, establecida en normas de diseño colombianas. XIX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología.

A su vez, el ancho superficial del flujo en la cuneta (T) está relacionado con la profundidad de flujo en la siguiente forma en la ecuación:

Ecuación 6. Ancho de la superficie libre en la sección

$$T = \frac{y}{S_x}$$

donde:

T = Ancho de la superficie libre en la sección (m).

y = Profundidad del agua en la orilla de la sección transversal de la cuneta (m).

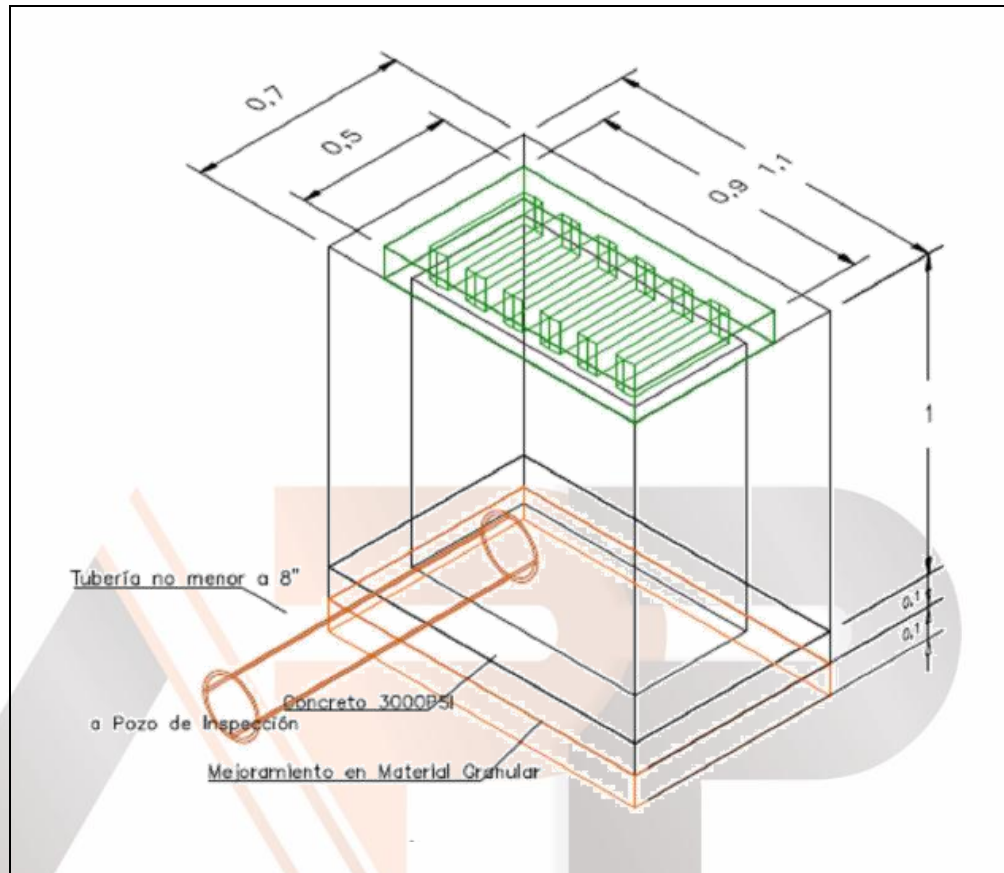
Sx = Pendiente transversal de la sección de flujo (m/m).

5.2.3 Tipología y cálculo de los sumideros proyectados

Con base a los caudales de diseño determinados para las áreas (talud y/o tejado y ancho de carril) de drenaje y de los parámetros de la resolución RAS R330/17, se llevó a cabo el cálculo hidráulico de los sumideros, teniendo en cuenta la configuración de las pendientes de las vías de influencia del proyecto. Para este proyecto se modelan dos tipos de sumideros:

Se realiza la modelación con un sumidero lateral de rejilla de 0.5x0.90 m, el cual es adecuado para el ancho de la calzada, invadiendo únicamente 0.5m en el ancho de carril, teniendo en cuenta que la calzada mínima un ancho promedio de 5.0m. Cuando este sumidero pierda su eficiencia en más de un 60%, se procederá a la implementación de un sumidero transversal o de calzada.

Esquema 21 Detalle sumidero.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

El cálculo hidráulico es el siguiente:

5.2.4 Cálculo sumidero lateral proyectado

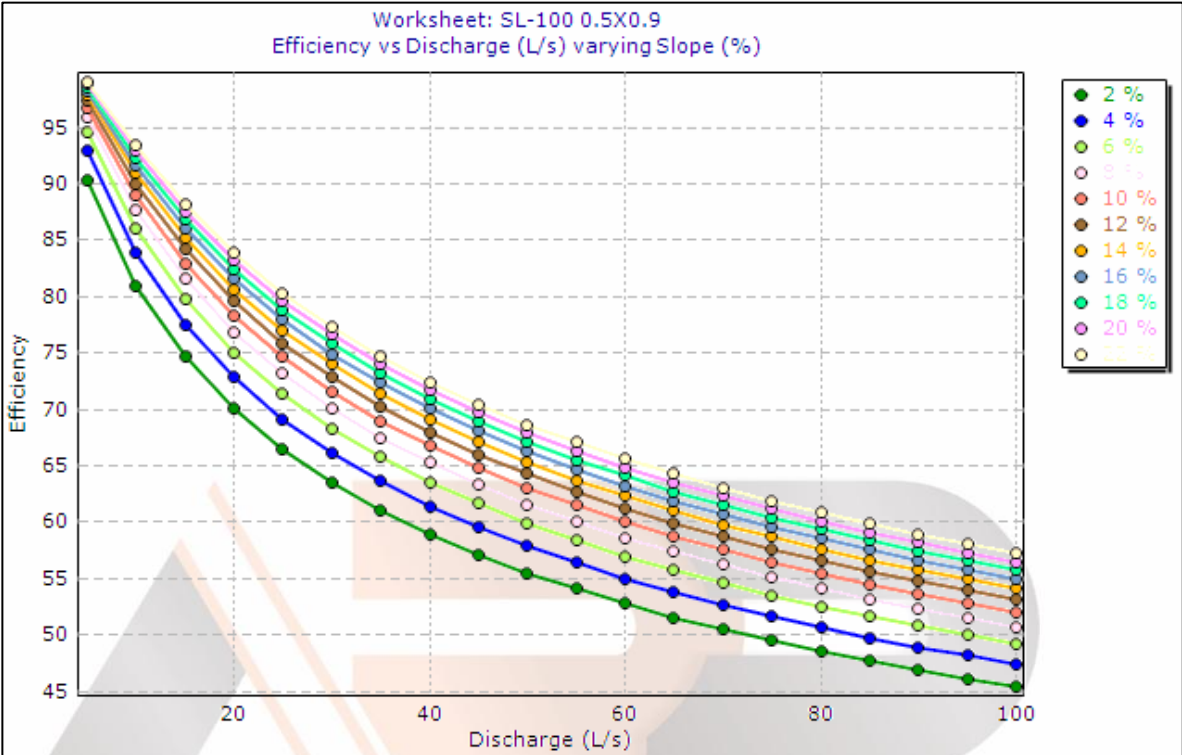
Se modela el sumidero bajo las condiciones críticas para la zona de estudio. Para los tramos se toma el caudal máximo con la pendiente del sector, en este caso el sumidero lateral garantiza el porcentaje de eficiencia necesario y debido a que cuentan con una pendiente baja, se realiza la modelación con un sumidero transversal tipo rejilla de 0.5m de ancho y de 0.9m de longitud.

Tabla 21 Hidráulica sumidero lateral.

Worksheet for TR 04 SL1 - 0.5X0.9	
Project Description	
Solve For	Efficiency
Input Data	
Discharge	20.60 L/s
Slope	2.60 %
Gutter Width	2.60 m
Gutter Cross Slope	2.00 %
Road Cross Slope	2.00 %
Roughness Coefficient	0.014
Grate Width	0.50 m
Grate Length	0.9 m
Grate Type	P-50 mm (P-1 -7/8")
Clogging	10.0 %
Options	
Grate Flow Option	Exclude None
Results	
Efficiency	70.44 %
Intercepted Flow	14.51 L/s
Bypass Flow	6.09 L/s
Spread	1.6 m
Depth	0.03 m
Flow Area	0.024 m²
Gutter Depression	0.0 cm
Total Depression	0.0 cm
Velocity	0.86 m/s
Splash Over Velocity	2.86 m/s
Frontal Flow Factor	1.000
Side Flow Factor	0.164
Grate Flow Ratio	0.646
Active Grate Length	0.8 m

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Esquema 22 Eficiencia vs caudal.



Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Con base en las anteriores modelaciones y las características topográficas de la zona, se recomienda la ubicación de los sumideros laterales.

5.2.5 Ubicación de los sumideros

La ubicación de los sumideros se presenta en la siguiente tabla y, además, se puede apreciar en los planos de alcantarillado pluvial anexos al proyecto.

Tabla 22 Ubicación de los sumideros y datos de conexión.

ID	Abscisa (PR)	Costado	Tipo de Sumidero	Dimensión (ancho x largo)	CONEXIÓN SUMIDERO			
					Ø (inch)	L (m)	S (%) Mínima	Pozo de Conexión (UND)
SL-01	PR 0+002.0	Derecho	Sumidero Lateral de Rejilla	0.5x0.9m	10	6	2.0	PZ Existente
SL-02	PR 0+002.0	Izquierdo	Sumidero Lateral de Rejilla	0.5x0.9m	10	6	2.0	PZ Existente
SL-03	PR 0+075.0	Derecho	Sumidero Lateral de Rejilla	0.5x0.9m	10	5	2.0	PZ Existente
SL-04	PR 0+075.0	Izquierdo	Sumidero Lateral de Rejilla	0.5x0.9m	10	5	2.0	PZ Existente

ID	Abscisa (PR)	Costado	Tipo de Sumidero	Dimensión (ancho x largo)	CONEXIÓN SUMIDERO			
					Ø (inch)	L (m)	S (%) Mínima	Pozo de Conexión (UND)
SL-05	PR 0+175.0	Derecho	Sumidero Lateral de Rejilla	0.5x0.9m	10	5	2.0	PZ Existente
SL-06	PR 0+175.0	Izquierdo	Sumidero Lateral de Rejilla	0.5x0.9m	10	5	2.0	PZ Existente
SL-07	PR 0+287.0	Derecho	Sumidero Lateral de Rejilla	0.5x0.9m	10	5	2.0	PP-01
SL-08	PR 0+287.0	Izquierdo	Sumidero Lateral de Rejilla	0.5x0.9m	10	5	2.0	PP-01
SL-09	PR 0+330.0	Derecho	Sumidero Lateral de Rejilla	0.5x0.9m	10	4	2.0	PZ Existente
SL-10	PR 0+330.0	Izquierdo	Sumidero Lateral de Rejilla	0.5x0.9m	10	5	2.0	PZ Existente

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

Los sumideros proyectados son los encargados de interceptar y evacuar los flujos de agua superficial y de esta manera, garantizar condiciones deseables de inundación de la calzada y lograr la continuidad de la circulación vehicular, incluso en momentos de tormenta.

El resumen total de obras de drenaje superficial se muestra en la siguiente tabla.

6. CANTIDADES

Este capítulo tiene como finalidad dar a conocer de forma discriminada las obras de drenaje a implementarse.

6.1 RESUMEN DE CANTIDADES

En la siguiente tabla se dan a conocer las cantidades finales del tramo.

Tabla 23 Resumen de cantidades por tramo.

ÍTEM	Dimensión	Unidad	Cantidad
Sumidero Lateral de Rejilla SL-100 (UND)	0.5*0.9M	Unidad	10
Pozo Proyectoado (UND)	Ver PMAA	Unidad	1
Longitud Tubería de PVC (m)	10"	ml	51
Demolición Sumidero Lateral Existente	Variable	un	5
Sumidero Lateral de Rejilla SL-100 (UND)	0.5*0.9M	Unidad	10

Fuente: APP CONTROL INGENIERÍA S.A.S

La ubicación de las alcantarillas y demás obras hidráulicas se puede apreciar de manera espacial en los planos de diseño geométrico vial.

CONTROL INGENIERÍA S.A.S.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La localización de las obras propuestas se presenta en los numerales anteriores, así como en los planos adjuntos; sin embargo, durante la construcción se pueden hacer modificaciones en conjunto con la interventoría, si se encuentran sitios que lo ameriten por condiciones particulares del terreno.
- La calzada propuesta cumple con las recomendaciones del INVIAS en cuanto su capacidad hidráulica y de seguridad vial.
- Se debe realizar un replanteo topográfico de los sumideros que garantice que la ubicación de cada uno de ellos quede localizado topográficamente en puntos bajos y logre la interceptación y evacuación de las aguas de escorrentía vial.
- Para todos los sumideros se debe garantizar que la pendiente mínima de conexión sea del 2.0% y una longitud máxima de 15 m. (Artículo 156 R330/2017 MVCT).
- Si los sumideros se conectan a pozos de inspección para alcantarillados de tipo combinado, es necesario la implementación del sello hidráulico con el fin de evitar el reflujo de olores del sistema de alcantarillado combinado a conectarse (Artículo 156 R330/2017 MVCT).

Para garantizar el adecuado funcionamiento de las obras de drenaje es de vital importancia programar labores de limpieza, mantenimiento y rehabilitación en períodos de tiempo no mayores a un año, para prevenir y corregir posibles daños como agrietamientos, taponamientos y demás factores que puedan afectar las condiciones óptimas de operación.

Cordialmente,



OSCAR FABIÁN PACHECO MERCHÁN
M.P.: 25202-254768 CND