MUNICIPIO DE SOPÓ

CONSORCIO VIAL SOPÓ

CM-2020-0500

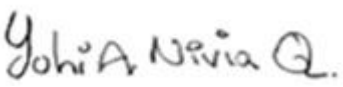
Objeto del permiso: El PERMISO DE USO DE ZONA DE VÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CICLORUTA Y SENDERO PEATONAL BRICEÑO SOPÓ EN EL DERECHO DE VÍA COSTADO NORTE DESDE EL PR 10+505 AL PR 14+500 DE LA VÍA 50CN03 SECTOR SOPÓ – CRUCE RUTA 55 (BRICEÑO) para garantizar a los peatones y ciclistas una mejora en su calidad de vida y un espacio exclusivo para su movilidad; en el sector se encuentran múltiples empresas en donde a diario el personal llega en cicla y la vía actualmente tiene un carril en dos sentidos, sin berma, lo que hace difícil el tránsito de las ciclas. La intervención del objeto del permiso es una ciclorruta con andén de ancho aproximado de 4 mts en la zona verde colindante con la calzada.

CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA LONGITUDINAL POR LA DIANA, PUEBLO VIEJO, CENTRO ALTO A APOSENTOS Y CICLORRUTA – SENDERO PEATONAL POR BRICEÑO-SOPÓ

DISEÑO RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL – CICLO RUTA Y SENDERO PEATONAL

OCTUBRE 2021

CONTROL DE APROBACIÓN

CONSORCIO VÍAL SOPÓ	APROBÓ:	FIRMA: 
		NOMBRE: ING. YULI ANDREA NIVIA
		FECHA: OCTUBRE DE 2021
CONSORCIO VIAL SOPÓ	DISEÑÓ:	FIRMA: 
		NOMBRE: ING. JOHN G. BAUTISTA HERNANDEZ
		FECHA: OCTUBRE DE 2021

CONTROL DE REVISIONES

REVISIÓN N°	FECHA	DESCRIPCIÓN
0	Octubre 2021	Emitido para Revisión y Aprobación

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6
1.1 OBJETIVOS 7
1.2 ALCANCE 8
2 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 10
2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. 10
3 RECOPILACIÓN Y ÁNALISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE 11
3.1 CARTOGRAFÍA 11
3.2 CLIMATOLOGÍA 11
4 ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA 13
4.1 PRINCIPALES PARAMETROS CLIMATOLÓGICOS 13
4.2 PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL 14
4.3 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS 18
4.4 TEMPERATURA MEDIA MENSUAL 23
4.5 HUMEDAD RELATIVA 24
4.6 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS 26
4.6.1 Hoyas menores 26
4.6.2 Hoyas medianas 27
4.7 CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES 29
4.8 ÁREAS DE DRENAJE 30
4.9 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 30
4.10 CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA 35
4.10.1 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA 38
4.10.2 CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS 39
5 ESTUDIOS HIDRÁULICOS 39
5.1 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO 40
5.2 OBRAS EXISTENTES 41
5.3 PENDIENTE TRANSVERSAL DE LA CALZADA 41

5.4 VERIFICACIÓN HIDRAULICA OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL PROYECTADAS....42
5.4.1 Flujo con control de entrada....42
5.4.2 Flujo con control de salida....43
5.4.3 Resultados del diseño....44
5.5 SUBDRENAJE....45
6 ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN....45
6.1 Socavación en Obras menores....45
7 SISTEMA PLUVIAL....47
7.1 REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL....47
7.1.1 Parámetros básicos de diseño....47
7.1.2 Re-Conformación del vallado longitudinal existente....48
7.1.3 Diseño de sumideros....48
7.1.4 Información básica para el diseño....56
7.1.5 Resultado del diseño....56
8 BIBLIOGRAFIA....59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen principales parámetros hidro climatológicos.....13

Tabla 2 Caudales máximos instantáneos.....39

Tabla 3 Resumen obras de drenaje transversal Vía-03. .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4 Coeficientes de Escorrentía 49

Tabla 5 Intensidad de lluvia 50

Tabla 6 Períodos de Retorno.....50

Tabla 7 Ancho de Inundación Superficial Admisible.....51

1 INTRODUCCIÓN

Como parte de sus políticas del municipio de Sopó Es Nuestro Tiempo, la Alcaldía de Sopó realizó la contratación relacionada con los " **CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA LONGITUDINAL POR LA DIANA, PUEBLO VIEJO, CENTRO ALTO A APOSENTOS Y CICLORRUTA – SENDERO PEATONAL POR BRICEÑO-SOPÓ"**, con espacios de calzadas, ciclo rutas, andenes y redes en el municipio al Consorcio vial de Sopo, requiriendo, por tanto, garantizar la operatividad y adecuado nivel de servicio de los corredores viales.

El objetivo del proyecto es la elaboración de los estudios y diseños técnicos del Corredor vial, la vía que comunica del norte del municipio el casco urbano y la parte sur del casco urbano a conectar la vía de Aposentos, y que desde el corregimiento de Briceño al casco urbano implementando la cicloruta, Dentro del proyecto es necesario hacer un análisis completo de todas las variables para el diseño del eje vial.

En el presente informe se incluyen los análisis climatológicos generales de la zona de interés, y los estudios de hidrología, hidráulica y socavación de la vía, la cual discurre por un corredor existente, que se plantea realizar una rehabilitación y mejoramiento en una longitud de 3.1 Km; el tramo proyectado está comprendido entre el corregimiento de Briceño al casco urbano de Sopó.

El drenaje actual del corredor por donde se encuentra la vía existente está compuesto por la canalización de las corrientes naturales hacia canales de drenaje en tierra excavada y obras de arte transversales, para lo cual, la vía drena de manera natural a los canales adyacentes.

Para el sistema de drenaje proyectado de la vía se prevé el cambio de algunas obras de arte e implementaciones de recolectores para dichas aguas, hacia el uso como áreas de futura expansión industrial y especialmente conformar un perfil vial que brinde una franja libre para la mejor movilidad, uso recreativo y cultural para bici usuarios.

Cuando se van a realizar grandes inversiones en infraestructura como en el caso del proyecto de la vía longitudinal, es necesario poner a tono las redes de infraestructura drenaje vial, y planear la ampliación de estos sistemas con el objeto de tener una infraestructura sostenible en el tiempo, y que no se pierdan las inversiones realizadas.

El presente informe se desarrolla bajo la siguiente estructura: en el Capítulo 1 se presentan los objetivos y alcances del presente estudio; en el Capítulo 2 se presenta la localización y descripción general del proyecto; en el Capítulo 3 se presenta la recopilación de información; en el Capítulo 4 se llevan a cabo los estudios hidrológicos y climatológicos en los cuales se caracterizan los principales parámetros de la zona en estudio; en el Capítulo 5 se llevan a cabo los estudios hidráulicos; en el capítulo 6 se llevan a cabo los estudios de socavación general en estructuras menores; en el capítulo 7 se presentan los estudios de redes pluviales, en el capítulo 08 las conclusiones y recomendaciones resultantes del presente estudio y finalmente, en el Capítulo 9 se presentan las referencias bibliográficas utilizadas.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo de esta consultoría es realizar los estudios hidrológicos, hidráulicos, de socavación, y los estudios de redes de alcantarillado pluvial de la vía proyectada .

De acuerdo con el alcance indicado en los términos de referencia establecidos por el CONSORCIO VIAL SOPÓ para los Estudios de Hidrología, hidráulica, socavación y redes pluviales, en referencia se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Recopilación de información hidroclimatológica y de redes disponible en entidades como el IDEAM, el IGAC, la CAR y la empresa de servicios públicos EMERSOPO, que permita identificar caracterizar la climatología, el relieve y usos de suelo, así como la infraestructura de drenaje de aguas lluvias y residuales en las vías del proyecto.

- Procesamiento de información hidroclimatológica y cartográfica recopilada.

- Delimitar y caracterizar las microcuencas a partir de cartografía IGAC, y curvas del modelo ASTER-GDEM complementadas con las ortofotos capturadas durante el levantamiento topográfico.

- Calcular el tiempo de concentración con base en los distintos métodos o fórmulas empíricas, aceptados por el manual de drenaje del INVIAS y el

sistema de normas técnicas del acueducto de Bogotá para la determinación de las entradas de precipitación a los modelos lluvia-escorrentía.

- Calcular las curvas intensidad-duración-frecuencia, las cuales se utilizarán en la estimación de las intensidades de lluvia asociadas a los períodos de retorno estipulados por el manual de drenaje del INVIAS y las normas del acueducto de Bogotá.

- Estimar los caudales de diseño para diferentes periodos de retorno, utilizando métodos sintéticos que sean apropiados para cuencas mayores (áreas de más de 2.5 km^2) y en el caso de cuencas pequeñas (áreas menores a 2.5 km^2), el método Racional.

- Realizar el diseño para el dimensionamiento de las obras de drenaje requeridas para la rápida evacuación de las aguas de escorrentía generadas por eventos lluviosos sobre la zona del proyecto.

- Realizar el catastro de las estructuras hidráulicas tales como sumideros, tuberías de alcantarillado, filtros, cunetas, entre otras, indicando ubicación tipo, dimensionamiento, cotas y demás detalles que permiten su construcción y ubicación en los planos de planta y perfil.

- Formular las sugerencias o aportes que generan los estudios para ser tenidas en cuenta por las demás especialidades, antes, durante y después de la construcción y en etapa de operación. Preparación de diseño técnico, planos y cantidades de obra.

1.2 ALCANCE

El presente documento tiene como alcance el estudio a nivel de fase III de la hidrología, hidráulica, socavación y diseño de infraestructura de redes pluviales del tramo de ciclorruta

entre Briceño – Sopó, del municipio de Sopó en el departamento de Cundinamarca, en una longitud aproximada de 3.1 Km como se detalla en el capítulo 2 de este informe.

Los alcances metodológicos establecidos son:

- Elaboración de los estudios hidrológicos, de acuerdo con los registros de las estaciones hidrometeorológicas del IDEAM y cartografía IGAC existentes para el municipio de Sopo de y en municipios aledaños como Cajicá y Tocancipá.

- Elaboración de estudios de hidráulica y socavación de acuerdo a los criterios establecidos en el manual de drenaje del INVIAS y a la información obtenida mediante consultas en la alcaldía de Sopó, en las secretarias de planeación e infraestructura, así como las consultas de antecedentes en Internet y la información recopilada en las visitas de campo.

- Elaboración de estudios de la red pluvial, de acuerdo a la sistema de normas técnicas del acueducto de Bogotá, y a la información suministrada por la Empresa de Servicios Públicos de Sopó SA EMERSOPO.

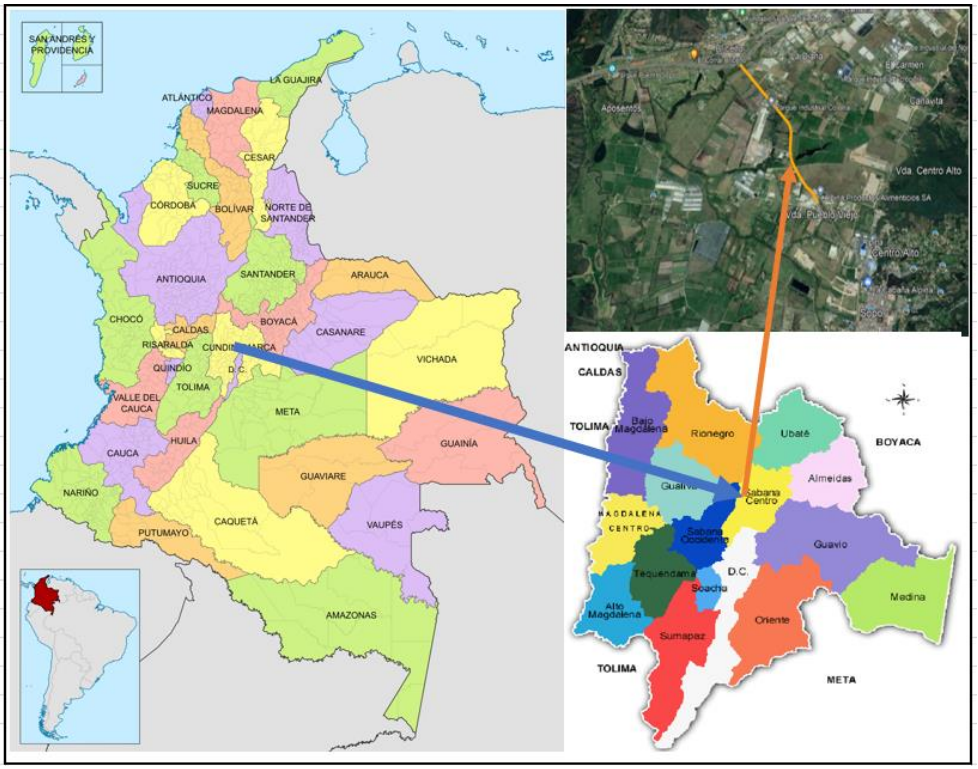
2 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se realiza la descripción general del proyecto de desarrollo vial del municipio de Sopo y la descripción detallada del tramo en estudio.

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

La vía longitudinal del municipio de Sopó, la cual tiene como inicio el nor oriente del municipio, y la vía conduce por la parte industrial de San Lorenzo del municipio de Sopó, a conectar por medio de una intersección con la vía Sopó-Briceño, y después continua por los sectores de pueblo viejo, y sector Diaz, para así, culminar en la vía de Aposentos. La zona de estudio correspondiente a los sectores que se verán beneficiados con la pavimentación de tramos viales ubicados específicamente a lo largo de la proyección de la vía longitudinal del Municipio de Sopó, Cundinamarca, tal como se puede observar en la ilustración 1.

Ilustración 1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.



Fuente Google earth

3 RECOPILACIÓN Y ÁNALISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE

Se recopiló y analizó la información disponible relacionada con la zona de influencia de la vía y ciclorruta, en cuanto a cartografía, precipitaciones, usos del suelo y caudales; adicionalmente se realizaron visitas de campo, por parte de especialistas en geomorfología e hidrología con el fin de evaluar las características geomorfológicas e hidrológicas de las áreas de influencia del proyecto vial.

3.1 CARTOGRAFÍA

Se recopilaron planchas cartográficas del año 2002 obtenidas en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), basados en las restituciones aerofotogramétricas a escala 1:10.000 referidas a continuación:

- Planchas No. 215-III-C-2, 215-III-D-1, 215-III-C-4, 215-III-D-3, 232-I-A-2 y 232-I-B-1, del año 2001.

Dicha información ha sido procesada e incluida en los planos anexados al presente informe. Adicionalmente, se empleó la información obtenida del sobrevuelo hecho por el área de topografía que capturó imágenes georreferenciadas del área municipal de Sopo. Esta información se complementó con curvas del modelo ASTER GDEM de la NASA, las cuales se utilizan para la definición de las subcuencas hidrográficas y la determinación de sus parámetros morfométricos. En el capítulo 4 se detalla el uso de esta información.

El alcance de los aspectos de suelos se ha referido a la determinación de un coeficiente de escorrentía en función de las condiciones actuales y potenciales de uso, manejo y cobertura vegetal.

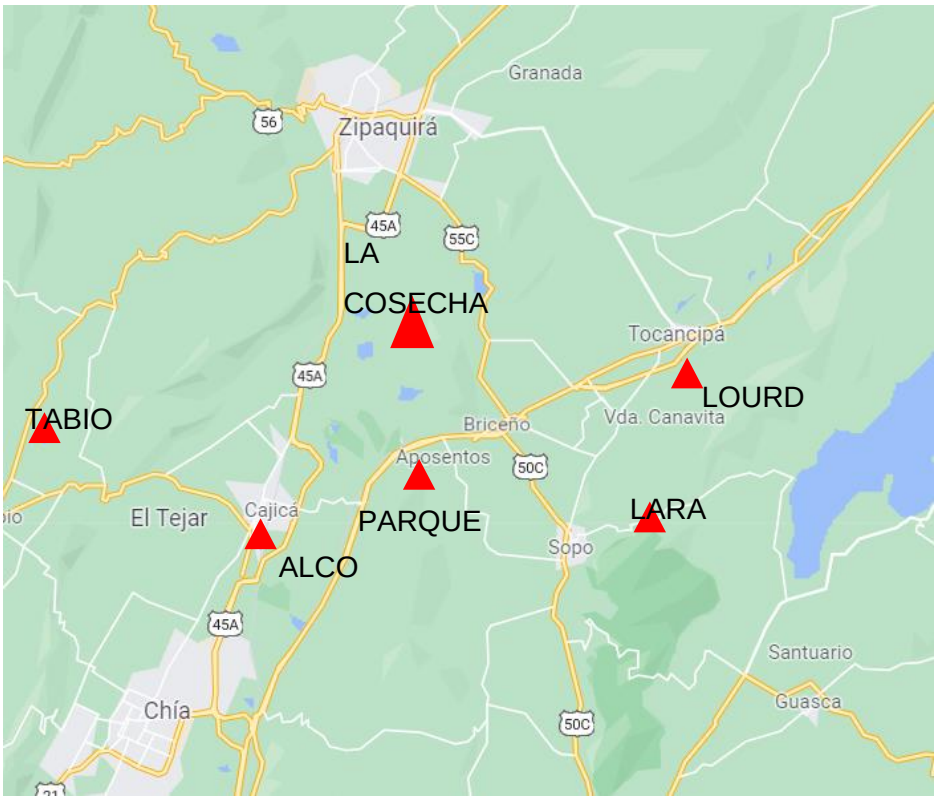
3.2 CLIMATOLOGÍA

Con el fin de adelantar el estudio de climatología del proyecto se analizaron los datos disponibles de climatología, caudales y niveles en la zona del proyecto, los cuales fueron suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM y por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR.

Producto de la consulta correspondiente, se encontró que en cercanías de la zona de proyecto, para el tramo objeto de análisis existen tres estaciones medidoras de lluvia, cuyas características más importantes se incluyen en la Tabla 1 del Anexo No. 1 mientras que su

localización general se encuentra en el Plano LOC-v1 2021 y en la **¡Error! No se encuentra l origen de la referencia.**. Dichas estaciones son de tipo pluviométrica, localizadas en municipios cercanos al tramo de vía analizado, denominándose en su orden de acuerdo al IDEAM como estación pluviométrica Lourdes y estación pluviométrica La cosecha, adicionalmente se analizó la estación pluviométrica Parque Sopó operada por la CAR.

Figura 1 Localización de estaciones



Fuente: Elaboración propia

De otro lado para llevar a cabo las principales caracterizaciones climatológicas, se han consultado los registros de variables como temperatura y humedad relativa de los datos de la estación climatológica principal Tabio, operada por la CAR única estación relativamente cercana, medidora de estos parámetros climatológicos y de esta forma adoptada como representativa de las características climatológicas anteriormente mencionadas. Como comparación del parámetro de temperatura se utilizó la estación meteorológica.Las estaciones consultadas poseen registros con suficiente cantidad de datos para ser tenidos en cuenta en los respectivos análisis.Todos los registros climatológicos consultados se

incluyen en el Anexo No. 2 del presente informe, en los formatos originales suministrados por el IDEAM y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR.

4 ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA

A continuación, se incluyen los análisis climatológicos generales de la zona de interés y los estudios de hidrología, tendientes a determinar los caudales máximos instantáneos relacionados con las áreas de drenaje identificadas en el tramo de la vía objeto de análisis.

4.1 PRINCIPALES PARAMETROS CLIMATOLÓGICOS

Una vez analizada la información hidroclimatológica recopilada y descrita en el numeral 3.2 se los parámetros hidroclimatológicos presentados en la **¡Error! No se encuentra el origen e la referencia.**.

Tabla 1 Resumen principales parámetros hidro climatológicos

RESUMÉN PRINCIPALES PARAMETROS HIDROCLIMATOLOGICOS														
PRECIPITACIÓN TOTAL A NIVEL MEDIO MENSUAL MULTIANUAL (mm)														
ESTACIÓN MEDIDORA	ENE	FEBR	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL	MEDIA MENSUAL
LOURDES	40.0	53.9	93.7	103.1	111.1	78.6	79.6	62.2	64.0	110.9	111.6	54.3	963.0	80.3
LA COSECHA	32.0	55.2	68.4	87.8	81.8	52.5	55.8	42.7	50.5	88.2	85.4	45.6	745.8	62.1
PARQUE SOPÓ	26.8	41.9	54.1	82.4	84.0	48.4	46.9	43.2	43.6	76.8	73.7	48.2	670.2	55.8
PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS A NIVEL MEDIO MENSUAL MULTIANUAL (mm)														
ESTACIÓN MEDIDORA	ENE	FEBR	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	MEDIA MENSUAL	MEDIA MAXIMOS
LOURDES	16.6	19.8	25.7	25.4	23.3	14.7	15.3	15.1	17.7	28.4	28.5	20.0	20.9	45.3
LA COSECHA	11.9	20.3	20.3	27.1	18.8	14.1	13.7	9.9	19.4	22.4	20.7	14.2	17.7	46.1
PARQUE SOPÓ	13.5	15.6	16.1	22.7	22.1	14.0	12.9	13.7	17.0	21.9	24.0	16.7	17.5	37.0
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL (%)														
ESTACIÓN MEDIDORA	ENE	FEBR	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	MEDIA MENSUAL	MAX
TABIO	71.1	71.4	73.5	75.8	76.6	75.7	75.3	75.0	74.4	76.5	77.3	75.1	74.8	77.3
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL (°C)														
ESTACIÓN MEDIDORA	ENE	FEBR	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	MEDIA MENSUAL	MAX ANUAL
TABIO	13.3	13.5	14.1	14.2	13.9	13.5	13.3	13.4	13.5	13.4	13.5	13.3	13.6	14.2

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que como es propio de la región de la sabana de Bogotá se presentan precipitaciones anuales de aproximadamente 800 mm/año lo cual es bajo comparado con

el promedio nacional de 3000 mm/año al igual que los valores medios de las precipitaciones máximas en 24 horas.

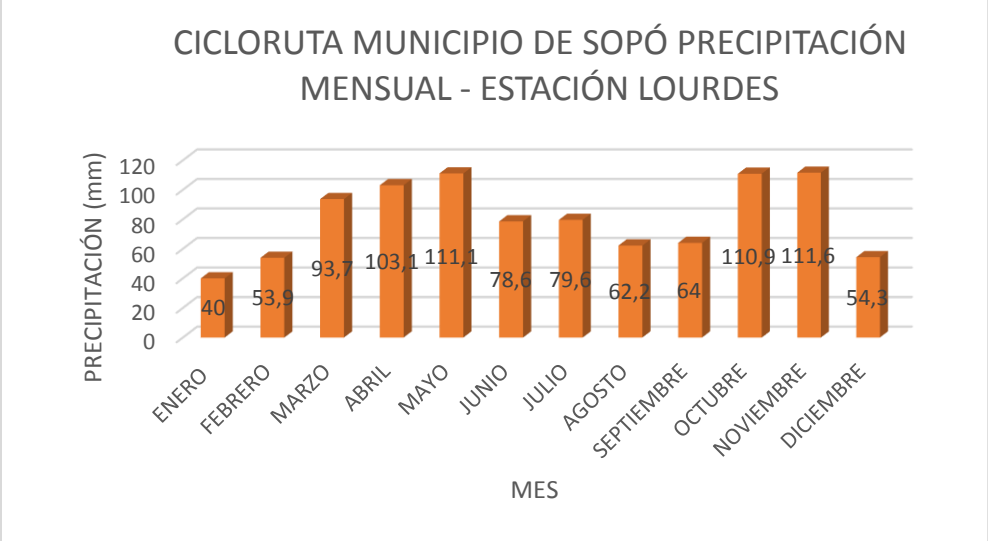
4.2 PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL

Analizados los registros históricos para las estaciones medidoras de precipitación total anual enunciadas en el numeral 3.2, cercanas a la zona de interés, en las Tablas No. 2-1 a 2-3 del Anexo No. 1, se ha procedido a incluir los datos históricos de precipitación total, en donde se han descartado aquellos registros anuales cuyos valores faltantes superen el 33% del total de ese año, es decir que si a un año de registro le faltan más de cuatro meses de datos, para efectos de análisis se ha descartado ese año de registro.

En primer lugar, se ha detallado el comportamiento a nivel mensual multianual en la pluviométrica Lourdes, para un período de registro desde 1985 a 2016, de la cual como ya se mencionó previamente, se obtuvo información de registros en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, y cuyos datos en formato original se encuentran en el Anexo No. 2.

Con base a la Tabla 2-1, y en la Tabla 3 del Anexo No. 1, y como se muestra en la **¡Error! o se encuentra el origen de la referencia.**, la precipitación total anual multianual resultó de 963.0 mm y los meses de mayor precipitación en la estación pluviométrica Lourdes corresponden a los meses de mayo y noviembre con 111.1 y 111.6 mm respectivamente, mientras que los de menos precipitación son enero y febrero con 40 y 53.9 mm, configurándose de esta manera un comportamiento bimodal a lo largo de cada año.

Figura 2 Precipitación media Total mensual multianual Estación Lourdes

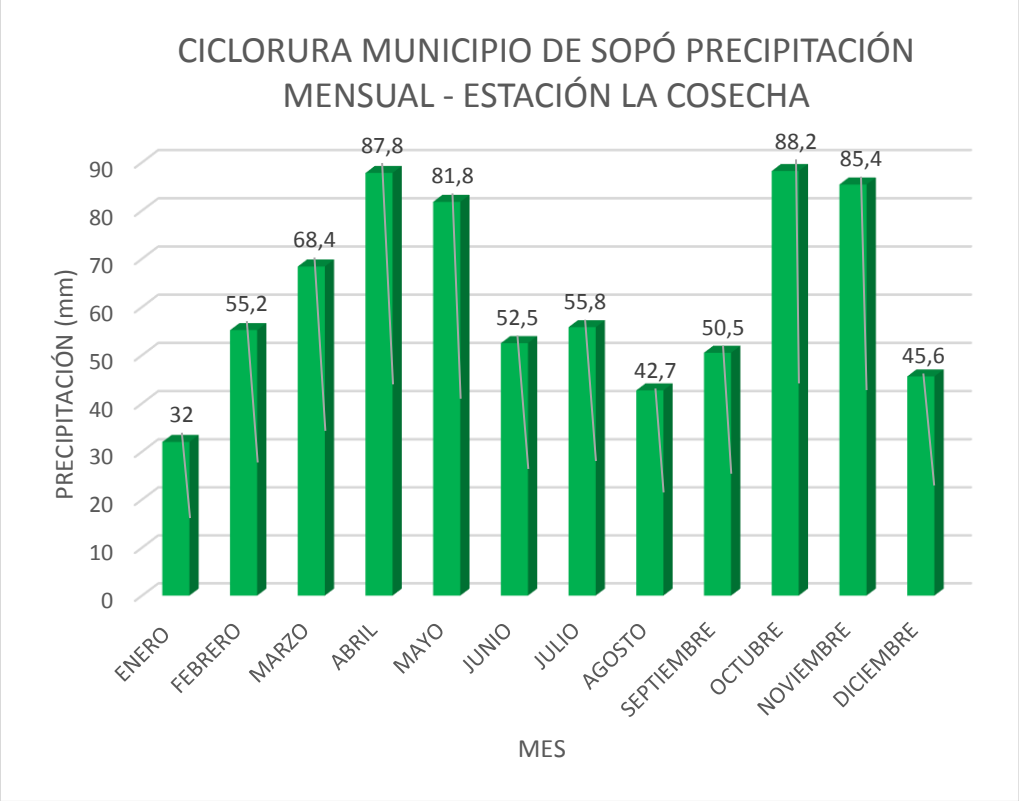


Fuente: Autor

Para el caso de la estación pluviométrica La cosecha, en la Tabla 2-2 del Anexo 1, se resumen los años de registro tenidos en cuenta en los análisis, encontrándose un período de registro desde 1987 hasta 2015.

Con base a la Tabla 2-2 y Tabla 3 del Anexo1, y como se muestra en la **¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**, la precipitación total anual multianual resultó de 745.8 mm y los meses de mayor precipitación en la estación pluviométrica La cosecha corresponden a los meses de abril y octubre con 87.8 y 88.2 mm respectivamente, mientras que los de menos precipitación son enero y agosto con 32.0 y 42.7 mm, configurándose de esta manera un comportamiento bimodal a lo largo de cada año.

Figura 3 Precipitación media Total mensual multianual Estación La Cosecha

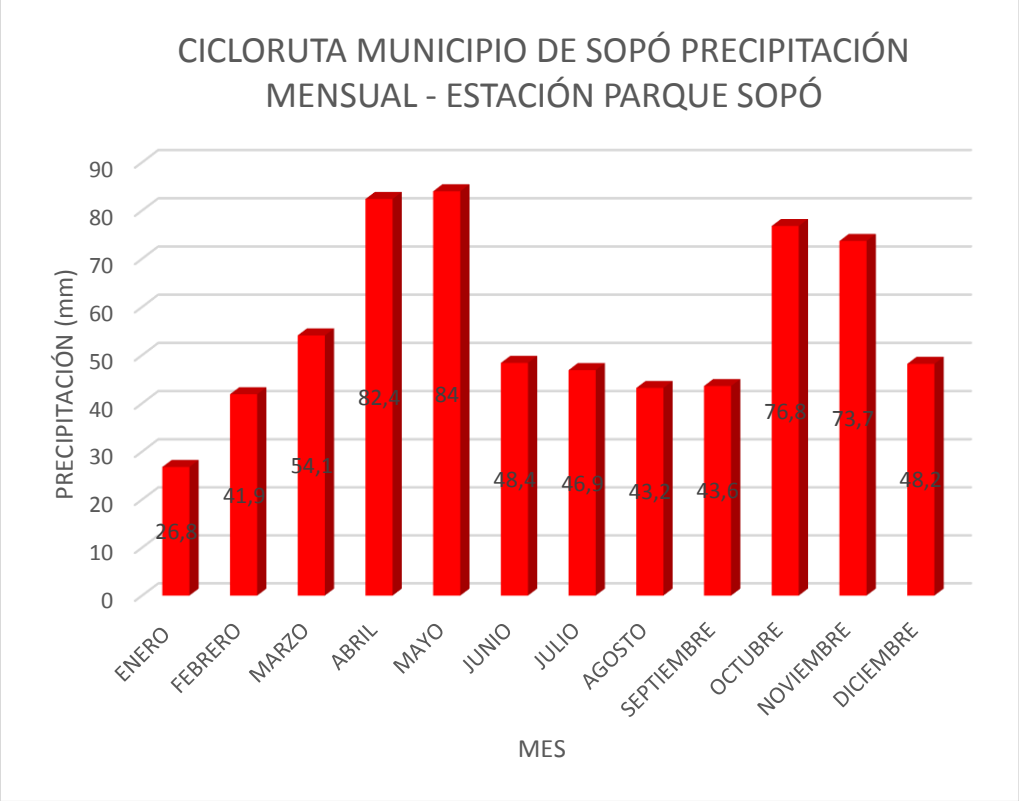


Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para el caso de la estación pluviométrica Parque Sopó, en la Tabla 2-2, se resumen los años de registro tenidos en cuenta en los análisis, encontrándose un período de registro desde 1980 hasta 2013.

Con base a la Tabla 2-3, y la Tabla 3 del Anexo 1, y en como se muestra en la **¡Error! No e encuentra el origen de la referencia.**4, la precipitación total anual multianual resultó de 670.2 mm y los meses de mayor precipitación en la estación pluviométrica Parque Sopó corresponden a los meses de abril y mayo con 82.4 y 84.0 mm respectivamente, mientras que los de menos precipitación son enero y febrero con 26.8 y 41.9 mm, configurándose de esta manera un comportamiento bimodal a lo largo de cada año.

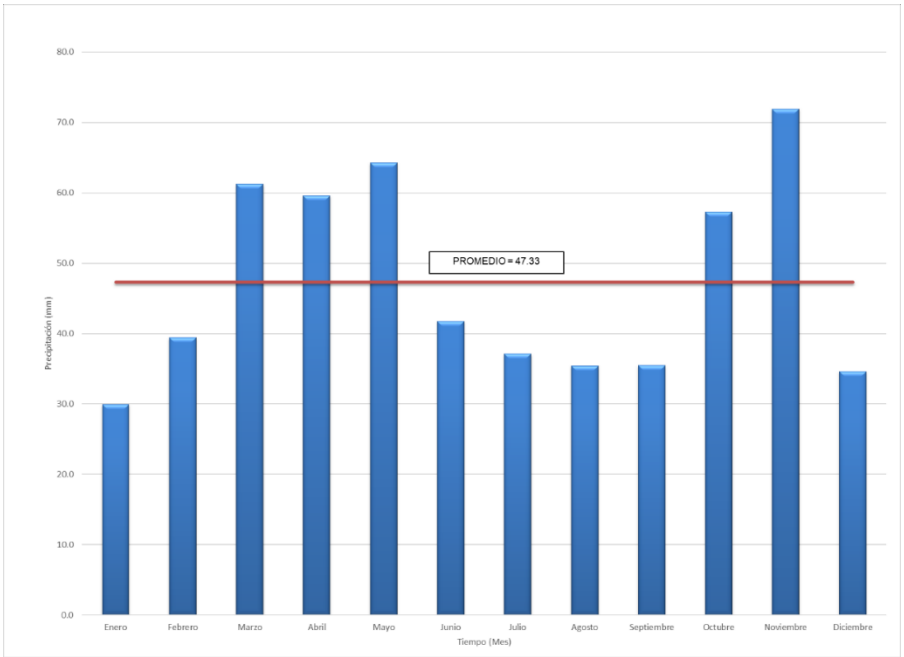
Figura 4 Precipitación media Total mensual multianual Estación Parque Sopó



Resultado de estos análisis se puede observar que en la región en estudio los periodos de mayor precipitación son de marzo a mayo y de octubre a noviembre configurándose claramente un régimen bimodal a lo largo del año

La precipitación total anual a nivel multianual para la estación pluviográfica Alco es en promedio igual a 47.33 mm y varía entre un mínimo de 29.9 mm para el mes de enero y un máximo de 71.9 mm para el mes de noviembre. El régimen de precipitación corresponde a una distribución bimodal a lo largo del año. El periodo lluvioso o épocas superiores al promedio se presentan entre los meses de marzo a mayo y de octubre a noviembre, siendo noviembre el mes más húmedo. Los demás meses presentan menores registros de precipitación concordantes con periodos más secos en la zona, siendo enero el mes más seco. El valor de la lluvia total multianual corresponde a 597.9 mm. Lo descrito anteriormente se presentan a continuación.

Figura 5 Precipitación media mensual multianual - Estación Alco



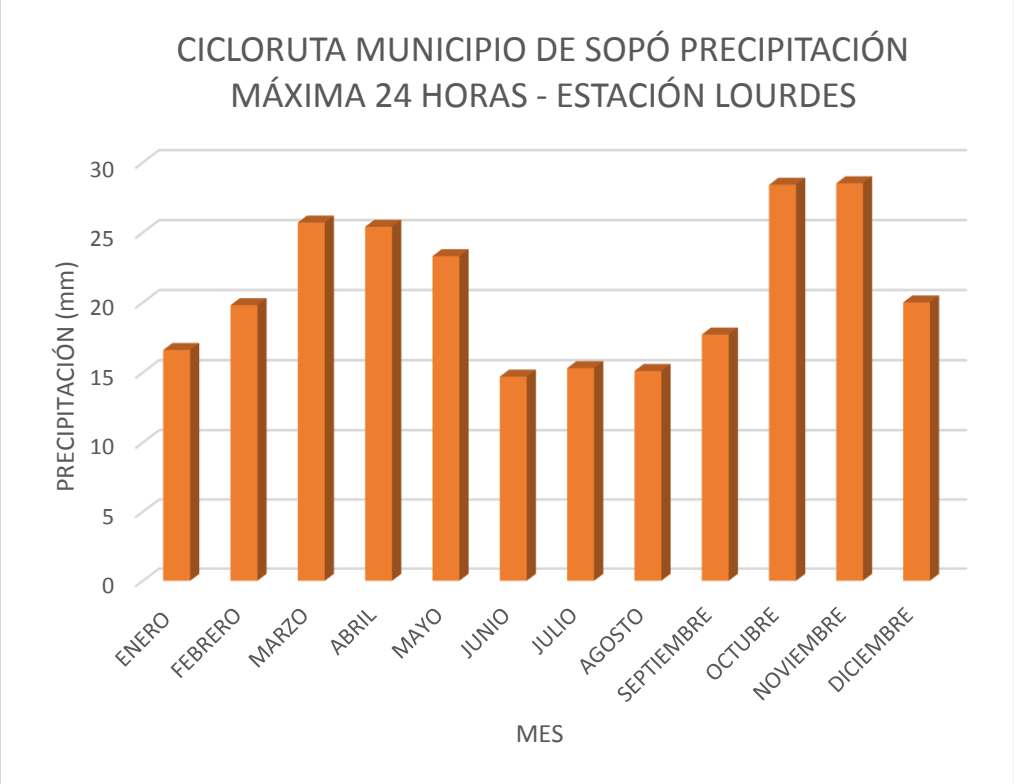
Fuente: Propia

4.3 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

Como para el caso de la variable hidrológica de precipitación total, tratada anteriormente en el presente informe, en las Tablas No. 4-1 a 4-3 del Anexo 1 se ha procedido a incluir los datos históricos de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones cercanas a la zona de proyecto, en donde se han descartados aquellos registros anuales cuyos valores faltantes superen el 33% del total de ese año, es decir que si a un año de registro le faltan más de cuatro meses de datos, para efectos de análisis se ha descartado ese año de registro.

Con base a la Tabla 4-1, y Tabla 5 del Anexo 1 y como se muestra en la figura 5, la precipitación promedio mensual máxima en 24 horas a nivel multianual resultó de 20.9 mm y los meses de mayor precipitación en la estación pluviométrica Lourdes corresponden a los meses de octubre y noviembre con 28.4 y 28.5 mm respectivamente, mientras que los de menor precipitación son junio y agosto con 14.7 y 15.1 mm. Configurándose de esta manera un comportamiento bimodal a lo largo de cada año.

Figura 6 Precipitación máxima en 24 horas mensual multianual Estación Lourdes

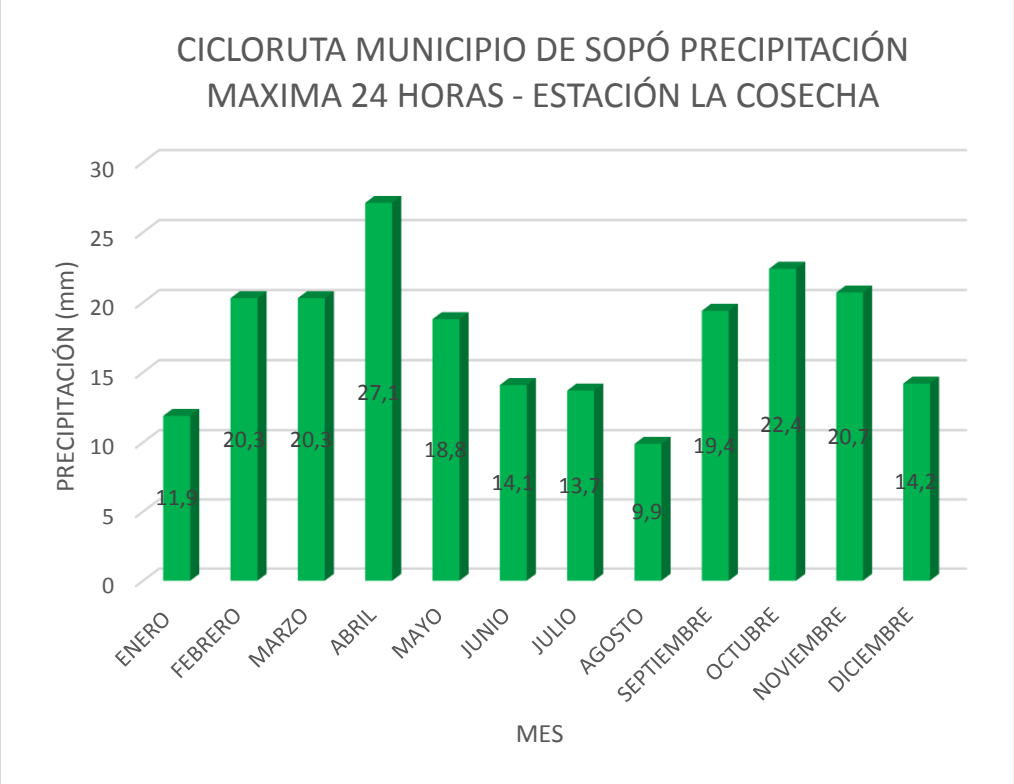


Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la estación pluviométrica La cosecha, en la Tabla 4-2, se resumen los años de registro tenidos en cuenta en los análisis, encontrándose un período de registro desde 1987 hasta 2013.

Con base a la Tabla 4-2, y Tabla 5 del Anexo 1, y como se muestra en la **¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**6, la precipitación promedio mensual máxima en 24 horas a nivel multianual resultó de 17.7 mm y los meses de mayor precipitación en la estación pluviométrica La Cosecha corresponden a los meses de abril y octubre con 27.1 y 22.4 mm respectivamente, mientras que los de menos precipitación son enero y agosto con 11.9 y 9.9 mm. Configurándose de esta manera un comportamiento bimodal a lo largo de cada año.

Figura 7 Precipitación máxima en 24 horas mensual multianual Estación La Cosecha.

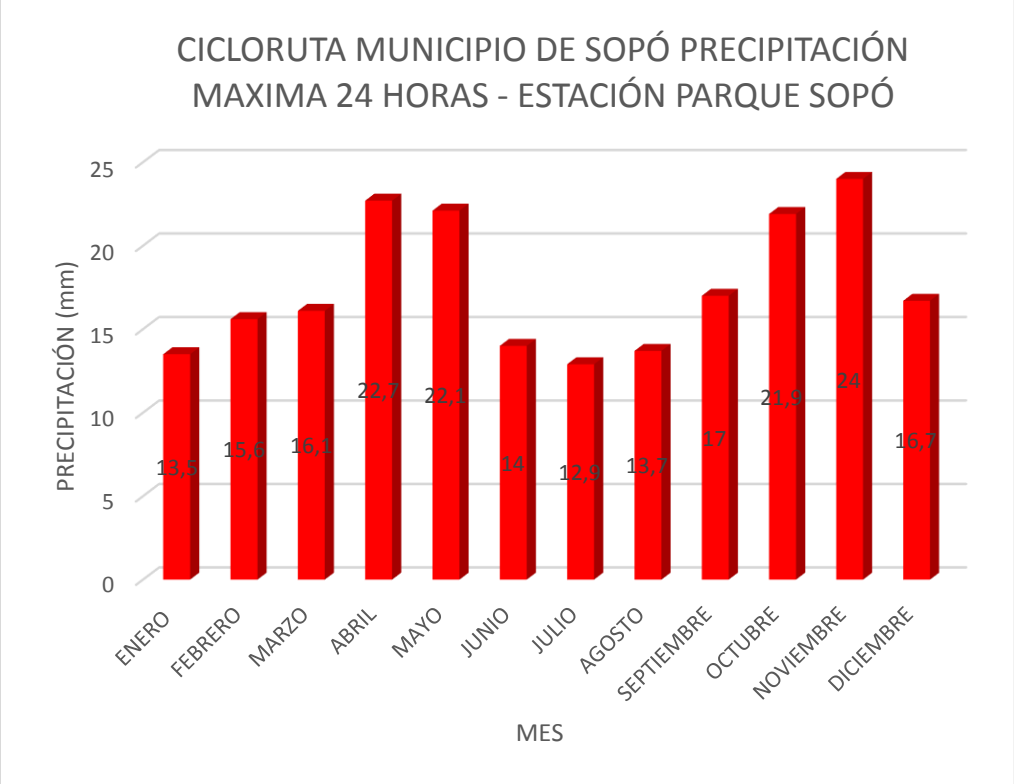


Fuente: Elaboración propia

Finalmente, Para el caso de la estación pluviométrica Parque Sopó, en la Tabla 4-3 del Anexo 1, se resumen los años de registro tenidos en cuenta en los análisis, encontrándose un período de registro desde 1980 hasta 2013.

Con base a la Tabla 4-3, y Tabla 5 del Anexo 1 y como se muestra en la **¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**7, la precipitación promedio mensual máxima en 24 horas a nivel multianual resultó de 17.5 mm y los meses de mayor precipitación en la estación pluviométrica La Cosecha corresponden a los meses de abril y noviembre con 22.7 y 24.0 mm respectivamente, mientras que los de menor precipitación son enero y julio con 13.5 y 12.9 mm. Configurándose de esta manera al igual que en las demás estaciones analizadas un comportamiento bimodal a lo largo de cada año.

Figura 8 Precipitación máxima en 24 horas mensual multianual Estación Parque Sopó.



Fuente: Elaboración propia

Los valores de precipitación máxima en 24 horas a nivel mensual multianual se basaron en los datos presentados en el siguiente cuadro, para la estación medidora de precipitación aferente a la zona de estudio. .

MES	ALCO PERIODO (1982 - 2019)
Enero	12.2
Febrero	13.7
Marzo	19.8
Abril	19.4
Mayo	18.7
Junio	11.7
Julio	10.8
Agosto	10.6
Septiembre	14.1
Octubre	18.3

Noviembre	24.0
Diciembre	14.6
PROMEDIO	**15.7**

Tabla 2. Precipitación media máxima en 24 Hr mensual multianual - Estación Alco
Fuente: Propia.

Se observa que la distribución temporal de la precipitación máxima en 24 horas para la estación pluviográfica Alco sigue el mismo patrón de la precipitación total. Tiene una distribución bimodal, con un periodo con precipitaciones más intensas que el promedio entre los meses de marzo a mayo y de octubre a noviembre. Esto quiere decir que el periodo más crítico para el drenaje de las cuencas de estudio aferentes a esta estación las cuales se describen más adelante es en estos meses, ya que coinciden en su gran mayoría con los meses con mayor cantidad de precipitación total y los meses con las lluvias más intensas.

En promedio la precipitación máxima en 24 horas para esta estación es de 15.7 mm y varía entre un mínimo de 10.6 mm para el mes de agosto y un máximo de 24.0 mm para el mes de noviembre.

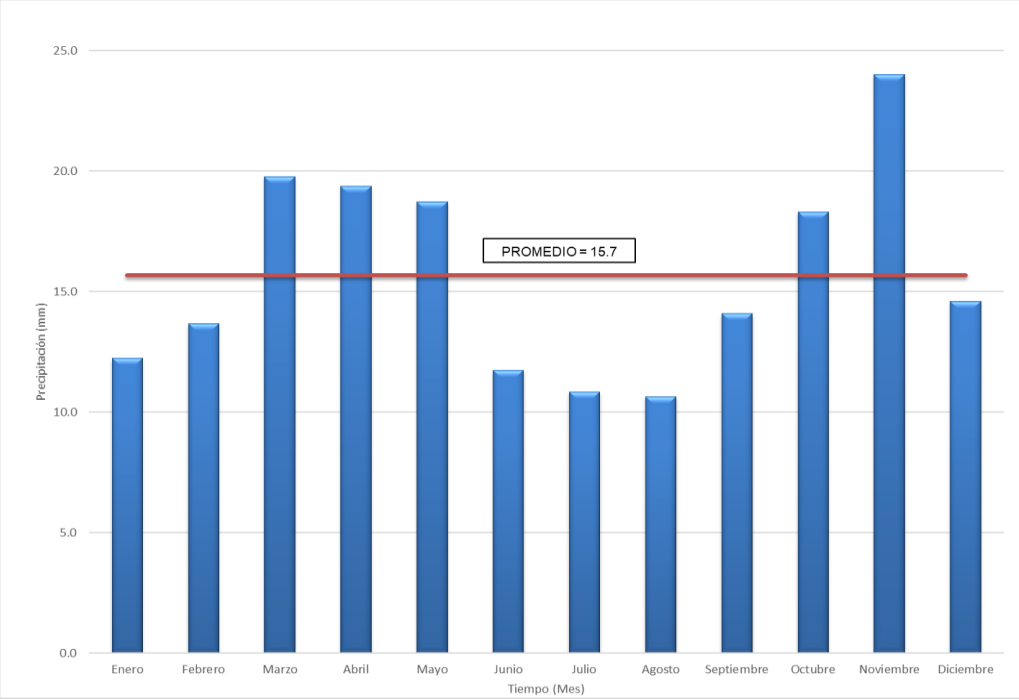


Figura 1. Histograma precipitación media máxima en 24 Hr mensual Multianual – Estación Alco
Fuente: Propia.

Resultado de estos análisis se puede observar que la hidrología regional presenta periodos de mayor intensidad de precipitación de marzo a mayo y de octubre a noviembre configurándose claramente un régimen bimodal a lo largo del año.

4.4 TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

Para el caso de la temperatura media mensual se procedió a consultar los registros históricos medidos en la estación Climatológica principal Tabio, complementados con los datos de la estación Meteorológica El colombiano los cuales se consideran representativos del tramo de vía, debido a la cercanía y similar elevación con la zona del proyecto.

Como para el caso de las variables hidrológicas de precipitación total y máxima en 24 horas tratadas anteriormente en el presente informe, en la Tabla 6-1 del Anexo 1 se ha procedido a incluir los datos históricos de temperatura media mensual de la estación Climatológica principal Tabio, mientras que en la Tabla 6-2 se presentan los datos de la estación El colombiano, en donde se han descartado aquellos registros anuales cuyos valores faltantes superen el 33% del total de ese año, es decir que si a un año de registro le faltan más de cuatro meses de datos, para efectos de análisis se ha descartado ese año de registro.

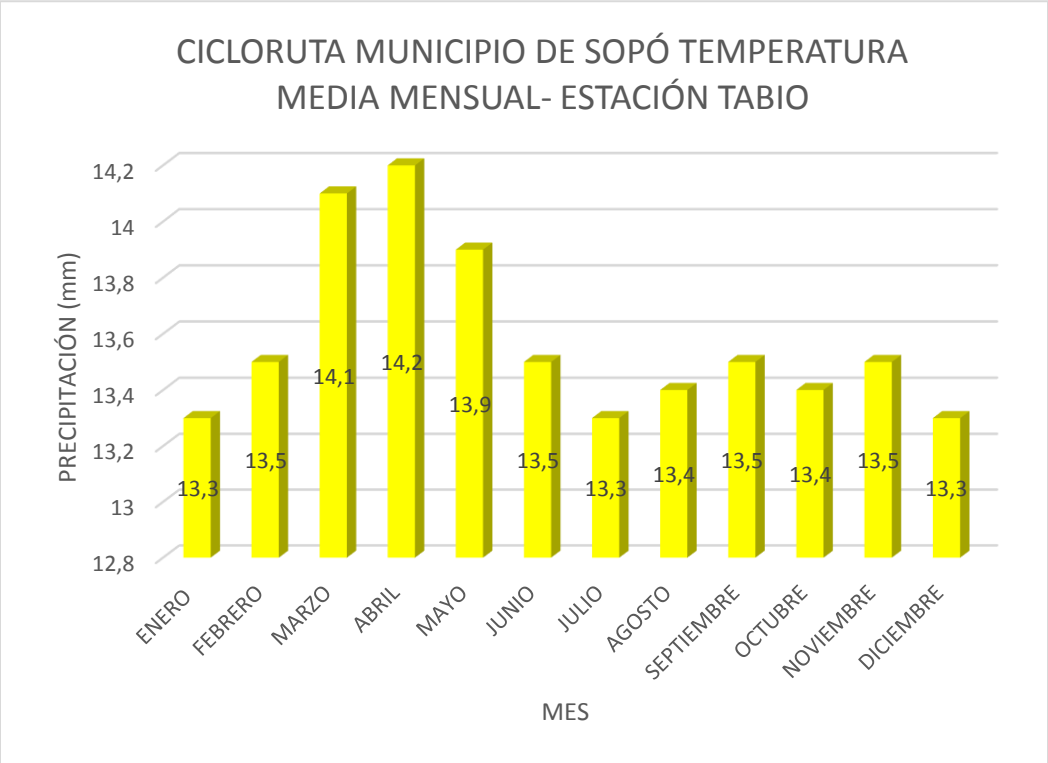
Cabe aclarar que los registros de temperatura se encuentran en periodos cortos en las estaciones disponibles por tal motivo esta será usada prudentemente, a pesar de que en Colombia estos valores no suelen presentar grandes variaciones.

En primer lugar se ha detallado el comportamiento a nivel mensual multianual en la estación Climatológica principal Tabio para un período de registro desde 1971 a 1997, de la cual se obtuvo información de registros en la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR y cuyos datos en formato original se encuentran en el Anexo No.2.

En segundo lugar, se ha detallado el comportamiento a nivel mensual multianual en la estación Meteorológica El colombiano para un período de registro desde 2008 a 2012, de la cual se obtuvo información de registros de registros en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, y cuyos datos en formato original se encuentran en el Anexo No.2.

Con base a la Tabla 6-2, y en la Tabla 7 del Anexo 1, y como se muestra en la **¡Error! No e encuentra el origen de la referencia.**8, la temperatura media mensual multianual en la estación Climatológica Principal Tabio resultó de 13.6 ºC y los meses de mayor temperatura corresponden a marzo y abril con 14.1 ºC y 14.2 ºC, mientras que los de menor temperatura son enero, julio y diciembre con 13.3 ºC.

Figura 9 Temperatura mensual multianual Estación Tabio.



Fuente: Elaboración propia

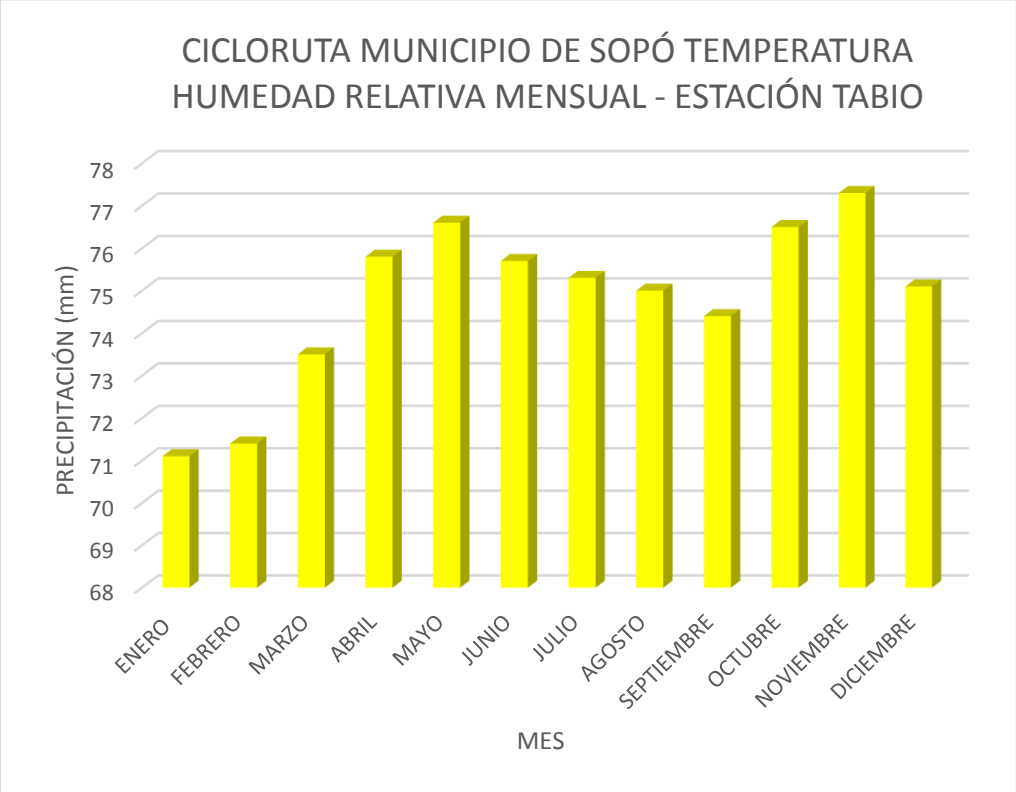
4.5 HUMEDAD RELATIVA

Como para el caso de las variables hidrológicas tratadas anteriormente en el presente informe, en la Tabla 8 se ha procedido a incluir los datos históricos de humedad relativa media mensual de la estación Climatológica principal Tabio en donde se han descartado aquellos registros anuales cuyos valores faltantes superen el 33% del total de ese año, es decir, si a un año de registro le faltan más de cuatro meses de datos, para efectos de análisis se ha descartado ese año de registro.

En primer lugar, se ha detallado el comportamiento a nivel mensual multianual en la mencionada estación Climatológica Principal Tabio para un período de registro desde 1971 a 1997, de la cual como ya se mencionó previamente, se obtuvo información de registros en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, y cuyos datos en formato original se encuentran en el Anexo No. 2.

Con base a la Tabla 8, y como se muestra en la Tabla 9 del Anexo 1 y en la **¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**9 , la humedad relativa media mensual multianual resultó de 74.8% y los meses de mayor humedad corresponden a los meses de mayo y noviembre con 76.6% y 77.3%, mientras que los de menor humedad relativa son enero y febrero con 71.1% y 71.4% respectivamente, correspondiendo muy bien a la época más seca del año.

Figura 10 Humedad relativa mensual multianual Estación Tabio



Fuente: Elaboración propia

De este análisis se puede observar que la humedad relativa no es muy variable a lo largo del año manteniendo valores cercanos al promedio 74.8%

4.6 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS

Para el desarrollo de este informe se van a presentar dos metodologías para la estimación de los caudales máximos instantáneos. Uno para hoyas menores que son aquellas que de acuerdo al manual de INVIAS tienen un área inferior a 2.5 Km2, mientras que hoyas mayores serán aquellas con áreas superiores a 2.5 km2.

4.6.1 Hoyas menores

Para las áreas de los cauces de agua que cruzan la vía, así como las áreas de drenaje aferentes a los canales de drenaje inferiores a 2.5 km², la metodología adoptada para la estimación de caudales máximos instantáneos corresponde al método Racional, de acuerdo a lo especificado en las referencias bibliográficas 1, 4 y 5.

De acuerdo con la referencia bibliográfica No. 4, la idea detrás de este método es que si la lluvia con intensidad I, empieza en forma instantánea y continúa de forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración, en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo en la salida.

Las suposiciones asociadas a este método son las siguientes:

La tasa de escorrentía pico calculada en el punto de salida de la cuenca es una función de la tasa de lluvia promedio durante el tiempo de concentración, es decir, el caudal pico no resulta de una lluvia más intensa, de menor duración, durante la cual solamente una porción de la cuenca contribuye a la escorrentía a la salida de ésta.

El tiempo de concentración empleado es el tiempo para que la escorrentía se establezca y fluya desde la parte más remota del área de drenaje hacia el punto de salida de la misma o el punto de análisis.

La intensidad de lluvia es constante durante toda la tormenta.

La expresión matemática asociada a este método se indica a continuación:

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

En donde:

Q: Caudal máximo de diseño en m³/s.

f: Factor de reducción de la lluvia teniendo en cuenta el efecto de espacialidad del área de drenaje. Sin embargo, debido a que se trata de hoyas hidrográficas menores a 2.5 km², este coeficiente se ha adoptado igual a la unidad.

C: Coeficiente de escorrentía. Adimensional.

I: Intensidad de Lluvia en mm/h.

A: Área de Drenaje en km².

4.6.2 Hoyas medianas

Se clasifican como cuencas medianas aquellas con área menor de entre 2.5 km2 a 50 km2, para aquellas corrientes no instrumentadas, se realiza la estimación de caudales mediante el empleo de métodos indirectos de lluvia - escorrentía.

Para el caso del presente estudio se emplea el hidrógrama unitario sintético, basado en el hidrógrama triangular (Sheafer, et al, 1982).

El hidrógrama unitario triangular obtenido, se trasforma en el hidrógrama de la creciente de diseño, por medio de la aplicación de la lluvia de diseño, que es determinada a partir de la precipitación efectiva para cada período de retorno y para la duración en horas.

$$D = {}^{2}\!/_{15}\, t_c$$

En consecuencia, los caudales del hidrógrama resultante de escorrentía superficial total, producidos por las lluvias netas sucesivas, son hallados añadiendo los caudales de los hidrógramas de escorrentía superficial total debidos a lluvias netas individuales, teniendo en cuenta los tiempos en los cuales ocurren tales lluvias.

Una vez calculado el tiempo de concentración, se determina el tiempo del caudal pico mediante la expresión:

$$t_p = 1{,}1 t_c$$

Con el cual se obtiene el tiempo base del hidrógrama

$$t_b = \left(2 + \frac{2}{3}\right) * t_p$$

El caudal pico del hidrógrama unitario para 1,0 mm de precipitación efectiva, se calcula a partir de la expresión en m3/s.

$$q_p = 0.208 \frac{A}{t_p}$$

Donde, el área se expresa en km2 y el tiempo del caudal pico en horas.

Número de Curva

El número de curva CN fue desarrollado por el Soil Conservation Service de los Estados Unidos de América, para calcular las fases de una tormenta, las cuales incluyen la intercepción, la detención superficial y la infiltración. Para este método, la profundidad de escorrentía es función de la precipitación total y de un parámetro de abstracción referido al número de curva CN. El número de curva se halla a partir de la definición de cuatro características o condiciones básicas del suelo de la hoya hidrográfica. Para determinar el número de curva CN, se procedió a caracterizar las hoyas de la vía 01 de la siguiente manera:

- Tipo hidrológico del suelo: según los tipos de suelo presentes en las diferentes cuencas se tienen suelos del Tipo C (Moderadamente alto potencial de escorrentía), que consisten en suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; suelos con texturas moderadamente finas a finas, con niveles freáticos moderados.

- Uso y tratamiento del suelo: en la zona de proyecto se encuentran zonas cultivadas y zonas no agrícolas, predominando la presencia de prados, pastos cortos y en general vegetación corta, con proyección para áreas suburbanas.

- Condición hidrológica: Este parámetro depende del porcentaje de área cubierta por cultivos pastos y la intensidad de pastoreo que se encuentre en la zona, por medio de una inspección visual se determina la condición hidrológica del suelo como aceptable; es decir, con pastos no quemados, con arbustos y moderada cantidad de humus vegetal. Se prevé para el proceso de urbanización condición hidrológica pobre (menos del 50% cubierto de pasto.

- Condición de humedad antecedente del suelo: Este parámetro tiene que ver con la precipitación total de los cinco días previos, esto con el fin de tener en cuenta la humedad presente en el suelo en el momento de la precipitación, como una manera conservadora de calcular el número de curva se asume una condición hidrológica AMCII que supone una precipitación previa en los cinco días antecedente de más de 42,5 mm.

Con base en esta caracterización se asume un valor de número de curva CN igual a 86 para las hoyas hidrográficas mayores adyacentes al tramo de vía analizado. (Manual de drenaje para carreteras INVIAS 2009).

4.7 CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES

En primera medida se definirán las principales características geométricas de las áreas de drenaje aportantes adyacentes a los tramos de vía analizados como lo son: el área superficial, la longitud del cauce principal y la pendiente media del cauce.

Luego se procederá a la estimación del tiempo de concentración de la hoya hidrográfica a través de metodologías comúnmente empleadas y aceptadas para este tipo de análisis.

Seguidamente se procederá a calcular el aguacero de diseño asociado a diferentes períodos de retorno, teniendo en cuenta el efecto de la espacialidad que debe aplicarse a las lluvias teniendo en cuenta las áreas de drenaje tributarias hasta los sitios de cruce con la vía. Dicho factor de espacialidad aplicado a las lluvias de diseño se obtendrá a través de diferentes expresiones existentes en la literatura especializada y que se consideran aplicables en Colombia.

Es importante indicar que los aguaceros de diseño asociados a diferentes períodos de retorno se obtienen una vez se hayan deducido previamente las curvas intensidad – duración – frecuencia con base a los registros de precipitación máxima en 24 horas, medidos en las estaciones representativas de la zona.

4.8 ÁREAS DE DRENAJE

Para los estudios se han identificado dos tipos de áreas de drenaje, aquellas que corresponden a hoyas hidrográficas, las cuales se identifican en las restituciones aerofotogramétricas y las áreas correspondientes al manejo antrópico del drenaje (canales de riego y áreas deportivas) identificadas mediante la ortofoto del municipio. Las áreas de drenaje identificadas se presentan en el plano SB-01-R1, y las principales características geométricas de las mismas se presentan en la Tabla 6 del Anexo No. 1.

4.9 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Según la referencia bibliográfica No. 4 presentada al final de este informe, se define el tiempo de concentración como el tiempo que la lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de agua que una hoya toma para llegar a una sección o punto determinado de dicha corriente o en este caso al punto de interés. Este tiempo hace referencia al tiempo que se necesita para que toda la hoya contribuya con escorrentía superficial en un punto considerado.

De acuerdo a la literatura especializada, específicamente las referencias bibliográficas No. 1, 4 y 5, se encuentran diferentes metodologías para calcular el tiempo de concentración de una hoya hidrográfica, por lo anterior se ha realizado la estimación correspondiente para

diez (10) procedimientos comúnmente empleados que se resumen a continuación para cada una de las hoyas hidrográficas involucradas:

Fórmula de Kirpich

$$T_c = 3.9756 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos.

L: Longitud del cauce principal en metros.

S: Pendiente del cauce principal en m/m.

Fórmula de Témez

$$T_c = \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.75}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración en horas.

L: Longitud del cauce principal en kilómetros.

S: Pendiente del cauce principal en porcentaje.

Fórmula de Giandotti

$$T_c = \frac{4 * \sqrt{A + 1.5 * L}}{25.3 * \sqrt{L * S}}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración en horas.

A: Área de la hoya hidrográfica en kilómetros cuadrados.

L: Longitud del cauce principal en kilómetros.

S: Pendiente del cauce principal en m/m.

Fórmula de Ven Te Chow

$$T_c = 0.273 * \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.64}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración en horas.

L: Longitud del cauce principal en kilómetros.

S: Pendiente del cauce principal en m/m.

Fórmula del Cuerpo de Ingenieros

$$T_c = 0.28 * \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración en horas.

L: Longitud del cauce principal en kilómetros.

S: Pendiente del cauce principal en m/m.

Fórmula de Williams – Hann

$$T_c = \frac{4.63 * A^{0.422}}{S^{0.46} * \left(\frac{L}{W}\right)^{0.133}}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración en horas.

A: Área de la cuenca hidrográfica en millas cuadradas.

L/W: Relación entre la longitud y el ancho de la cuenca hidrográfica.

S: Diferencia de cotas en pies dividida por la longitud del cauce principal en millas.

Fórmula de Johnstone – Cross

$$T_c = 5 * \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.5}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración en horas.

L: Longitud del cauce principal en millas.

S: Pendiente del cauce principal en pie/milla.

Fórmula de SCS –Ranser

$$T_c = 0.947 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración en horas.

L: Longitud del cauce principal en kilómetros.

H: Diferencia de altura entre el punto más alto de la hoya y el punto de salida o de análisis en metros.

Fórmula de Ventura – Heras

$$T_c = 0.30 * \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.75}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración en horas.

L: Longitud del cauce principal en kilómetros.

S: Pendiente del cauce principal en porcentaje.

Fórmula de Hathaway

$$T_c = 36.36 * \frac{(L * n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos.

L: Longitud del cauce principal en kilómetros.

S: Pendiente del cauce principal en porcentaje.

n: Factor promedio de rugosidad sin dimensiones.

En la Tabla 11 del Anexo 1, se presentan los resultados obtenidos para el tiempo de concentración a través de las diferentes metodologías descritas para las hoyas hidrográficas y las áreas de drenaje, encontrándose algunos resultados muy conservadores así como valores muy altos de tiempo de concentración por lo que se ha adoptado, de entre todos los resultados el tiempo de concentración como el promedio de las ecuaciones: Kirpich, SCS–Ranser, Temez, Ventura – Heras, y Cuerpo de Ingenieros, los cuales son las formulaciones que generan los valores más conservadores y mejor ajustes a las condiciones de la zona en estudio.

Para los casos en que el tiempo de concentración de las diferentes áreas de drenaje resulte menor a 15 minutos, se adoptará un valor mínimo de 15 minutos de acuerdo a la referencia bibliográfica No.1.

4.10 CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia presentan la relación intrínseca que existe entre estos parámetros y su variabilidad según el sitio y tipos de lluvia presentadas, su cálculo se realiza a partir de datos de pluviógrafos; sin embargo, se utilizó un estudio realizado en Colombia presentado en la referencia bibliográfica No. 6 al final del texto, para determinar ecuaciones empíricas para el cálculo de estas curvas dependiendo de la región del país en la que se encontrará ubicado el proyecto.

Utilizando una expresión básica, se correlacionan los datos de diferentes estaciones y se determinan los coeficientes faltantes, así:

- $$I = a * \frac{T^b}{t^c} * M^d$$

En donde:

I: Intensidad de precipitación en mm/h.

T: Periodo de retorno en años.

T: Duración de la lluvia en horas.

M: Promedio de la precipitación máxima anual en 24 horas en mm.

A, b, c, y d: Parámetros que dependen de la región en la cual se encuentre el proyecto.

Los datos históricos de precipitación máxima anual en 24 horas de las estaciones pluviométricas Lourdes, La Cosecha y parque Sopó cercanas a la zona de proyecto, se incluyen en las Tablas 12-1 a 12-3 del Anexo No. 1, la cual ha sido elaborada, como ya se indicó anteriormente, con la información suministrada por el Instituto de Hidrología,

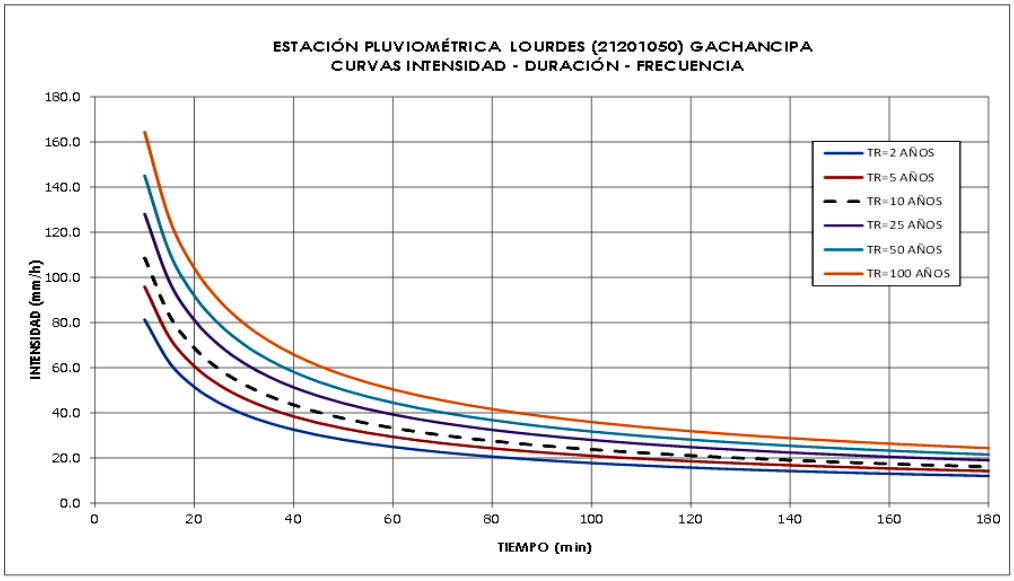
Meteorología, y Estudios Ambientales, IDEAM y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, que se incluye en el Anexo No. 2 dentro del presente informe.

Como puede observarse en las mencionadas Tablas 12-1 a 12-3 del Anexo No 1, las estaciones pluviométricas Lourdes, La cosecha y Parque Sopó tienen una precipitación promedio en 24 horas igual a 45.3 mm, 46.1 mm y 36.97 mm y localizando en su totalidad en la Zona o Región No. 1 por lo que los parámetros a, b, c y d resultaron iguales a 0.94, 0.18, 0.66 y 0.83. De esta forma se obtienen así las siguientes expresiones para el cálculo de las curvas I – D – F:

$$I = 0.94 * \frac{T^{0.18}}{t^{0.66}} * M^{0.83}$$ (Zona o Región No. 1)

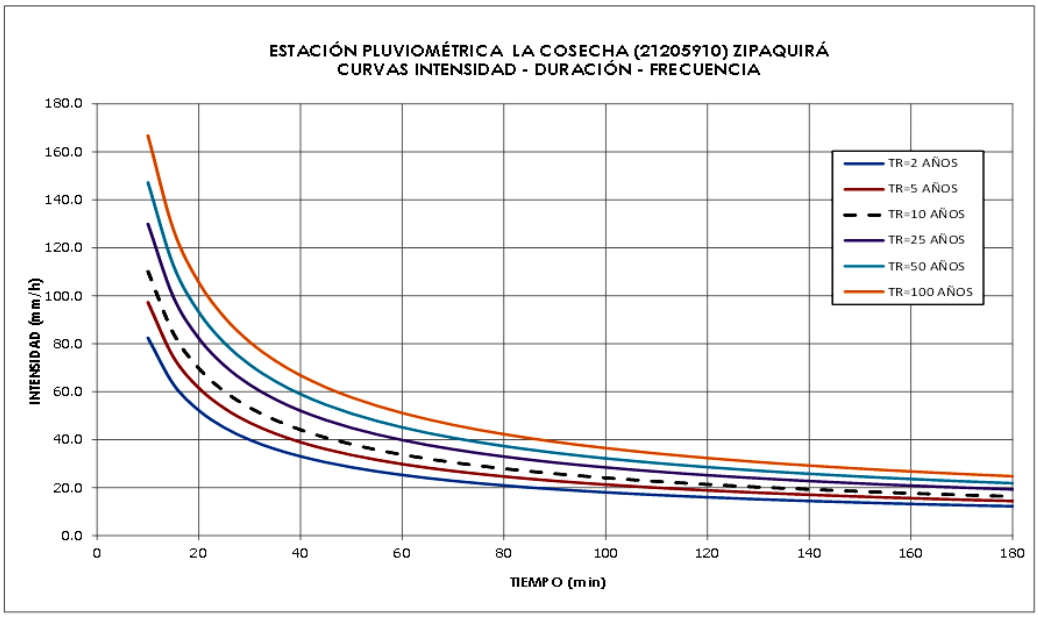
Obtenidas las expresiones correspondientes a las curvas I – D – F de la estaciones cercanas a la zona de proyecto, se ha procedido a tabular los datos en las Tablas 13-1 a 13-3 y representarlos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**0 a **¡Error! se encuentra el origen de la referencia.**2, cuyos valores se encuentran en unidades de mm/h, para un aguacero de diseño de 3.0 horas.

Figura 11 Curvas IDF Estación Lourdes



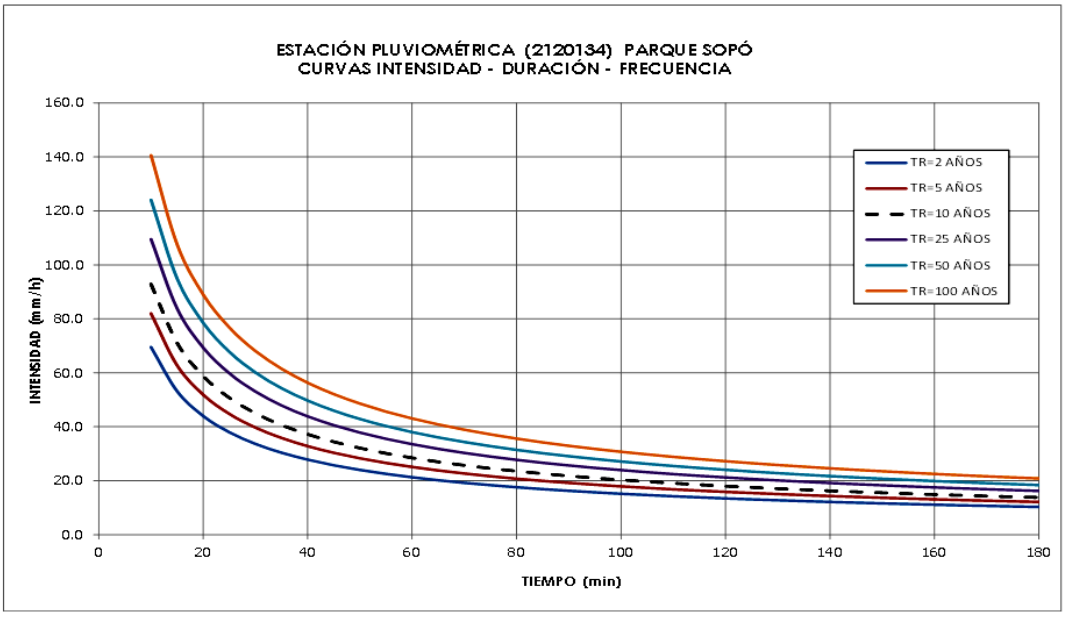
Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Curvas IDF Estación La cosecha



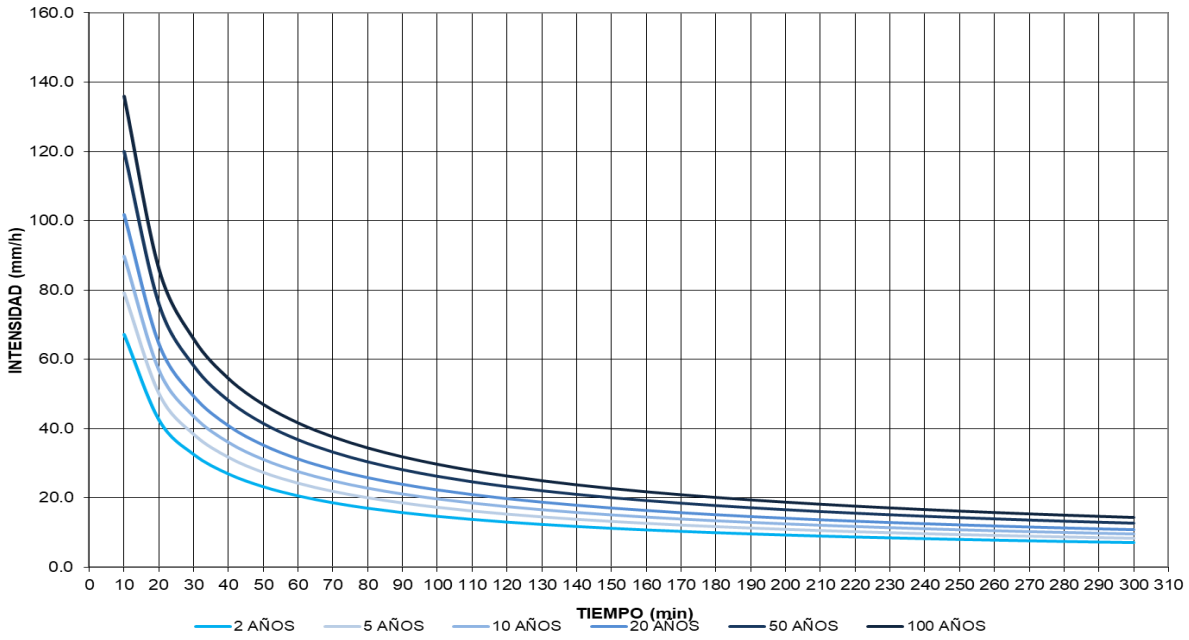
Fuente: Elaboración propia

Figura 13 Curvas IDF Estación Parque Sopó



Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Curvas IDF Estación Alco



Fuente: Elaboración propia

Una vez analizadas las curvas IDF se puede apreciar que la localización, y valores de seguridad de los datos de la estación Lourdes y Estación Alco son los más confiables. Por tal motivo, las curvas IDF definidas para los estudios y diseños son las resultantes para los datos de dichas estaciones.

4.10.1 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA

Para el caso de las hoyas hidrográficas menores a 2.5 km², se ha adelantado la estimación del coeficiente de escorrentía, el cual de acuerdo a la referencia bibliográfica No. 4, corresponde a la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de precipitación en una tormenta. Debido a la alta variabilidad de la intensidad de lluvia, este valor es difícil de determinar utilizando la información observada. De aquí que el coeficiente de escorrentía también pueda definirse como la relación entre la escorrentía y la precipitación sobre un período de tiempo dado.

El coeficiente de escorrentía se ha definido teniendo en cuenta los usos actuales y proyectados de suelo que se tienen alrededor de la vía, así como los coeficientes de escorrentía típicos para calzadas asfálticas.

Según lo descrito en la referencia bibliográfica No. 4, para suelos pesados, con usos de cultivos y pendientes medias del 2% al 7%, el coeficiente de escorrentía definido es de 0.30, para las zonas de aportes a la calzada, tanto norte como sur, los coeficientes de escorrentía definidos corresponden a áreas suburbanas medianamente desarrolladas e igual a 0.50, para las calzadas se ha utilizado un valor de 0.80.

En la Tabla 14 del Anexo 1, se incluyen los valores del coeficiente de escorrentía adoptado para las áreas de drenaje menores.

4.10.2 CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y en la Tabla 14 del Anexo 1, se resentan los valores calculados de caudales máximos instantáneos de las diferentes hoyas hidrográficas y áreas de drenaje aferentes al proyecto vial con áreas inferiores a 2.5 km² y asociados a períodos de retorno entre 2 y 100 años.

Tabla 3 Caudales máximos instantáneos.

HOYA No.	NOMBRE	(C)	ÁREA CUENCA (km^2)	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m^3/s)						
				PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS	PERIODO DE RETORNO 5 AÑOS	PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS	PERIODO DE RETORNO 20 AÑOS	PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS	PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS	PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS
1	CUG-1	0.20	0.73	1.78	2.10	2.38	2.69	2.80	3.17	3.60

Fuente: Elaboración propia

5 ESTUDIOS HIDRÁULICOS

En el presente capítulo se incluyen los análisis hidráulicos y el diseño de las estructuras de drenaje requeridas para el correcto manejo de la escorrentía superficial producida por las diferentes hoyas hidrográficas y áreas de drenaje adyacentes a la vía “Briceño - Sopó”, así

como el manejo de las aguas sub-superficiales a través de un sistema de sub-drenaje adecuado para la vía.

La vía longitudinal, es una vía proyectada que discurre por la vía existente que conduce desde el casco urbano del municipio de Sopo hacia el corregimiento de Briceño, la vía discurre por zonas agrícolas y suburbanas en las cuales se está presentando cambio de vocación del uso del suelo, de actividades agrícolas hacia áreas de expansión industrial y zonas recreativas de carácter privado.

El sistema de drenaje proyectado contempla la conducción de los flujos de escorrentía mediante obras de paso y las redes de drenaje pluvial proyectadas, en las cuales se procura conservan las condiciones de drenajes existentes.

Con el fin de evitar problemas hidráulicos y de drenaje superficial sobre la vía existente, posterior a la construcción de ciclorruta, se realiza el diseño de colectores y sumideros localizados en puntos críticos de la vía, de esta manera, se prioriza conservar un adecuado manejo de aguas lluvias y evitar afectaciones a la vía.

5.1 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO

De acuerdo a lo especificado en la referencia bibliográfica No. 1 respecto de los períodos de retorno de diseño de las obras de drenaje requeridas para la cicloruta, a continuación, se relacionan los mencionados períodos de retorno tenidos en cuenta en los presentes estudios.

Diseño de Filtros (Drenaje Sub-superficial)	2 años
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10 años
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20 años
Canales de drenaje	10 años
Colectores de alcantarillado	5 años.

Es importante indicar que, dependiendo de las condiciones prevalecientes, esta Consultoría podrá adoptar a su juicio valores más conservadores para los períodos de retorno de diseño a los mencionados anteriormente si así lo considera pertinente, para lo cual realizará la justificación correspondiente del caso.

5.2 OBRAS EXISTENTES

A lo largo del corredor proyectado de la cicloruta el cual se basa en la vía existente que conduce del casco urbano de Sopó al corregimiento de Briceño se pueden identificar las siguientes obras:

OBRA 01

Obra de paso del canal de drenaje transversal a la vía alcantarilla circular de diámetro 0.58 m. K0+056, esta obra debe acomodar y reformar para dar cumplimiento de la dimensión mínima y por las nuevas condiciones del trazado.

OBRA 02

La obra en la vía la Briceño – Sopó, la alcantarilla circular de diámetro 0.68 m. K1+100, esta obra recolectara gran cantidad de agua de escorrentia por las nuevas condiciones del trazado.

OBRA 03

Obra de paso del canal de drenaje transversal a la vía alcantarilla circular de diámetro 0.68 m. K1+800, esta obra debe acomodar y reformar para dar cumplimiento de la dimensión mínima y por las nuevas condiciones del trazado.

OBRA 04

La obra en la vía la Briceño – Sopó, la alcantarilla circular de diámetro 0.58 m. K+100, esta obra recolectara gran cantidad de agua de escorrentía por las nuevas condiciones del trazado.

5.3 PENDIENTE TRANSVERSAL DE LA CALZADA

De acuerdo a la referencia bibliográfica No. 1, se recomienda que la calzada de la vía “Briceño - Sopó” tengan en general una pendiente transversal o bombeo de por lo menos 2.0%. Drenando hacia el costado de la ciclo ruta.

5.4 VERIFICACIÓN HIDRÁULICA OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL PROYECTADAS

El flujo a través de una alcantarilla generalmente es no uniforme, con zonas en flujo gradualmente variado y flujo rápidamente variado por lo que los análisis se tornan muy complejos. De acuerdo al punto donde se encuentre la sección de control de la alcantarilla, el flujo puede tener un control a su entrada o a la salida, dependiendo del grado de sumergencia o ausencia de ésta tanto aguas arriba como aguas abajo de la estructura, pero además dependerá de si el flujo es a tubo lleno o parcialmente lleno.

Por las anteriores características existe en la literatura especializada una serie de clasificaciones del tipo de flujo en alcantarillas, siendo la más aceptada la clasificación incluida en el manual de drenaje de carreteras INVIAS 2009.

5.4.1 Flujo con control de entrada

Para esta condición de flujo, la lámina de agua sufre una contracción importante en la entrada, por lo que la capacidad de la tubería es mayor que la capacidad de la estructura de entrada. De acuerdo con el manual de drenaje del INVIAS la alcantarilla se comporta como un vertedero si no existe sumergencia aguas arriba de la estructura de cruce o como un orificio, si se presenta tal sumergencia.

En general, la verificación hidráulica de las estructuras existentes cuyo control se encuentre a la entrada, depende de la relación existente entre la lámina de agua a la entrada de la estructura y la altura o diámetro de la misma, tal y como se observa en la **¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**3.

Figura 15 Verificación Hidráulica Obras Transversales Control de Entrada

RANGO	ECUACIÓN	OBSERVACIONES
$\frac{Hwi}{D} < \frac{1}{2}$	$Hwi = d_c + (1+K_e)\frac{V_c^2}{2xg}$ [4.22]	Ecuación de mínima energía de canales abiertos
	Si $Q < 0.15_x Q_{0.5}$: $Hwi = d_c + (1+C_{vh})x\frac{V_{corr}^2}{2xg}$ [4.23]	Ecuación de mínima energía asumiendo un canal muy ancho
$\frac{1}{2} \le \frac{Hwi}{D} \le 3.0$	$\frac{Hwi}{D} = a+(bzF)+c(zF)^2+d(zF)^3+e(zF)^4+f(zF)^5-0.5S$ [4.24]	Ecuación de regresión
$\frac{Hwi}{D} > 3.0$	$Hwi = \left(\frac{Q}{k}\right)^2 + 0.5_x D$ [4.25]	Ecuación de orificio

Fuente: Manual de Drenaje del INVIAS.

En donde:

Hw: Carga a la entrada en m.

D: Diámetro, altura o flecha de la alcantarilla analizada en m.

dc: Profundidad crítica en m.

Ke: Coeficiente de pérdidas a la entrada. Se ha adoptado un valor igual a 0.5.

Vc: Velocidad crítica en m/s.

a,b,c,d,e y f: Coeficientes de regresión que dependen del tipo de estructura de drenaje.

F: Q/D2.5 para alcantarillas circulares y Q/(BD)1.5 para alcantarillas de cajón.

B: Luz de la alcantarilla cajón en m.

S: Pendiente de la alcantarilla en (m/m). Para este caso específico, en el cual las alcantarillas son existentes, la pendiente de las estructuras de drenaje se definió a partir de la información topográfica levantada como el cociente entre la resta de las cotas batea y la longitud del ducto o alcantarilla.

Z: Factor de conversión unidades métrica e igual a 1.81130889.

K: Coeficiente basado en el caudal y la altura o flecha de la alcantarilla.

Es importante indicar que para valores Hw/D mayores a 1.20, se ha establecido de manera experimental que la alcantarilla se encontrará en condiciones de sumergencia a la entrada.

5.4.2 Flujo con control de salida

Para esta condición de flujo la capacidad de la tubería o alcantarilla es inferior a la de la estructura de entrada, por lo que las características que posea la estructura de cruce determinan la capacidad de la misma.

La carga a la entrada Hw, se obtiene calculando la curva de remanso hacia aguas arriba de la tubería, para un flujo gradualmente variado con la condición aguas abajo de que se presente la profundidad crítica o se conozca el nivel de agua Tw aguas abajo de la estructura de cruce, escogiendo el mayor valor de los obtenidos. Para efectos del presente

estudio se asumió que en todos los casos se presenta la profundidad crítica a la salida de la estructura.

La expresión a utilizar en los casos para los cuales las alcantarillas existentes poseen el control de flujo aguas abajo se incluye a continuación:

$$H_w = H_0 + H_f + H_e + H_s - L * S_0$$

En donde:

Hw: Carga a la entrada en m.

Ho: Profundidad del agua en la salida de la estructura con respecto a la cota batea de la alcantarilla en la salida en m. Para efectos prácticos y por las características del drenaje existente en el corredor estudiado se ha adoptado como adecuado el cálculo del valor de Ho como la relación (D+Yc)/2. Con D igual al diámetro o altura de la alcantarilla y Yc igual a la profundidad crítica.

Hf: total de las pérdidas por fricción en la alcantarilla. Debido a que se trata de conductos muy cortos el valor de estas pérdidas se ha despreciado.

He: Pérdidas localizadas por entrada a la alcantarilla. Para efectos de su estimación se ha adoptado un valor del coeficiente de pérdidas a la entrada Ke, igual a 0.5.

Hs: Pérdidas localizadas a la salida de la alcantarilla. Para efectos de su estimación se ha adoptado un valor del coeficiente de pérdidas a la salida Ks, igual a 1.0.

L: Longitud de la alcantarilla en m.

So: Pendiente longitudinal de la alcantarilla en m/m.

5.4.3 Resultados del diseño

Se analizaron los principales cruces de la ciclorruta Briceño - Sopó, teniendo en cuenta el cambio de uso proyectado y la construcción del canal paralelo, el drenaje actual de la vía por el costado izquierdo consiste en un sistema de canales empleados para el riego de las actividades de floricultura y ganadería. Mientras que por el costado derecho se presentan zonas recreodeportivas y culturales.

El sistema de drenaje proyectado consiste en la conducción de los flujos de escorrentía a través de obras de drenaje transversal y de las redes pluviales proyectadas

5.5 SUBDRENAJE

Dadas las condiciones topográficas y de suelos no se requieren obras de subdrenaje para esta vía.

6 ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN

En vista que para el tramo proyectado objeto de los presentes estudios no existen cauces mayores tipo puente, el presente capítulo se desarrolla únicamente estimando de manera general la socavación teórica que se puede presentar en las alcantarillas menores, tanto circulares como tipo cajón por lo que se ha tenido en consideración lo relacionado con este tema incluidas en la referencia bibliográfica No. 10.

6.1 Socavación en Obras menores

En las obras menores, alcantarillas y alcantarillas de cajón se producen concentraciones de agua que producen en general dos fenómenos. El primero de ellos tiene que ver con la socavación por flujo concentrado si el fondo de la estructura se encuentra descubierto. El segundo fenómeno tiene que ver con la socavación que se presenta aguas abajo de la estructura de cruce por chorros concentrados de agua a velocidades muy altas. Estos chorros pueden producir cárcavas de gran magnitud si la fuerza tractiva de la corriente es superior a la resistencia a la erosión.

De acuerdo a la referencia bibliográfica No. 11, se recomienda emplear la siguiente expresión para determinar la profundidad de socavación aguas abajo de la alcantarilla, la cual fue propuesta por Breusers y Raudhivi en 1991:

$$\frac{Y}{D} = 0.65 * \sqrt[3]{\frac{V}{Vc'}}$$

En donde:

V: Velocidad promedio en la alcantarilla en m/s. La velocidad promedio en las alcantarillas se ha adoptado de 2.0 m/s.

D: Diámetro de la alcantarilla o altura de la estructura cajón en m.

Vc': Velocidad cortante crítica para el material del suelo en m/s. Para efectos de los presentes análisis se ha adoptado una velocidad cortante crítica de 0.21 m/s, que corresponde a diámetros de partículas de 0.5 mm tomado de la referencia bibliográfica No. 10.

De este modo para alcantarillas tipo cajón que se han proyectado en el tramo de estudio con alturas iguales a 1.0 m, la socavación máxima teórica resulta de 1.38 m.

De acuerdo a lo anterior y en aras de mitigar los impactos por socavación en el terreno natural en el encole y descole de las obras menores proyectadas, se propone proteger entonces la entrada y la salida de éstas, con un enrocado de protección suelto colocado en una capa con diámetro promedio de 0.20 m en una longitud mínima de 2.00 m.

7 SISTEMA PLUVIAL

A continuación, se describe de manera detallada el sistema pluvial planteado para el proyecto.

7.1 REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

A continuación, se describe el resultado del diseño de la metodología aplicada para el eje en estudio.

7.1.1 Parámetros básicos de diseño

Período de retorno de diseño (Tr)

Este se selecciona de acuerdo al RAS – 2000, depende del área y tipo de superficie, y será igual a 3, 5 o 10 años.

Intensidad [l/s/ha]

Es calculada a partir de Tc (tiempo de concentración) y las constantes de la curva dependiendo del período de retorno. Las ecuaciones se presentan en la parte superior de la hoja de cálculo utilizada al igual que las casillas para la entrada de las constantes. Teniendo en cuenta los datos reportados para las estaciones mencionadas anteriormente, la intensidad de diseño para un evento de duración de 15 min y un tiempo de retorno de 5 años es de 0.032 l/s/Ha.

Coeficiente de escorrentía C

Este valor es tomado como el promedio del rango de valores de la tabla D.4.5 del título D del RAS – 2000 (coeficiente de escorrentía o impermeabilidad). Cuando hay tramos consecutivos se toma el valor del coeficiente promedio (ponderado con las áreas). En partículas se asigna a las áreas correspondientes a la vía un coeficiente de 0.80 y a las zonas correspondientes a las viviendas de 0.40 debido a que en este municipio aún se conserva un área importante de cobertura vegetal en las viviendas.

Coeficiente de escorrentía promedio (Cprom)

El coeficiente es promediado de acuerdo al área de drenaje de los tramos anteriores que tengan continuidad.

Caudal de diseño (q)

Calcula el caudal real a partir de la intensidad, el área acumulada y el coeficiente de escorrentía. q = Aacum x Cprom x I. Si el alcantarillado es combinado se le suma el caudal sanitario solo si este es más del 5% del caudal pluvial.

Longitud

Es la longitud horizontal del tramo de centro a centro de pozo. Debe haberse ingresado para los cálculos del tiempo de concentración asumido.

Pendiente

Pendiente de la tubería en el tramo en porcentaje (%).

Diámetro Nominal

En caso de utilizar tubería, el diámetro nominal de tuberías para alcantarillado PAVCO, por defecto se toma el diámetro mínimo que, según RAS 2000, es de 250 mm, este diámetro debe ser modificado cuando q/Q > 1, aumentando al diámetro comercial siguiente.

7.1.2 Re-Conformación del vallado longitudinal existente

Como complemento al sistema de drenaje pluvial proyectado, se plantea la necesidad de reconformar el vallado longitudinal del costado izquierdo del corredor existente, de tal manera que siga funcionando en su drenaje natural y permita la descarga sistemática del sistema pluvial planteado para la vía.

7.1.3 Diseño de sumideros

Se emplearán sumideros considerando para su selección los aspectos del tránsito, seguridad de peatones y vehículos, operación en condiciones extremas, mantención y costos. Los sumideros son en general de tres tipos:

a) Sumideros horizontales, con rejilla, ubicados en la cuneta. Funcionan efectivamente dentro de un rango amplio de pendientes de la calle, pero las rejillas se obstruyen con facilidad y pueden generar inconvenientes para ciclistas y peatones.

b) Sumideros laterales de abertura en la solera. Funcionan admitiendo objetos arrastrados por la corriente, pero su capacidad decrece con la pendiente, de manera que no se recomiendan para calles con pendientes longitudinales superiores al 3%. Pueden confeccionarse a partir del tipo S2 del SERVIU si se elimina la abertura horizontal en la

cuneta. Cuando se utilice este tipo de sumidero se recomienda aumentar la pendiente transversal de la calzada en la zona de la cuneta.

c) Sumideros mixtos. Combinan aberturas horizontales en la cuneta y laterales en la solera. Se recomiendan para un amplio rango de condiciones.

Capacidad máxima de sumideros

El diseño de los sumideros se ha realizado compatible con la capacidad de las redes de Alcantarillado, para tal efecto los caudales de diseño de los sumideros son los mismos de los adoptados para las redes de alcantarillado y se calcularon mediante el empleo del método racional, el cual es definido por la siguiente fórmula:

$$Q=C* I* A$$

Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía está en función del tipo de suelo, de la impermeabilidad de la zona y de la pendiente del terreno. Estas características determinan la fracción de lluvia que se convierte en 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.

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.

$$C = \frac{(\sum C * A)}{\sum A}$$

Para el caso de análisis del corredor se ha utilizado un coeficiente mixto mostradas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, que incluye el área aferente de la vía el área aferente de las casas, en los cuales se han utilizado los siguientes coeficientes:

Tabla 4 Coeficientes de Escorrentía

Tipo de superficie	C
Superficies asfálticas	0,80

Tabla 4 Coeficientes de Escorrentía

Áreas rurales	0,40

Intensidad de lluvia [mm/hr]

La intensidad de lluvia utilizada se tomó de las curvas IDF construidas para el proyecto de los datos de las Estaciones más cercanas como se muestra a continuación en la Tabla 5 Intensidad de lluvia **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Tabla 5 Intensidad de lluvia

TR años	3	5
	mm/hr	mm/hr
15 min	67.75	74.28

Período de retorno

El periodo de retorno debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, etc. La selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio. Para efectos de diseño, el período de retorno o la frecuencia del aguacero de diseño se seleccionarán de acuerdo con los siguientes criterios y como se muestra en la **¡Error! No e encuentra el origen de la referencia.**:

***Tabla 6** Períodos de Retorno*

Características del Área de drenaje	Período de Retorno (años)
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias hasta de 3 hectáreas, localizados en las zonas de los cerros o en zonas donde la pendiente longitudinal de las vías sea mayor del 1%	3

Tramos de alcantarillado con áreas tributarias hasta de 3 hectáreas, localizados en las zonas bajas o en zonas donde la pendiente longitudinal de las vías sea menor del 1%	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 3 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10

Elementos de Diseño

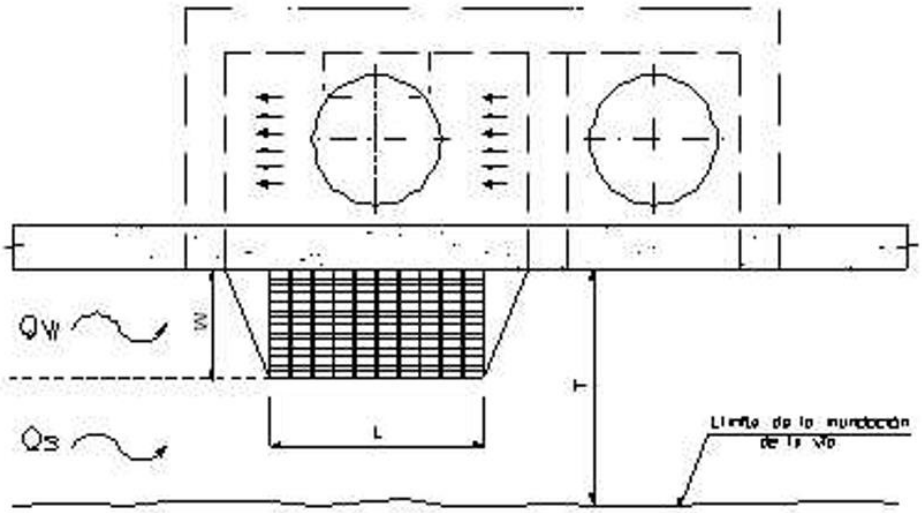
Ancho de inundación de la vía por escorrentía

- El ancho de inundación “T” permisible de la vía está en función del tipo de vía, del tráfico vehicular y peatonal esperado tal como se muestra en la **Tabla 7.**

Tabla 7 Ancho de Inundación Superficial Admisible

Clasificación de la Vía	Ancho de Inundación Superficial Admisible T (M)
Zona residencial	2,00
Zona Institucional y Comercial	1,50
Vías tipo V-0 a V-3	1,50

Figura 16 Vista en Planta Sumidero Compuesto



Capacidad de Evacuación de los sumideros

Los sumideros no necesariamente logran captar el caudal correspondiente a su capacidad máxima. En realidad, los sumideros captan solo parte del escurrimiento que escurre por la cuneta, la fracción no captada escurre aguas abajo y debe agregarse al caudal que recibe la calle, quedando por lo tanto para el siguiente sumidero.

En términos de diseño se habla de la eficiencia de un sumidero E, como la proporción que es capaz de captar del caudal que escurre por la cuneta. La eficiencia global del sumidero es la suma de las eficiencias del sumidero horizontal y del sumidero lateral. Esta depende principalmente de las características geométricas de la cuneta, de las características geométricas del sumidero y de la magnitud del caudal que escurre por la cuneta, .

A continuación, se presentan las ecuaciones empleadas para el cálculo del caudal captado por el sumidero. En estas se tienen en cuenta parámetros importantes como:

Pendiente transversal de la vía y la cuneta.

Pendiente longitudinal de la cuneta y/o de la vía.

Rugosidad de la vía.

Longitud de la rejilla.

Ancho de la cuneta y la rejilla.

Diseño para sumideros en Pendiente

El procedimiento de diseño para los sumideros tiene en cuenta el espaciamiento según la pendiente de la vía, en la cual el agua fluye en sentido de la pendiente sin que se presenten represamientos y donde parte del caudal es captado por un sumidero y el caudal remanente es captado por el siguiente sumidero, en consecuencia el espaciamiento entre sumideros en una vía con pendiente está en función del flujo no captado por el sumidero anterior.

La norma establece el procedimiento con el cual se hacen los cálculos, teniendo en cuenta los planos topográficos de la zona, los flujos, la localización de los sumideros, las áreas de drenaje de los sumideros, el ancho de inundación de la vía, el tipo de rejilla preseleccionado, el ancho de la cuneta, la profundidad del flujo y las áreas de drenaje tributarias (según norma NS-085; criterios de diseño de sistema de alcantarillado de la EAAB).

Con estos parámetros se determina, el caudal total de la vía en el costado donde se encuentra ubicado el sumidero.

Una vez determinado el caudal se calcula el ancho de inundación mediante la siguiente expresión:

$$T = \left(\frac{Q * n}{Ku\ Sx^{1.67} Sl^{0.5}}\right)^{0.375}$$

Donde

T: Ancho de la inundación de la vía (m)

Ku: 0.375 (sistema métrico)

n: Coeficiente de Manning pavimento: 0.016

Q: Caudal total de escorrentía (m3/s)

Sx: Pendiente transversal de la vía

SL: Pendiente longitudinal de la vía

Una vez calculado el ancho de inundación y sabiendo la pendiente longitudinal en la vía se calcula la profundidad del agua junto al andén, utilizando la siguiente expresión:

$$d = TSx$$

Donde T es el ancho de la inundación de la vía en metros (m) y Sx corresponde a la Pendiente Transversal de la vía (m/m).

Obtenidos estos valores se compara el valor de "T" con el ancho de inundación permitido según la tabla No.3, contenida en la norma y el valor de d se compara con la altura de sardinel.

El flujo interceptado por la rejilla con la expresión:

$$Q1 = E * Q$$

Siendo E la eficiencia de la rejilla, y Q el caudal por la vía, la eficiencia de la rejilla asignada para los sumideros del corredor Villa Kathyes del 65%.

Para el cálculo del flujo captado por la apertura lateral, se calcula con el siguiente procedimiento:

1. Para efectos del diseño, se calcula la longitud requerida por la apertura lateral como si se fuese a captar la totalidad del caudal de escorrentía sobre la vía:

$$L = KuQ^{0.42}Sl^{0.3}\left(\frac{1}{n\,Sx}\right)^{0.6}$$

Donde:

LT: Longitud de la apertura para captar el 100% del flujo en la vía.

Ku: 0.817(sistema métrico)

Q: Se refiere al caudal total que corre por la vía.

2. Se calcula la eficiencia de la captación para la longitud de la apertura establecida para el sumidero:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{0.85}{LT}\right)^{1.8}$$

Donde:

0.85 Es la longitud de apertura lateral real en metros del acceso lateral para el sumidero típico contemplado en la norma.

3. Se calcula el caudal captado por la apertura.

$$Q2 = E * Q$$

El valor del caudal total interceptado por el sumidero "Qi" equivale a la suma de los caudales captados por la rejilla Q1 y la apertura lateral Q2.

Se determina el caudal no captado por el sumidero, Qb

$$Qb = Q - Qi$$

Se continúa con el siguiente sumidero localizado aguas abajo, teniendo en cuenta que existe un caudal de sobrepaso o no captado Qb del sumidero anterior, el cual debe sumarse al caudal tributario al sumidero siguiente.

Diseño para sumideros en Batea

Para el cálculo de sumideros en depresiones, puntos bajos o bateas, en los cuales las líneas de corriente confluyen desde cualquier dirección hacia el sumidero, El caudal captado por el sumidero se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$Qi = CwPd^{1.5}$$

Donde:

P: Perímetro de la rejilla descartando el lado junto al sardinel del andén.

Cw: 1.66

d: Profundidad del flujo sobre la rejilla.

Caudal captado por la apertura en el andén

$$Qi = Cw(L + 1.8W)d^{1.5}$$

Donde:

Cw: 1.25

L: Longitud de la apertura.

W: Ancho de la depresión.

d: Profundidad junto al sardinel

De acuerdo con la metodología indicada anteriormente, se resalta que con el fin de emplear diseños conservadores y acertados, se toma la hoja de cálculo suministrada por la Empresa de Acueducto de Bogotá, para el dimensionamiento y verificación de capacidad de los sumideros proyectados.

Se hace claridad, que la razón principal para el uso de sumideros, consiste en evitar daños o riesgos de inundación en la vía existente debido a la construcción de ciclorruta. De esta manera, se busca garantizar un manejo de aguas de escorrentía de la vía posterior al confinamiento que genera la construcción de ciclorruta Briceño – Sopó.

7.1.4 Información básica para el diseño

Como información de entrada se tiene lo siguiente:

Informe de topografía y Levantamiento topográfico.

Proyecciones del POT municipal y usos del suelo.

Catastro de redes de la zona.

7.1.5 Resultado del diseño

Para el eje de diseño se realizó un análisis en el cual se definieron las cuencas de drenaje que están presentes en el tramo de vía, determinando el sentido de flujo para cada cuenca y determinando una solución particular de acuerdo a sus características, en particular la topografía. Los descoles se proponen a canales de aguas lluvias en algunos casos y otros a arroyos naturales, es importante resaltar que en la presente consultoría no se hizo el análisis del comportamiento aguas abajo de los canales y arroyos a los cuales se les entrega el agua de escorrentía producto de los eventos de precipitación.

De acuerdo al análisis y los diseños realizados se recomienda hacer la construcción de una red de alcantarillado pluvial en diámetros de doce (12”) hasta veinte (20”). En el anexo No 5 se observan las memorias de cálculo del diseño del alcantarillado de aguas lluvias.

Por otro lado, se recomienda la construcción de cunetas verdes entre la ciclo vía y los predios aledaños, de tal manera, que sea posible colectar las aguas de escorrentía y conducirlas a las fuentes naturales sin que estas afecten la estructura de ciclo vía.

Las áreas aferentes tenidas en cuenta para el diseño de las redes de alcantarillado pluvial de la vía, se proyectaron teniendo en cuenta la posibilidad de escorrentía superficial cercana a la vía en una longitud de hasta treinta (30 m) metros.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el diseño para manejo de aguas lluvias prima la recolección, transporte y descole de aguas de escorrentía de la ciclorruta y vía existente entre el casco urbano de los municipios de Sopó y Briceño, hasta la conducción y entrega a cuerpos de agua superficiales existentes en la zona de estudio.
- La precipitación total anual multianual para el proyecto es de 963.0 mm y los meses de mayor precipitación corresponden a los meses de mayo y noviembre con 111.1 mm y 111.6 mm respectivamente, mientras que los de menos precipitación son enero y febrero con 40 mm y 53.9 mm.
- La precipitación promedio mensual máxima en 24 horas a nivel multianual resultó de 20.9 mm y los meses de mayor precipitación en la estación pluviométrica Lourdes corresponden a los meses de octubre y noviembre con 28.4 mm y 28.5 mm respectivamente, mientras que los de menos precipitación son junio y agosto con 14.7 mm y 15.1 mm.
- La precipitación promedio anual máxima en 24 horas a nivel multianual resultó de 45.3mm.
- Para el análisis de los parámetros climatológicos se utilizó la estación Climatológica principal Tabio, como única estación cercana a la zona de proyecto.
- Para el manejo de las aguas lluvias sobre la vía se propone la construcción de un sistema de tuberías y sumideros que permitan colectar el agua de escorrentía de la vía existente, de esta manera evitar inundaciones de la vía producidos por el confinamiento de la ciclorruta una vez construida.

- La tubería que se recomienda para los colectores, son tuberías de pared estructural en Polietileno de Alta Densidad (PEAD), construidas bajo la norma española UNE-EN 13476-2, con una rigidez anular mínima SN4. Sin embargo, el Constructor también tendrá la opción eventualmente de instalar tuberías en PVC tipo NOVAFORT. Sin embargo, para ninguna de las tuberías a instalar se deberá tener un recubrimiento mínimo de 1.2m. En caso de tener recubrimientos menores se deberá proteger la tubería con cárcamo.
- Se recomienda la construcción de una cuneta verde contigua a la ciclorruta, que permita colectar y transportar las aguas de escorrentía de terrenos aledaños hasta los cuerpos de agua superficial existentes.
- Para el tiempo de concentración se emplea el valor calculado como el promedio de las cinco ecuaciones que mejor se adaptan a las condiciones de la vía y adoptando un mínimo de 15 minutos de acuerdo al manual de drenaje de la vía.
- Por razones constructivas las dimensiones mínimas de las obras de drenaje transversales a construir serán 1.00 m x 1.00 m.
- Todas las estructuras transversales contemplan estructuras de entrada con el fin de direccionar el flujo principal hacia el centro de la estructura.

9 BIBLIOGRAFIA

1. Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías, INVIAS, "*Manual de Drenaje para Carreteras*". Bogotá D.C., 2009.

2. Chow, Ven Te, "*Hidrología Aplicada*". Mac Graw Hill, Bogotá D.C., 1994.

3. Vargas, Rodrigo – Díaz Granados, Mario, "Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad - Duración - Frecuencia para Colombia".

4. Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, "*Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, Sección II, Título D*" Bogotá D.C., 2000.

5. Empresa de Acueducto y Alcantarillado, "*Norma Técnica de Servicio NS-047*" Versión 4.1, Bogotá D.C., 2006.

6. Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, "Resolución 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 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2055, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"

7. Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá "NS-085 – Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado"**.**