AGENCIA PARA LA
INFRAESTRUCTURA
DEL **META**

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN EN SECTORES CRÍTICOS DEL RÍO GUAYURIBA, EN EL MUNICIPIO DE ACACIAS, META

ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO Y DE SOCAVACION

JUAN CARLOS RODRIGUEZ GUERRERO
ESPECIALISTA EN AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL MSC MATERIALES

ACACIAS FEBRERO 2026

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL CONTRATO

ELABORÓ	Nombre	ING. JUAN CARLOS RODRIGUEZ GUERRERO
	Cedula	80.172.465
	Matricula Profesional	252021 69771 CND
	N° de Contrato	205 DE 2025
	Firma	Juan C Rodriguez
REVISÓ	Nombre	FERNANDO FAJARDO ALVAREZ
	Cedula	1.121.901.751
	Matricula Profesional	25202-357199 CND
	N° de Contrato	SUPERVISOR
	Firma	
APROBÓ	Nombre	
	Cedula	
	Matricula Profesional	
	Cargo	
	Firma	

CONTENIDO

1. GENERALIDADES 10
2. INTRODUCCIÓN 10
3. ALCANCE Y OBJETIVOS 12
4. LOCALIZACIÓN 13
5. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 14
5.1 ACTIVIDADES NECESARIAS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS 14
5.2 ANÁLISIS DEL SECTOR 15
5.3 ASPECTOS GENERALES 16
5.3.1 GEOLOGÍA 16
5.3.2 GEOMORFOLOGÍA 17
6. ESTUDIO HIDROLÓGICO 18
6.1 ZONA DE ESTUDIO 18
6.1.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA 20
6.1.3 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS ASOCIADOS A FORMA DE LA CUENCA 23
6.1.4 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS ASOCIADOS A LA FORMA DEL RELIEVE 25
6.1.5 PARÁMETROS RELATIVOS A LA RED HIDROGRÁFICA 26
6.1.6 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 26
7. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE 28
7.1. INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA 28
7.1.1 CARTOGRAFÍA 33
7.1.2 ESTUDIOS DE REFERENCIA 33
7.1.3 MAPA DE SUELOS Y COBERTURAS 34
7.2. ANÁLISIS HIDROCLIMÁTICO 35
7.2.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS 35
7.2.2 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN 38
7.4 HIETOGRAMAS DE DISEÑO 68
7.5 ANÁLISIS DE CAUDALES 78
7.6 NUMERO DE CURVA 78
7.7 MODELO HIDROLOGICO 80
7.8 CALIBRACIÓN 82
8. ACTIVIDADES Y DESARROLLO DEL MODELO HIDRAULICO 84

8.1 METODOLOGÍA Y ANALISIS DE INFORMACIÓN 84
8.1.1 RECURSOS UTILIZADOS 84
8.1.2 INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA 84
8.2 ESTUDIO Y MODELACIÓN HIDRÁULICA 85
8.2.1 IDENTIFICACIÓN PROBLEMÁTICA 85
8.2.2 ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 85
8.2.3 HIDRÁULICA DE OBRAS PROPUESTAS 86
8.3 ANÁLISIS HIDRÁULICO 86
8.3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO HEC-RAS 87
8.3.2 ECUACIONES GOBERNANTES 88
8.3.3 IMPLEMENTACIÓN DE MODELO HIDRÁULICO 91
8.3.4 PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL FLUJO: COEFICIENTE DE MANNING 92
8.3.5 JUSTIFICACIÓN ESPECÍFICA PARA LA OBRA PROYECTADA — ENROCADO: N = 0.035 96
8.4 CONDICIONES DE FRONTERA 97
8.4.1 CONDICIONES DE FRONTERA ADOPTADAS EN EL MODELO HIDRÁULICO 97
8.5 CALIBRACIÓN DE MODELO 98
8.6 HIDRÁULICA CONDICIONES ACTUALES CON IMPLANTACIÓN DE OBRA PROPUESTA 99
8.7 DISEÑO DE OBRAS 108
8.7.1 ANALISIS DE SOCAVACION 108
8.7.2 CALCULO ENROCADO 110
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 112
10. BIBLIOGRAFIA 115

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 localización municipio 9
Ilustración 2 Localización zona de estudio 10
Ilustración 3 Localización de la Cuenca Rio Guayuriba 12
Ilustración 4 Geología Cuenca del rio Guayuriba 13
Ilustración 5 Geomorfología de la cuenca del rio Guayuriba 14
Ilustración 6, ráster de elevaciones 17
Ilustración 7, Cuenca Rio Guayuriba 18
Ilustración 8, Mapa de Pendientes 19
Ilustración 9, Subcuencas 20
Ilustración 10, Tiempo de Concentración Subcuencas 25
Ilustración 11, Localización Estaciones IDEAM 28
Ilustración 12, Diagrama de Voronoi a partir de estaciones IDEAM 29
Ilustración 13 Mapa de suelos y coberturas 31
Ilustración 14 Estaciones cercanas al área de estudio 32
Ilustración 15, Precipitaciones máxima estaciones 42
Ilustración 16, Subcuencas 46
Ilustración 17, Curva IDF Cuenca S1 47
Ilustración 18, Curva IDF Cuenca S2 48
Ilustración 19, Curva IDF Cuenca S3 49
Ilustración 20, Curva IDF Cuenca S4 50
Ilustración 21, Curva IDF Cuenca S5 51
Ilustración 22, Curva IDF Cuenca S6 52
Ilustración 23, Curva IDF Cuenca S7 53
Ilustración 24, Curva IDF Cuenca S8 54
Ilustración 25, Curva IDF Cuenca S9 55
Ilustración 26, Curva IDF Cuenca S10 56
Ilustración 27, Curva IDF Cuenca S11A 57
Ilustración 28, Curva IDF Cuenca S11B 58
Ilustración 29, Curva IDF Cuenca S12 59
Ilustración 30, Curva IDF Cuenca S13 60
Ilustración 31, Curva IDF Cuenca S14 61
Ilustración 32, Curva IDF Cuenca S15 62
Ilustración 33, Hietograma subcuenca S1 64
Ilustración 34, Hietograma subcuenca S2 64
Ilustración 35, Hietograma subcuenca S3 65
Ilustración 36, Hietograma subcuenca S4 65
Ilustración 37, Hietograma subcuenca S5 66
Ilustración 38, Hietograma subcuenca S6 66

Ilustración 39, Hietograma subcuenca S7 67
Ilustración 40, Hietograma subcuenca S8 67
Ilustración 41, Hietograma subcuenca S9 68
Ilustración 42, Hietograma subcuenca S10 68
Ilustración 43, Hietograma subcuenca S11A 69
Ilustración 44, Hietograma subcuenca S11B 69
Ilustración 45, Hietograma subcuenca S12 70
Ilustración 46, Hietograma subcuenca S13 70
Ilustración 47, Hietograma subcuenca S14 71
Ilustración 48, Hietograma subcuenca S15 71
Ilustración 49, Mapa, Numero de curva en la Cuenca 72
Ilustración 50, Cauces Cuenca 73
Ilustración 51, Modelo Hidrológico 74
Ilustración 52, Curva de Caudales a diferentes periodos de retorno 75
Ilustración 53, Comparación de Caudales con diferentes métodos estación Delicias 77

III

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros físicos generales 21
Tabla 2 Parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca 22
Tabla 3, Valores Coefciente de Forma 22
Tabla 4 Clasificación de acuerdo con el índice de Compacidad 23
Tabla 5 Parámetros morfométricos asociados al relieve y a la red hidrográfica 23
Tabla 6 Orden de los cauces y coeficiente de Bifurcación 24
Tabla 7 Tiempo de concentración Cuenca 25
Tabla 8 Listado de Estaciones IDEAM cercanas del proyecto 26
Tabla 9 Listado de Estaciones IDEAM de la cuenca rio Guayuriba 27
Tabla 10, Estaciones Hidrometeorológicas para cada cuenca 30
Tabla 11 Estaciones 34
Tabla 12, Estación BETANIA [35020350] Fuente: IDEAM 35
Tabla 13, Estación Estación CHOACHI [35020280] Fuente: IDEAM 35
Tabla 14, Estación FOMEQUE [35020290] Fuente: IDEAM 36
Tabla 15, Estación LAS CASAS [35030080] Fuente: IDEAM 37
Tabla 16, Estación MONTERREDONDO [35020010] Fuente: IDEAM 38
Tabla 17, Estación PRIMAVERA LA [35020340] Fuente: IDEAM 39
Tabla 18, Estación SUSUMUCO [35020020] Fuente: IDEAM 40
Tabla 19, Estación TAQUES LOS [35025070] Fuente: IDEAM 41
Tabla 20, Valores Curva IDF Cuenca S1 47
Tabla 21, Valores Curva IDF Cuenca S2 48
Tabla 22, Valores Curva IDF Cuenca S3 49
Tabla 23, Valores Curva IDF Cuenca S4 50
Tabla 24, Valores Curva IDF Cuenca S5 51
Tabla 25, Valores Curva IDF Cuenca S6 52
Tabla 26, Valores Curva IDF Cuenca S7 53
Tabla 27, Valores Curva IDF Cuenca S8 54
Tabla 28, Valores Curva IDF Cuenca S9 55
Tabla 29, Valores Curva IDF Cuenca S10 56
Tabla 30, Valores Curva IDF Cuenca S11A 57
Tabla 31, Valores Curva IDF Cuenca S11BTabla 32, Valores Curva IDF Cuenca S12 58
Tabla 33, Valores Curva IDF Cuenca S12 59
Tabla 34, Valores Curva IDF Cuenca S13 60
Tabla 35, Valores Curva IDF Cuenca S14 61
Tabla 36, Valores Curva IDF Cuenca S15 62
Tabla 37, Valores Subcuencas para Tiempos de Hietograma 63
Tabla 38, Numero de curva 72
Tabla 39, Muskingum 73

Tabla 40, Caudales Máximo Modelo 75
Tabla 41, Caudales Estación Casetejas Delicias 76
Tabla 42, Calibración Caudales 77
Tabla 46, Caudales de diseños 78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Humedad relativa máxima mensual Estación Unillanos (35035070) 32
Figura 2 Temperatura máxima mensual, Estación Unillanos (35035070) 33
Figura 3 Temperatura mínima mensual, Estación Unillanos (35035070) 33
Figura 4 Evaporación mensual Estación Unillanos (35035070) 34
Figura 5 Precipitaciones máximas en 24 horas, Estación Choachí 35020280 42
Figura 6 Precipitaciones máximas en 24 horas, Estación Las Casas 35030080 43
Figura 7 Precipitaciones máximas en 24 horas, Estación Monterredondo 35020010 43
Figura 8 Precipitación máxima en 24H, Estación Gutiérrez 35020300 44
Figura 9 Precipitación máxima 24h, Estación Nazareth 35020310 44
Figura 10 Precipitación máxima 24h, Estación Primavera La 35020340 45
Figura 11 Precipitación máxima 24H, Estación Susumuco 35020020 45

1. GENERALIDADES

2. INTRODUCCIÓN

La hidrología es la disciplina que trata la precipitación del agua, sobre y debajo de la superficie de la tierra. Mediante un estudio hidrológico se estima el caudal con el cual se considera el diseño de la estructura por construir según sea la necesidad.

La evaluación de la hidrología se realiza a partir de los registros de las estaciones meteorológicas cercanas a lugar de intervención, las cuales contienen los valores de precipitación históricas y son aquellas las que determinan la curva de intensidad frecuencia duración; cuyos datos son utilizados para realizar los cálculos de los caudales máximos de diseño para diferentes periodos de retorno.

Hay que mencionar, además, que es importante tener en cuenta las características físicas del lugar de la obra, es decir su pendiente, área de aferencia, superficie y particularidades hídricas del terreno, entre otras.

Este informe se compone de las siguientes secciones, en las que se presenta en primer lugar los objetivos y alcances de estudio, la información empleada para la ejecución del estudio y la metodología de trabajo desarrollada. Posteriormente se realiza el análisis del sector y la caracterización morfométrica de la cuenca; luego se evalúan los valores de climáticos y precipitación según los registros hidrometeorológicos de las estaciones más cercanas y proyectándolos al punto de interés; por consiguiente, se realiza el análisis de intensidad de lluvia, hietograma de diseño y la estimación de los caudales, el cual es el objetivo de los estudios de hidrología. Por último, se determinan las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

De igual manera en el presente documento se encuentra en desarrollo el estudio corresponde a una síntesis del procedimiento realizado en la simulación hidráulica para un área determinada de la cuenca del RIO GUAYURIBA.

Para los fines pertinentes en el presente capítulo se define la modelación hidráulica como un instrumento para representar de una manera abreviada el complejo funcionamiento de un cauce, aplicando los conceptos, definiciones, teorías y correlaciones de la mecánica de fluidos, hidráulica de canales e hidráulica fluvial para generar el modelo y verificar si los resultados se ajustan a la realidad antes de construir cualquier estructura hidráulica o tomar decisiones de tipo organizacional.

Esta simulación hidráulica, pretende modelar las condiciones topográficas, materiales de las bancas y condiciones de caudal estimado en la modelación hidrológica, para este caso se utiliza el software HEC-RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System).

Este manuscrito plantea los objetivos de la consultoría en lo referente a la simulación, indica la metodología empleada, relaciona de forma general la localización e información hidráulica, se presenta el proceso de la modelación para flujo permanente y no permanente.

Así mismo el objetivo de este capítulo es evaluar el caudal para los diferentes periodos de retorno que permitan proponer posibles soluciones a los excesos del flujo y sean conducidos adecuadamente disminuyendo el riesgo de inundación. Con los resultados de la simulación se busca presentar las conclusiones y recomendaciones que se establecen del análisis y desarrollo del modelo.

El alcance del proyecto es llevar a nivel de diseño de detalle para construcción, los estudios que permiten dimensionar y localizar la estructura y obras complementarias necesarias para el manejo y control de las aguas superficiales y subsuperficiales, considerando todas las especificaciones y normas técnicas vigentes aplicables para tal fin.

Todos los estudios de hidráulica desarrollados están enmarcados dentro de la normatividad vigente, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionamiento adecuado, calidad, eficiencia y sostenibilidad a lo largo de su vida útil.

La hidráulica fluvial es la rama de la ingeniería que estudia el comportamiento de los cuerpos de agua superficiales, sin importar la finalidad del proyecto, mostrando el cómo se debe intervenir dichos cauces para alcanzar el objeto de un proyecto determinado. Esta hidráulica combina conceptos de hidrología, hidráulica general, geomorfología, transporte de sedimentos y erosión en márgenes.

En el presente estudio se enseñan los resultados y análisis de las modelaciones hidráulicas del tramo de análisis para los caudales obtenidos en el estudio hidrológico proyectados en los diferentes periodos de retorno, bajo condiciones actuales según la dinámica fluvial, este componente se hace con el fin de desarrollar el proyecto que lleva por objeto.

Este estudio hidráulico busca analizar las condiciones hidráulicas actuales del área en estudio, para este análisis se parte de la dinámica fluvial de en general del cauce y su comportamiento e influencia en el punto de estudio. Con fundamento en esto, se identifica las situaciones problemas presentes que, en conjunto con las necesidades locales de las comunidades afectadas, permiten un diagnóstico acorde al contexto.

Finalmente, se plantea alternativas de solución frente al diagnóstico realizado, tomando la alternativa más viable desde los criterios de funcionalidad, factibilidad económica y estabilidad.

Para el desarrollo de este ítem, se parte de la construcción de un modelo de terreno que describa apropiadamente la tipología actual del cauce, así al introducir los caudales obtenidos en el estudio hidrológico desarrollado, se logre un modelo hidráulico que describa de manera acertada los diferentes fenómenos físicos que permitan comprender características propias de la dinámica fluvial sobre el cauce en estudio, y finalmente obtener parámetros hidráulicos en los tramos de análisis bajo las condiciones existentes.

De acuerdo al informe general de hidráulica desarrollado, y en continuación del estudio hidrológico se presenta el desarrollo del estudio y diseño hidráulico, indicando la metodología, los criterios y la evaluación de cada componente necesario para que la modelación represente

de buena manera el fenómeno físico de acuerdo a la dinámica fluvial de la corriente superficial en estudio.

Se evaluará las condiciones actuales del sector, planteando como hipótesis el evento máximo extraordinario a un periodo de 100 años de acuerdo a las recomendaciones dadas por la normatividad vigente.

Con el propósito de establecer el comportamiento hidráulico del cauce en estudio bajo condiciones actuales, se implementó un modelo de análisis hidráulico mediante el software HEC-RAS 6.5

3. ALCANCE Y OBJETIVOS

El estudio de hidrología e hidráulico tiene los siguientes objetivos:

- Obtener la información cartográfica e hidrológica relacionada con el objeto del estudio.
- Caracterización de la climatología en la zona de influencia.
- Caracterización morfometría de la cuenca
- Determinar el caudal presentado en el Rio Guayuriba en el punto de proyección de las estructuras a dimensionar.
- Caracterizar las condiciones geomorfológicas e hidráulicas del tramo de estudio, mediante la recopilación y análisis de información topográfica, hidrológica y de campo.
- Definir los parámetros hidráulicos representativos del flujo, tales como caudales de diseño, niveles de agua, velocidades y esfuerzos cortantes, para las condiciones actuales y proyectadas.
- Desarrollar la modelación hidráulica unidimensional o bidimensional, según corresponda, para simular el comportamiento del flujo en el tramo intervenido y evaluar el efecto de la obra de protección propuesta.
- Analizar la respuesta hidráulica del cauce ante la incorporación del enrocado en la margen derecha, identificando zonas de posibles incrementos de energía, socavación o cambios en la distribución de velocidades.
- Determinar las dimensiones y características hidráulicas del enrocado, garantizando la estabilidad estructural de la margen y la funcionalidad de la obra frente a los caudales de diseño.
- Formular conclusiones y recomendaciones técnicas orientadas a la optimización del diseño hidráulico y a la articulación con los estudios de otras disciplinas (geotécnica, estructural y ambiental).

El alcance o logro de los anteriores objetivos se limita a los siguientes.

- Determinar las precipitaciones máximas de diseño para los diferentes periodos de Retorno de 2; 5; 10; 20; 50 y 100 años.
- A escala espacial el estudio se limita al punto de cierre de la cuenca hidrográfica

del Rio Guayuriba, en el punto establecido por el proyecto.

- A escala temporal el análisis de la precipitación y la climatología se realiza a partir de los registros de las estaciones climatológicas más cercanas con información actualizada disponible.
- Análisis de caudales.

4. LOCALIZACIÓN

En el territorio municipal se distinguen dos regiones: una montañosa ubicada al occidente y Noroccidente, formada por el costado de la Cordillera Oriental; la otra, una planicie inclinada ligeramente hacia el Oriente y el Nororiente, corresponde al piedemonte de la cordillera, bordeada al Norte por el río Guayuriba. En la parte central de esta planicie cruzan los ríos Ocoa y Negro, además de numerosos caños y afluentes menores.

Sus límites municipales son:

- Norte: con los municipios de Restrepo y El Calvario.
- Oriente: con Puerto López.
- Sur: con Acacías y San Carlos de Guaroa.
- Occidente: con Acacías y el Departamento de Cundinamarca.

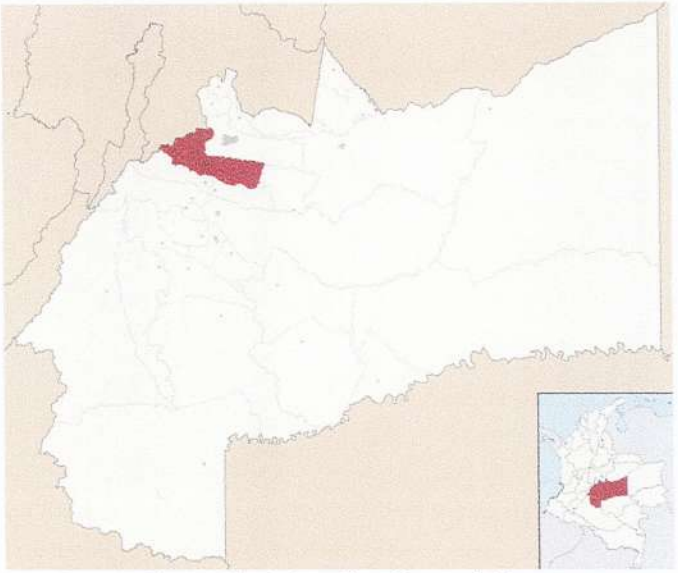
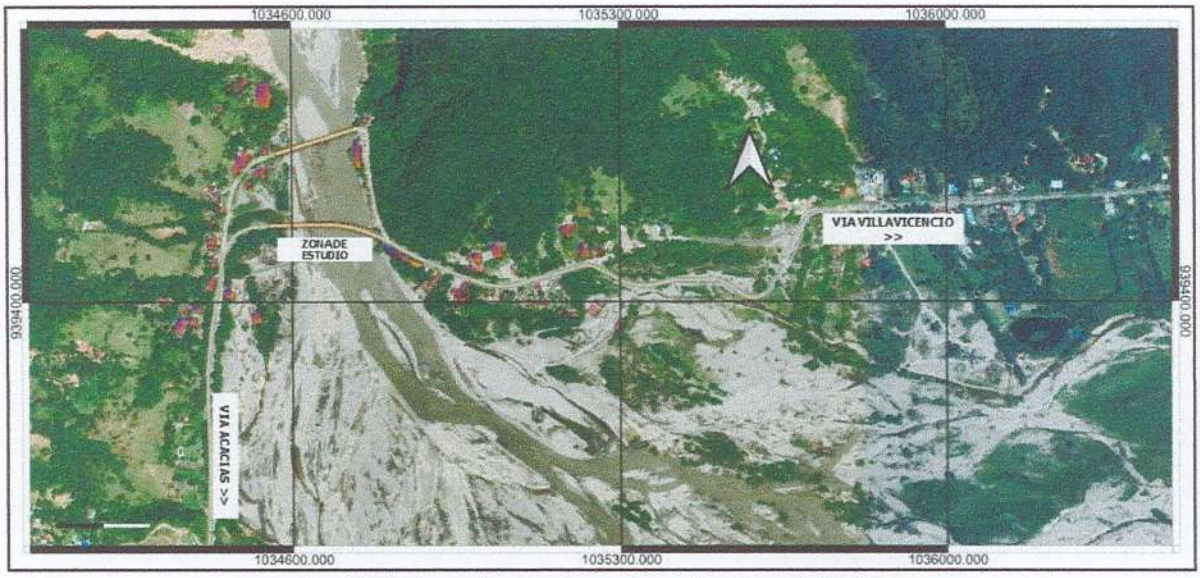


Ilustración 1, Localización municipio
Fuente: Elaboración propia con base de datos del IGAC

La zona de estudio se localiza en la margen derecha del río Guayuriba en el sector de la Vereda Brisa del Guayuriba, en el Municipio de Acacias Meta.

de la Cuncia baja.

Ilustración 2, Localización zona de estudio



Fuente: Elaboración propia con base de datos del IGAC

5. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

5.1 ACTIVIDADES NECESARIAS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS

- Consecución de información secundaria
- Consecución de información hidro climatológica, cartográfica y de suelos, en el IDEAM y en el IGAC.
- Análisis de Climatología
- Análisis de precipitación media y climatología: se realiza un breve análisis de la distribución temporal y espacial de la lluvia y otros factores climáticos que pueden influir durante la construcción.
- Caracterizaciones morfométricas de la cuenca
- Caracterizaciones morfométricas y de suelos de las cuencas presentes en la zona de estudio.
- Análisis de Precipitaciones máximas en 24h
  Conformadas las series anuales de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación de estudio, se someten a un análisis estadístico con diferentes distribuciones de frecuencia (Normal, Exponencial, Gumbel, logNormal, Gamma y logPearson III) seleccionando las de mejor ajuste de acuerdo con la prueba chi cuadrado [1]. De este análisis se obtienen las precipitaciones para los diferentes periodos de retorno.
- Análisis de Caudales Máximos
  Para la obtención de caudales máximos se emplean el Método el del Hidrograma Unitario. La intensidad de la precipitación se estima aplicando el Método simplificado de Cálculo de Curvas

IDF (Vargas & Diaz Granados, 1998), asumiendo una duración mínima de la precipitación de 15 minutos. El coeficiente de escorrentía y el Número de Curva se obtienen a partir de los estudios de suelo de la zona.

- Verificación y/o Calibración de la Cuenca.

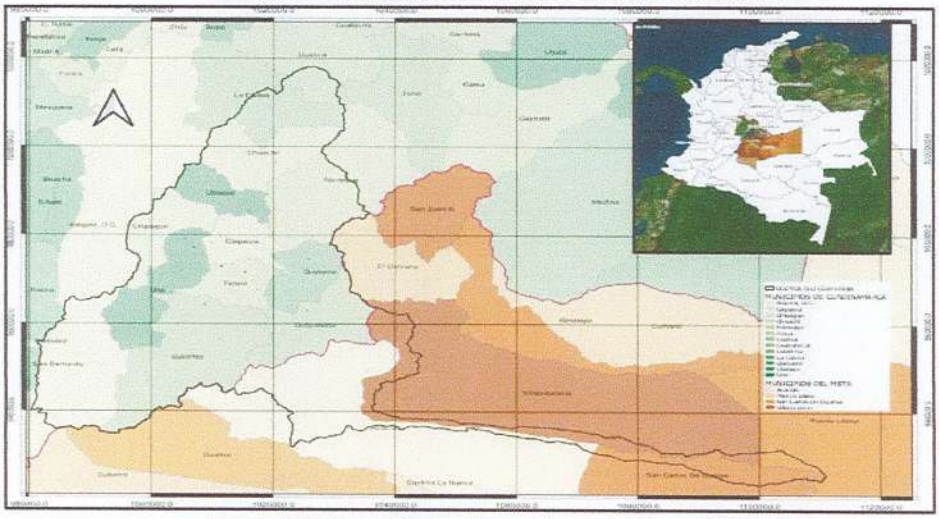
Ya con los datos obtenidos con las diferentes variables que se incluyen en un modelo hidrológico, se hace una comparación con los datos de obtenidos por las diferentes estaciones de caudales que se encuentran en la cuenca y los datos del modelo, donde si se hace necesario, se ajusta este último.

5.2 ANÁLISIS DEL SECTOR

El componente hídrico del municipio está integrado por la red hidrográfica de las cuencas de los Ríos, Guatiquia, Ocoa, Negrito y Guayuriba y las microcuencas de menor orden identificadas y delimitadas en los Planes de Ordenación y Manejo de las cuencas de los Ríos Guatiquia y Guayuriba adoptados por CORMACARENA.

La Cuenca del río Guayuriba presenta una extensión de 320.749 hectáreas, su jurisdicción se encuentra en doce (12) municipios del departamento de Cundinamarca, cuatro (4) municipios del departamento del Meta y la Localidad 20 de Bogotá Distrito Capital. Geográficamente está ubicada en el centro de Colombia, al sur de Cundinamarca y al nor-occidente del departamento del Meta. La cuenca del río Guayuriba presenta alturas que van desde los 200 m.s.n.m en los llanos orientales hasta los 4.000 m.s.n.m en las zonas de páramo en Bogotá y Cundinamarca.

Ilustración 3, Localización de la Cuenca Rio Guayuriba.



Fuente: Elaboración propia con base de datos del IGAC

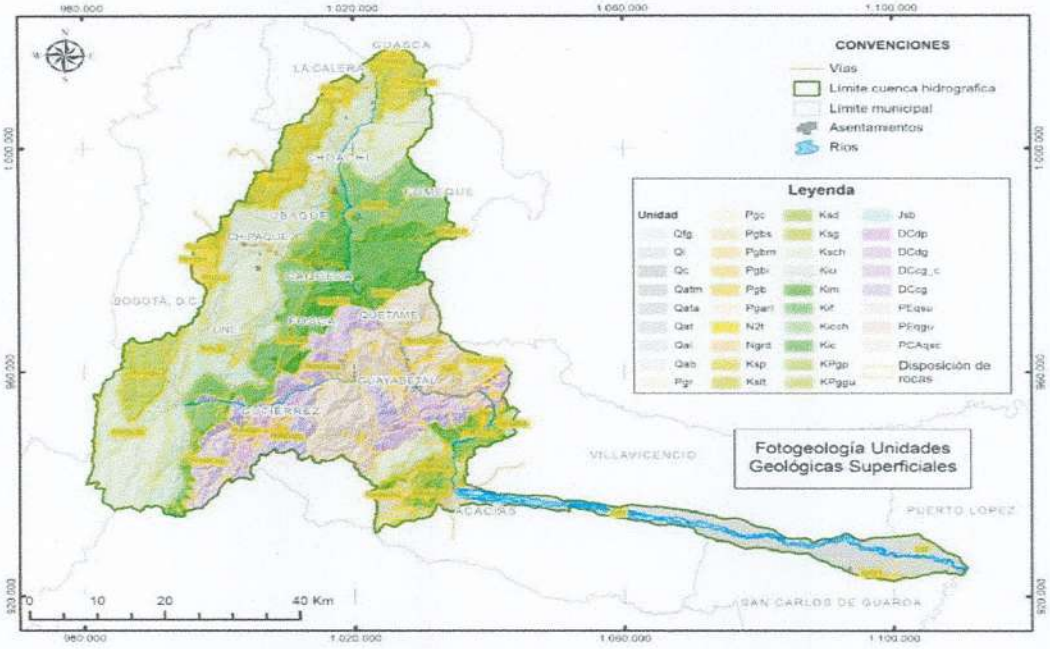
5.3 ASPECTOS GENERALES

5.3.1 GEOLOGÍA

En cuanto a lo que respecta a la geología, para el área de estudio se cuenta con un análisis detallado realizado por el Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS, denominado actualmente como el Servicio Geológico Colombiano, y el POMCA RIO GUAYURIBA.

La cuenca hidrográfica del río Guayuriba comprende las planchas Geológicas 228 Bogotá Noreste; 247 Bogotá-Cáqueza; 265 Icononzo; 266 Villavicencio y 267 Pachaquiaro.

Ilustración 4, Geología Cuenca del rio Guayuriba.



Fuente: UT Guayuriba Sostenible, 2018-POMCA RIO GUAYURIBA

La cuenca hidrográfica del río Guayuriba fue en sus comienzos (pre-Paleozoico a Paleozoico inferior) un depósito sedimentario, básicamente constituido por una secuencia areno-lodosa en ocasiones conglomerática que sufrió metamorfismo durante el Paleozoico, y constituyó la etapa terminal del depósito del escudo o una etapa post-escudo (Grupo Quetame). Es posible relacionar este evento metamórfico con procesos orogénicos acaecidos durante el Paleozoico temprano. En esta secuencia metamórfica considerada de edad precámbrica a Cámbrico-Ordovícico, se han reportado palinomorfos, que indican la presencia del Silúrico (Prössl & Grösser, 1994). Estos palinomorfos aparentemente han sido colectados en el conjunto de Metaconglomerados y Filitas de Susumuco

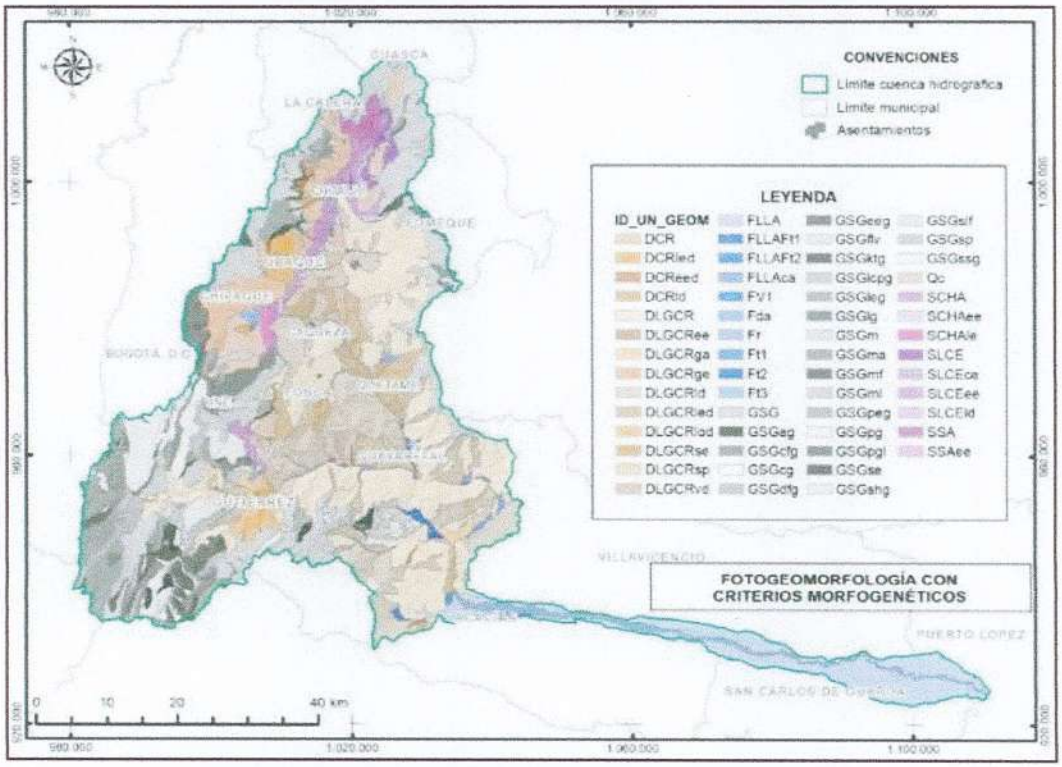
(PEqsu), lo cual estaría sugiriendo que parte de las metamorfitas del Quetame se habrían depositado durante este período.

Tras un período de erosión y posterior transgresión marina de aguas poco profundas, con etapas de circulación abierta y restringida, se depositaron sobre las rocas metamórficas, en discordancia angular, gravas finas, arenitas, lodos, limos y calizas durante el Devónico hasta el Carbonífero, que actualmente representan las formaciones Areniscas de Gutiérrez, las Lutitas de Pipiral y a las Capas Rojas del Guatiquía. A finales del Carbonífero estas unidades sufrieron levantamiento de bloques, plegamiento y fallamiento que afectaron tanto el Grupo Quetame como las rocas del Grupo Farallones, posiblemente relacionados con los movimientos orogénicos de finales del Paleozoico

5.3.2 GEOMORFOLOGÍA

En cuanto a lo que respecta a la geomorfología, para el área de estudio se cuenta con un análisis detallado realizado por el Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS, denominado actualmente como el Servicio Geológico Colombiano, la plancha 266 Villavicencio, Escala 1:100.000 y el POMCA RIO GUAYURIBA.

Ilustración 5, Geomorfología de la cuenca del rio Guayuriba



Fuente: UT Guayuriba Sostenible, 2018-POMCA RIO GUAYURIBA

La cuenca hidrográfica del río Guayuriba está localizada en los municipios de Une, Guasca, La Calera, Acacías, Villavicencio, Quetame, Guayabetal, Choachí, Ubaque, Fómeque, Gutiérrez, Fosca, San Carlos de Guaroa, Chipaque, Bogotá y Cáqueza, departamento de Cundinamarca, se encuentra ubicada geomorfológicamente en la morfogeoestructura correspondiente al Sistema Montañoso Orogénico Andino que bordea el cratón Guayanés por su parte noroccidental. A través de su historia geológica, este sistema montañoso ha sido producto de procesos de acumulación, erosión y levantamientos orogénicos y epirogénicos, con plegamientos asociados, localmente con fuerte metamorfismo e intrusiones graníticas que han determinado a través de su historia, desde el Proterozoico, la forma tridente del relieve actual.

6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

6.1 ZONA DE ESTUDIO

Para establecer la zona de estudio, es necesario delimitar la cuenca a estudiar, donde una cuenca hidrográfica es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida, es decir, es una especie de "embudo" del territorio por el que escurre el agua desde las partes altas, hasta llegar a un punto en común, de donde sale toda el agua que fluye hacia otro lado , respecto a los límites de una cuenca, estos constituyen lo que se conoce como "parteaguas" o "divisorias de aguas", es decir, las líneas imaginarias que une las crestas de las elevaciones de terreno por cuyas laderas escurre el agua hacia el cauce principal de salida de la propia cuenca, o hacia su centro, en caso de ser cerrada. Así, en vez de ser un "embudo", una cuenca cerrada es más bien como una "cuchara" (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2019).

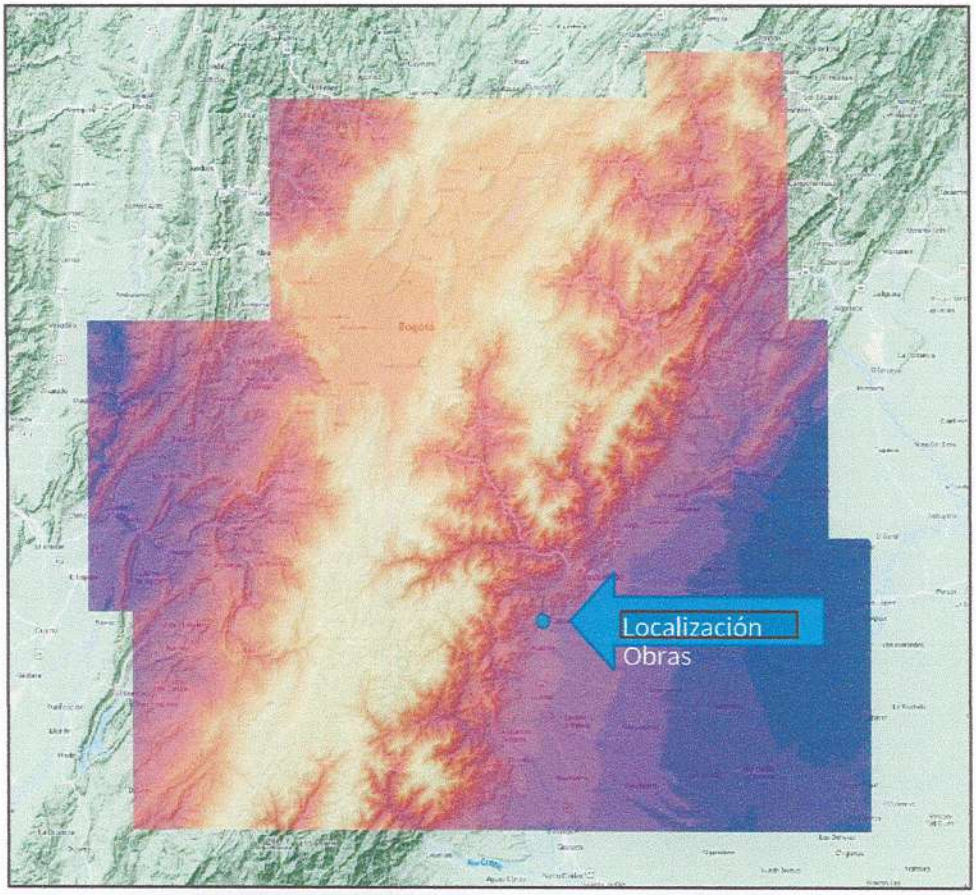
Para esto se obtuvieron datos ráster, que son una matriz de celdas (o píxeles) georreferenciadas organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como para este caso la elevación del terreno, de un servidor que contiene estos datos que es "Alaska Satellite Facility", de la zona de estudio, estas se muestran a continuación:

- AP_22684_FBS_F0060_RT1
- AP_26958_FBS_F0060_RT1
- AP_26958_FBS_F0070_RT1
- AP_26958_FBS_F0080_RT1
- AP_27206_FBS_F0060_RT1
- AP_27206_FBS_F0070_RT1
- AP_27381_FBS_F0060_RT1
- AP_27381_FBS_F0070_RT1
- AP_27381_FBS_F0080_RT1
- AP_27556_PLR_F0060_RT1

- AP_27731_PLR_F0090_RT1

Ya con la información de elevación obtenida se unieron las imágenes con un software de información geográfica (SIG), este permite crear consultas interactivas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio, conectando mapas con bases de datos, donde también se ubicó el punto de interés donde se van a implantar las obras.

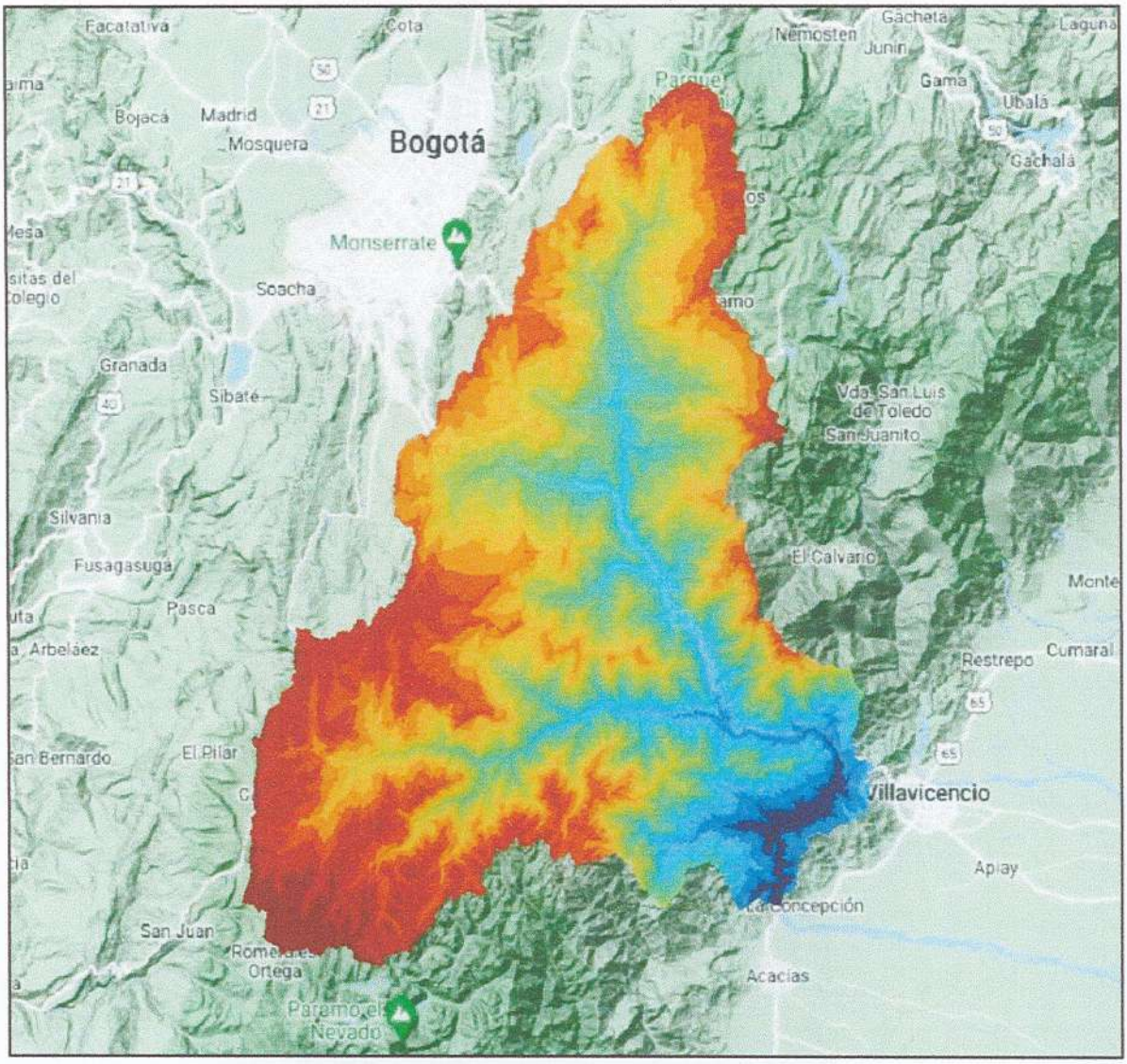
Ilustración 6, ráster de elevaciones



Fuente: Elaboración propia con base de datos del IGAC

Con esta información inicial se empieza la modelación hidrológica que es una representación simplificada de un proceso o un sistema, bajo una forma diferente en relación con el sistema mismo. El comportamiento hidrológico, hidráulico, hidrogeológico, puede ser muy complejo y un modelo suministra una vista simplificada, permitiendo reducir esta complejidad y resolver problemas específicos, para esto no ayudamos de un software especializado y delimitamos la cuenca con el archivo ráster antes obtenido y el punto de localización de las obras.

Ilustración 7, Cuenca Rio Guayuriba



Fuente: Elaboración propia con base de datos del IGAC

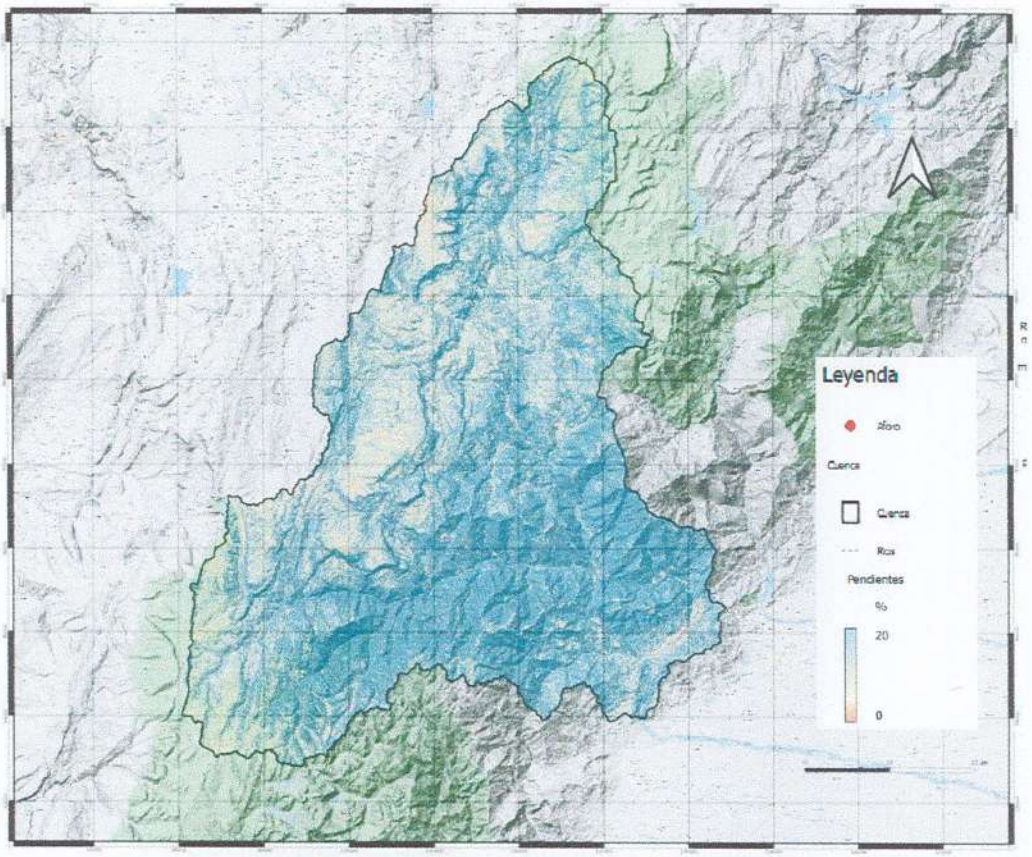
Ya con la cuenca definida tenemos un área de cuenca de 2824 Km2, que se encuentra en los departamentos de Cundinamarca y Meta.

6.1.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA

La caracterización morfométrica de una cuenca nos permite saber el comportamiento de esta a partir de parámetros, como parámetros generales, parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca, parámetros morfométricos asociados a la forma del relieve, parámetros

morfométricos asociados a la red de drenajes, y predecir como los efectos hidrológicos la afectaran.

Ilustración 8, Mapa de Pendientes

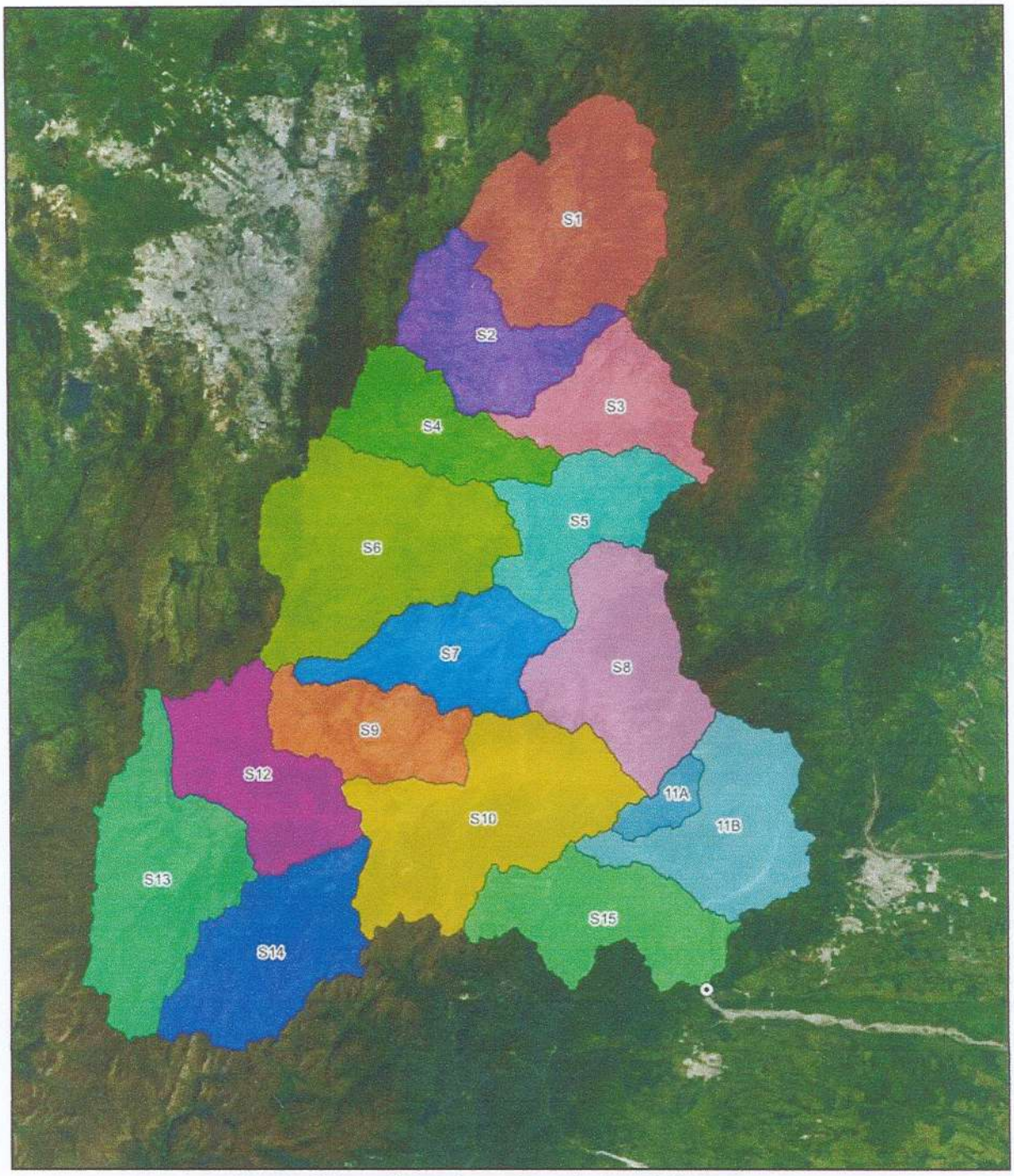


Fuente: Elaboración propia con base de datos del IGAC

En la ilustración anterior se presenta la delimitación total de la cuenca del rio Guayuriba, incluyendo los departamentos de Cundinamarca y Meta.

Para el análisis hidrológico no es recomendable manejar cuencas de gran tamaño, y teniendo en cuenta que esta es de 2824 Km2 es de gran tamaño, es necesario manejar subcuencas, y con la ayuda del software hidrológico se definieron 16 subcuencas, de diferente tamaño dependiendo de la topografía de esta.

Ilustración 9, Subcuencas



Fuente: Elaboración propia con base de datos del IGAC

6.1.2 PARÁMETROS FÍSICOS GENERALES

Con las subcuencas ya definidas y con la ayuda de un software de información geográfica calculamos los parámetros asociados a esta, donde se presentan las características físicas de las dieciséis (16) subcuencas que conforman la cuenca total hasta el punto de cierre en la zona de estudio. A partir de estas se realiza el cálculo de los parámetros relativos a la forma, relieve y drenaje.

Tabla 1, Parámetros físicos generales.

PARÁMETRO	PERÍMETRO (KM)	ÁREA (KM2)	LONGITUD MÁXIMA (KM)	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (KM)	ANCHO DE LA CUENCA	DESNIVEL ALTITUDINAL (M)
símbolo	P	A	LM	LCP	AC	DA
S1	97.74	254.35	22.35	14.65	11.38	2,031.00
S2	95.65	150.06	20.20	10.60	7.43	2,132.00
S3	83.30	127.90	20.60	10.40	6.21	2,488.00
S4	81.00	126.37	20.80	13.50	6.08	2,199.00
S5	111.03	294.81	25.1	21.5	11.75	2,506.00
S6	88.83	136.72	18.6	20.2	7.35	2,596.00
S7	89.63	141.30	24.2	13.11	5.84	2,440.00
S8	89.50	207.41	21.6	17.8	9.60	2,710.00
S9	76.40	128.24	18.24	11.4	7.03	2,414.00
S10	124.00	282.05	14.2	4.9	19.86	1,564.00
S11A	35.25	29.01	10.04	4.86	2.89	1,769.97
S11B	101.42	180.14	21.121	21.96	8.53	2,802.30
S12	90.91	166.56	21.29	15.4	7.82	2,152.95
S13	109.80	238.64	30.75	12.1	7.76	1,749.49
S14	95.13	192.72	25.2	15.55	7.65	2,312.00
S15	103.63	172.69	24.25	19	7.12	3,193.95

6.1.3 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS ASOCIADOS A FORMA DE LA CUENCA

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, particularmente en los eventos de avenidas máximas, en particular, las cuencas de igual área, pero de diferente forma, generan hidrogramas diferentes (Benjamín Lux Cardona, 2015), donde calculamos los parámetros de Factor de Forma, Coeficiente de compacidad y Coeficiente de circularidad, que se muestran en la siguiente taba.

Tabla 2, Parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca

PARÁMETRO	FACTOR FORMA	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	COEFICIENTE DE CIRCULARIDAD
Cuenca	FF	Kc	CC
S1	0.51	1.72	0.33
S2	0.37	2.19	0.21
S3	0.30	2.06	0.23
S4	0.29	2.02	0.24
S5	0.47	1.81	0.30
S6	0.40	2.13	0.22
S7	0.24	2.11	0.22
S8	0.44	1.74	0.33
S9	0.39	1.89	0.28
S10	1.40	2.07	0.23
S11A	0.29	1.83	0.29
S11B	0.40	2.12	0.22
S12	0.37	1.97	0.25
S13	0.25	1.99	0.25
S14	0.30	1.92	0.27
S15	0.29	2.21	0.20

Coeficiente de Forma (Kf)

Es la relación entre el ancho medio de la cuenca (B) y la longitud de su cauce principal (Lc).

Tabla 3, Valores Coeficiente de Forma

VALORES APROXIMADOS	FORMA DE LA CUENCA
>0,22	Muy alargada
0,22 – 0,3	Alargada
0,3 – 0,37	Ligeramente Alargada
0,37 – 0,45	Ni Alargada ni Ensanchada
0,45 – 0,6	Ligeramente Ensanchada
0,6 – 0,8	Ensanchada

Fuente: Campos, 1992

Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (Kc)

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área igual a la de la cuenca. Una cuenca tiende a ser redonda si el índice de compacidad es menor a 1.5, y alargada para valores mayores, de acuerdo con la información contenida en la siguiente Tabla (Campos, 1992); además entre mas bajo sea el coeficiente de compacidad, mayor será la concentración de agua.

Tabla 4, Clasificación de acuerdo con el índice de Compacidad.

CLASE	ÍNDICE DE COMPACIDAD	FORMA DE LA CUENCA
Kc1	1 - 1,25	Casi redondeada a oval - redondeada
Kc2	1,26 – 1,5	Oval - redondeada a oval oblonga
Kc3	1,5 a más de 2	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

Fuente: Campos, 1992

Coeficiente de Circularidad (Cc)

El coeficiente de Miller indica morfologías ensanchadas cuando los valores están cercanos a 1 o alargadas cuando este factor es cercano a cero.

6.1.4 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS ASOCIADOS A LA FORMA DEL RELIEVE

El relieve de una cuenca afecta directamente el tiempo de escorrentía, A mayor pendiente, corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes del cauce principal (Navarrete, 2004).

Tabla 5, Parámetros morfométricos asociados al relieve y a la red hidrográfica

CUENCA	CATA MÁXIMA (MSNM)	COTA MÍNIMA (MSNM)	ALTITUD MEDIA (MSNM)	ALTITUD MAYOR DEL CAUCE	ALTITUD MENOR DEL CAUCE	PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA (%)	PENDIENTE DEL CAUCE
S1	3,856.00	1,825.00	2,717.00	2,459.00	1,825.00	17.76	0.04
S2	3,688.00	1,556.00	2,660.00	2,072.00	1,556.00	18.57	0.05
S3	4,011.00	1,523.00	3,422.00	2,022.00	1,523.00	17.98	0.05
S4	3,670.00	1,471.00	3,423.00	2,356.00	1,471.00	16.67	0.07
S5	3,916.00	1,410.00	2,558.00	2,391.00	1,410.00	16.23	0.05
S6	3,939.00	1,343.00	2,306.00	1,787.00	1,343.00	22.02	0.02
S7	3,783.00	1,343.00	1,552.00	2,014.00	1,343.00	22.79	0.05
S8	3,613.00	903.00	1,552.00	1,539.00	903.00	27.81	0.04
S9	3,843.00	1,429.00	1,552.00	2,524.00	1,429.00	20.47	0.10
S10	3,918.00	2,354.00	1,552.00	2,840.00	2,354.00	17.67	0.10
S11A	2,653.00	883.03	1,611.17	982.00	883.03	30.71	0.02
S11B	3,462.00	659.70	1,415.00	883.03	659.70	26.64	0.01
S12	3,906.00	1,753.05	3,218.39	2,824.00	1,753.05	21.17	0.07
S13	4,108.00	2,358.51	3,562.32	3,318.00	2,358.51	16.12	0.08
S14	4,069.00	1,757.00	3,422.17	3,195.00	1,757.00	24.37	0.09
S15	3,738.00	544.05	1,680.40	1,117.00	544.05	25.49	0.03

Fuente: Campos, 1992

Pendiente media de la cuenca

Es otro parámetro definidor del relieve, y se calcula como la medida ponderada de las

pendientes de todas las superficies elementales en las que la línea de máxima pendiente es constante.

6.1.5 PARÁMETROS RELATIVOS A LA RED HIDROGRÁFICA

Estos parámetros obedecen a las características de los causes, para este caso, evaluamos toda la cuenca.

Tabla 6, Orden de los cauces y coeficiente de Bifurcación

HORTON		
Orden	**NO CAUCES**	**BIFURCACIÓN**
1	410	**1.1**
2	380	**1.2**
3	321	**1.1**
4	288	**1.4**
5	200	-
Bifurcación Media		**1.20**

Orden de corriente

Consiste en la clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Se realiza considerando de primer orden las corrientes más fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se une, resulta una corriente de orden dos.

Coeficiente de bifurcación

El coeficiente de bifurcación para un orden de corrientes determinado, se define como la relación entre el número de corrientes de un orden dado y el número de cauces con un orden superior N_n es el número de corrientes n, y $N_n + 1$ el número de cauces de orden n+1.

6.1.6 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

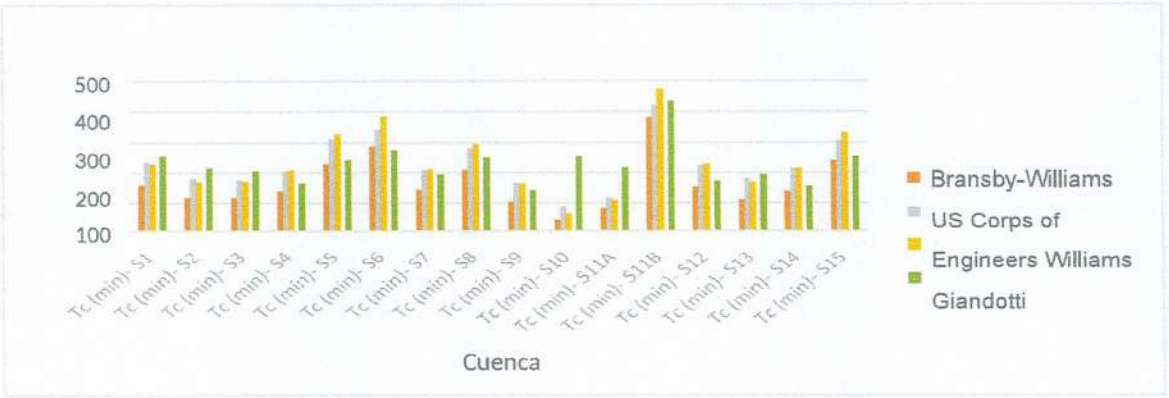
La duración con que se calcula la intensidad corresponde al tiempo de concentración de la cuenca, el cual se toma como el máximo entre 15 minutos (valor mínimo recomendado en el Manual de Drenaje del Invias, 2009) o el promedio de los tiempos de concentración calculados con las expresiones del US Corps of Engineers, Bransby-Williams, Kirpich, Ventura, Passini, SCS, Temez Williams, Giandotti, Haktanir-Sezen y California.

Después de computados los resultados de tiempo de Concentración, se excluyeron los datos obtenidos de las fórmulas de Ventura, Haktanir-Sezen, Temez, Kirpich, California y Williams ya que presentaban valores extremos, y se conservaron los que se representan en la tabla 7, donde se promedia, dando el valor de diseño a utilizar.

Tabla 7, Tiempo de concentración Cuenca

METODO	BRANSBY-WILLIAMS	US CORPS OF ENGINEERS	WILLIAMS	GIANDOTTI	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (PROMEDIO)	TIEMPO DE RETRASO
Tc (min)- S1	159.06	234.67	228.07	255.46	219.32	131.59
Tc (min)- S2	117.12	179.45	169.92	214.26	170.19	102.11
Tc (min)- S3	117.27	177.36	169.89	204.24	167.19	100.31
Tc (min)- S4	138.79	203.80	207.43	164.40	178.61	107.16
Tc (min)- S5	226.40	310.96	326.34	241.67	276.34	165.80
Tc (min)- S6	285.97	340.71	383.17	274.30	321.04	192.62
Tc (min)- S7	143.55	208.91	209.31	194.59	189.09	113.45
Tc (min)- S8	208.92	282.20	293.87	250.71	258.92	155.35
Tc (min)- S9	104.35	166.68	162.04	141.41	143.62	86.17
Tc (min)- S10	41.06	87.20	63.96	253.53	111.44	66.86
Tc (min)- S11A	82.20	117.08	109.30	217.37	131.49	78.89
Tc (min)- S11B	381.09	420.30	472.75	434.72	427.22	256.33
Tc (min)- S12	151.30	222.74	227.48	171.24	193.19	115.91
Tc (min)- S13	110.25	180.87	167.95	193.55	163.16	97.89
Tc (min)- S14	138.22	212.56	213.82	155.95	180.14	108.08
Tc (min)- S15	238.99	306.26	330.51	253.98	282.43	169.46

Ilustración 10, Tiempo de Concentración Subcuencas



7. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE

Se recopiló y analizó toda la información disponible relacionada con la zona de influencia, en cuanto a los registros climáticos, pluviométricos e hidrométricos sobre la cuenca del río Guayuriba, cartografía, zonificación de las coberturas de suelo asociadas a la cuenca objeto de estudio.

7.1. INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA

Como información secundaria se investigó la documentación existente en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM encontrando, donde se encuentra estaciones Hidrometeorológicas, Este tipo de estaciones poseen un pluviómetro, pluviógrafo y psicrómetro. Es decir, miden lluvias, temperaturas y/o humedad. cantidad de lluvia caída en un rango de tiempo, estas de describen a continuación.

Cerca del proyecto se identificaron 3 estaciones que nos pueden dar ciertos parámetros climatológicos de la zona donde se van a realizar las obras.

Tabla 8, Listado de Estaciones IDEAM cercanas del proyecto

CÓDIGO	TIPO	NOMBRE ESTACIÓN	MUNICIPIO	LATITUD (NORTE)	LONGITUD (OESTE)
35035070	Climática Principal	UNILLANOS	Villavicencio	4.07672	-73.582
35035010	Sinóptica Secundaria	BASE AEREA APIAY	Villavicencio	4.07711	-73.559
35020270	Pluviométrica	LA LIBERTAD AUT	Villavicencio	4.06	-73.47

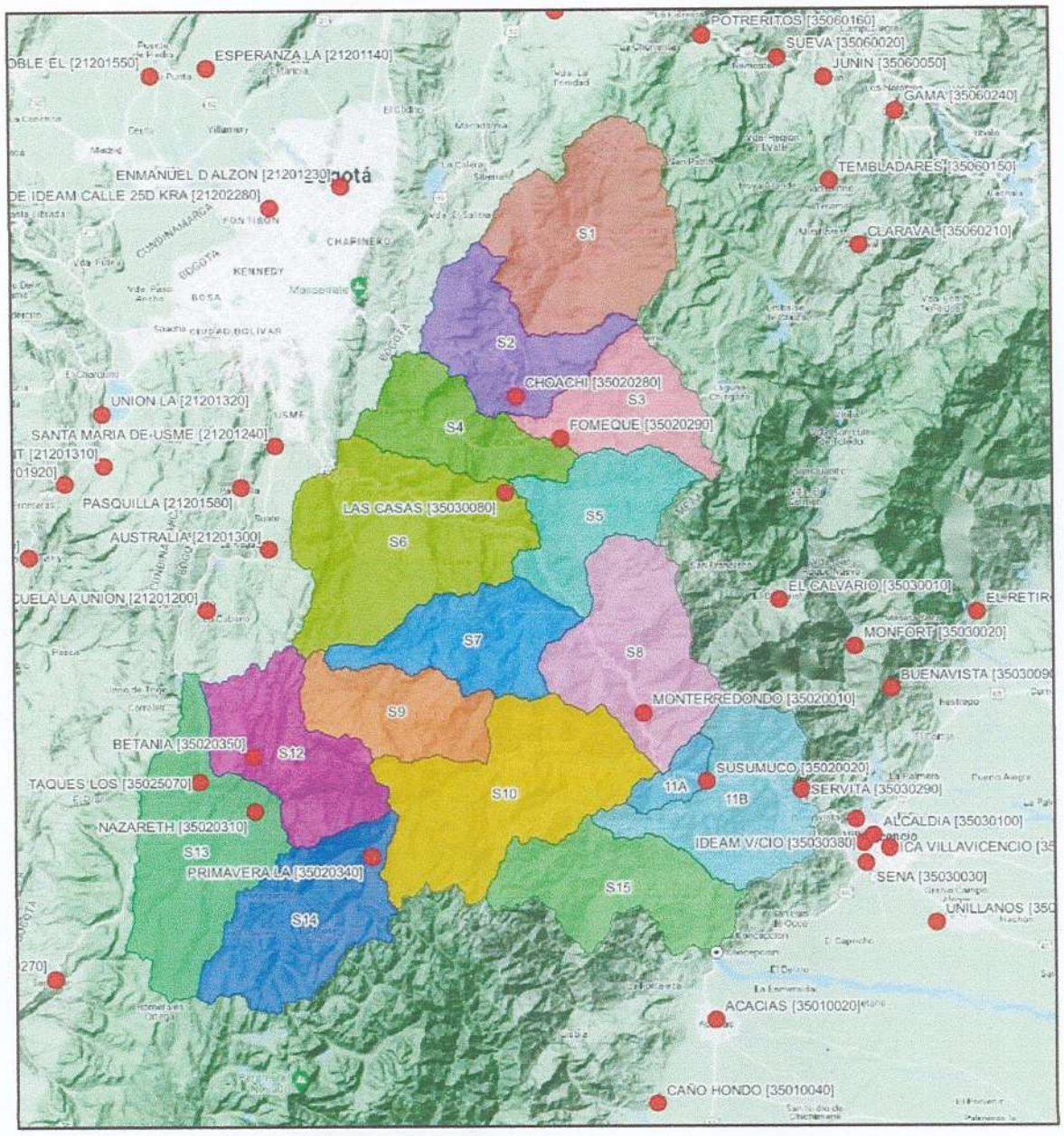
Adicionalmente se encontraron 24 estaciones en el área de influencia la cuenca del rio Guayuriba, de donde se pueden obtener datos de precipitación.

Tabla 9, Listado de Estaciones IDEAM de la cuenca rio Guayuriba

ID	NOMBRE - CÓDIGO	TIPO	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD
1	ACACIAS [35010020]	Pluviométrica	Acacías	3.99463889	-73.76558333
2	ACUEDUCTO LA ESMERALDA [35030040]	Pluviográfica	Villavicencio	4.16363889	-73.64772222
3	AUSTRALIA [21201300]	Pluviométrica	Bogota, D.C	4.39425	-74.132
4	BETANIA [35020350]	Pluviométrica	Bogota, D.C	4.21888889	-74.14686111
5	CHOACHI [35020280]	Pluviométrica	Choachí	4.52291667	-73.92658333
6	EL CALVARIO [35030010]	Pluviográfica	El Calvario	4.34999722	-73.71
7	ENMANUEL D ALZON [21201230]	Pluviométrica	Bogota, D.C	4.701125	-74.07030556
8	ESCUELA LA UNION [21201200]	Pluviométrica	Bogota, D.C	4.34294444	-74.18388889
9	FOMEQUE [35020290]	Pluviométrica	Fómeque	4.48652778	-73.89041667
10	IDEAM V/CIO [35030380]	Pluviométrica	Villavicencio	4.14408333	-73.64183333
11	LAS CASAS [35030080]	Pluviográfica	Cáqueza	4.44116667	-73.93638889
12	MONTERREDONDO [35020010]	Pluviométrica	Guayabetal	4.25444444	-73.82333333
13	NAZARETH [35020310]	Pluviográfica	Bogota, D.C	4.17225	-74.146
14	PASQUILLA [21201580]	Pluviométrica	Bogota, D.C	4.4465	-74.15483333
15	POTRERITOS [35060160]	Pluviométrica	Guatavita	4.82880556	-73.76927778
16	PRIMAVERA LA [35020340]	Pluviométric	Gutiérrez	4.1333333	-74.05

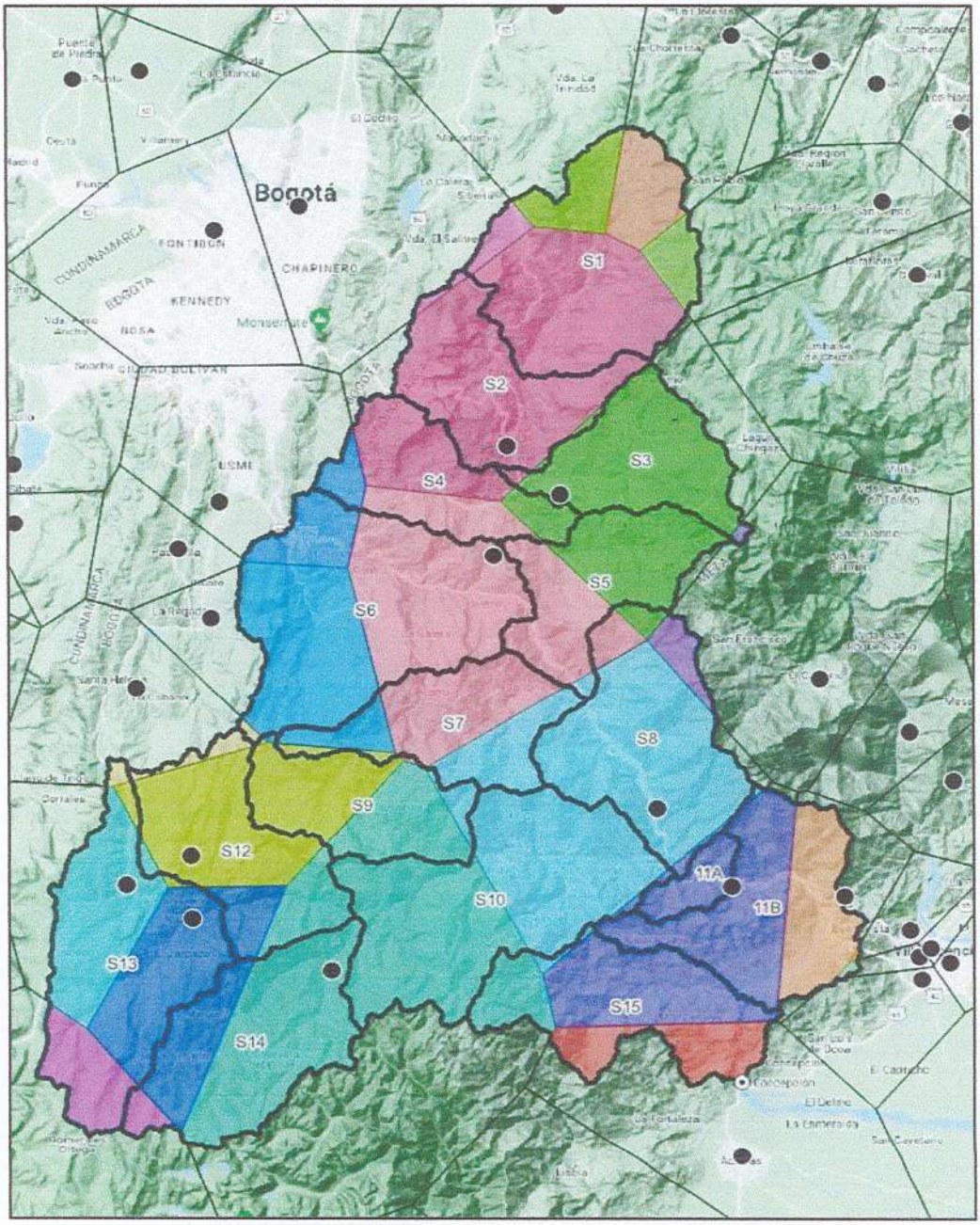
		a		3	
17	SAN ISIDRO [21201610]	Pluviométrica	Guasca	4.85028889	-73.89072222
18	SAN JUAN [21190270]	Pluviométrica	Bogota, D.C	4.03102778	-74.31116667
19	SANTA MARIA DE USME [21201240]	Pluviométrica	Bogota, D.C	4.48130556	-74.12627778
20	SENA [35030030]	Pluviográfica	Villavicencio	4.12736111	-73.63955556
21	SERVITA [35030290]	Pluviográfica	Villavicencio	4.18880556	-73.69311111
22	SUSUMUCO [35020020]	Pluviográfica	Guayabetal	4.19616667	-73.77191667
23	TAQUES LOS [35025070]	Pluviométrica	Bogota, D.C	4.19666667	-74.19094444
24	TEMBLADARES [35060150]	Pluviométrica	Junín	4.70486111	-73.66527778

Ilustración 10, Localización Estaciones IDEAM



Para establecer las estaciones a utilizar, se recurrieron a los diagramas de Voronoi, que son una construcción geométrica que permite construir una partición del plano a partir de puntos, en este caso las estaciones hidrometeorológicas del IDEAM, y así ver la influencia de cada estación en cada subcuenca.

Ilustración 11, Diagrama de Voronoi a partir de estaciones IDEAM



Ya con los polígonos de Voronoi obtenemos las estaciones mas influentes en cada cuenca, que se muestran a continuación.

Tabla 10, Estaciones Hidrometeorológicas para cada cuenca

SUBCUENCA	NOMBRE ESTACIÓN
S1	CHOACHI [35020280]
S2	CHOACHI [35020280]
S3	FOMEQUE [35020290]
S4	CHOACHI [35020280]
S5	FOMEQUE [35020290]
S6	LAS CASAS [35030080]
S7	LAS CASAS [35030080]
S8	MONTERREDONDO [35020010]
S9	PRIMAVERA LA [35020340]
S10	MONTERREDONDO [35020010]
11A	SUSUMUCO [35020020]
11B	SUSUMUCO [35020020]
S12	BETANIA [35020350]
S13	TAQUES LOS [35025070]
S14	PRIMAVERA LA [35020340]
S15	SUSUMUCO [35020020]

7.1.1 CARTOGRAFÍA

Para el análisis de la cuenca fue necesario recolectar información secundaria, como el modelo digital del terreno (DEM) del ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) y los planos de cartografía básica a escala 1:25000 y 1:100.000 de toda la zona de proyecto obtenidos del geoportal del Instituto Agustín Codazzi - IGAC, realizado en los años correspondientes; además de los archivos Shp de la cobertura del suelo, elevaciones, pendientes, usos del suelo y la litología de la cuenca.

7.1.2 ESTUDIOS DE REFERENCIA

Para la cuenca del Rio Guayuriba se han realizado diferentes estudios dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

- **CONTRATO DE CONSULTORÍA No 20 de 2019**: "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y CONTROL DE EVOLUCIÓN DEL RÍO GUAYURIBA, DE LA VÍA VILLAVICENCIO- GRANADA, SECTOR LA CUNCIA-

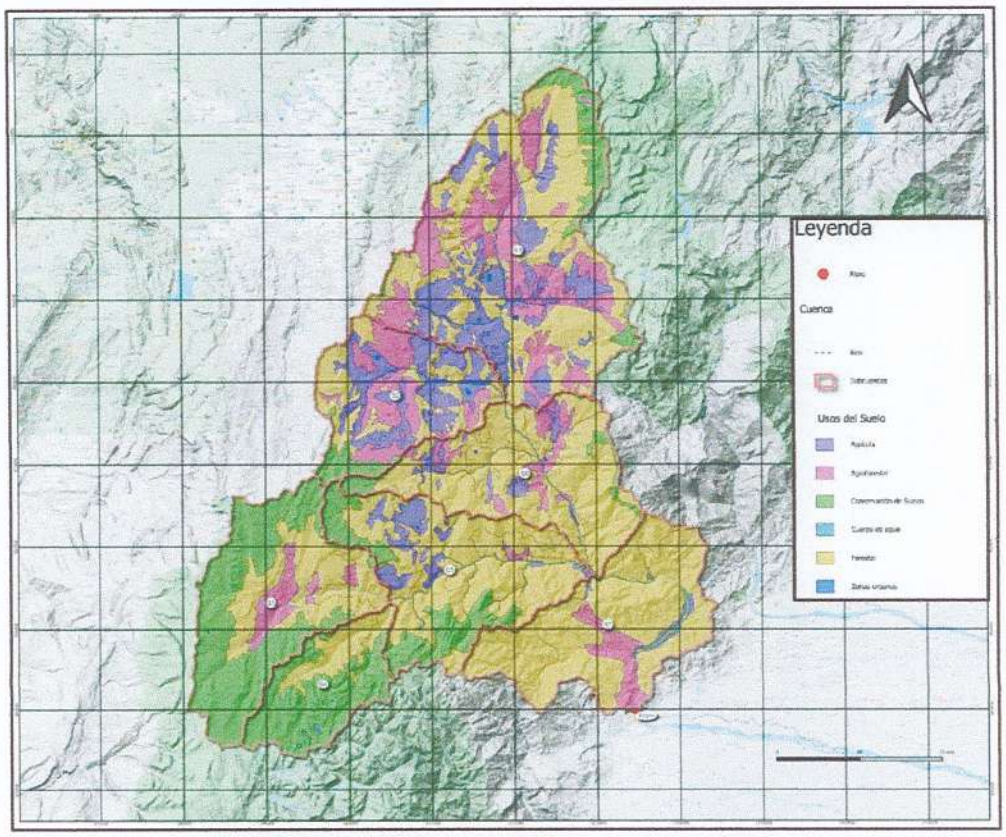
ACACÍAS ENTRE EL K16 Y K18+500" de CONCESIÓN VIAL DE LOS LLANOS.

- **POMCA RIO GUAYURIBA** "Actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Guayuriba (Código 3502), en el marco del proyecto "Incorporación del componente de gestión del riesgo como determinante ambiental del ordenamiento territorial en los procesos de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas afectadas por el fenómeno de la niña 2010- 2011".

7.1.3 MAPA DE SUELOS Y COBERTURAS

Se asignaron los tipos de suelos correspondientes al trazado del proyecto esto con el fin de determinar parámetros de cálculo del estudio hidrológico, esto con base en planchas cartográficas y el Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Meta y Cundinamarca, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC, 2004).

Ilustración 12, Mapa de suelos y coberturas



Elaboracion propia con base de datos del IGAC

7.2. ANÁLISIS HIDROCLIMÁTICO

Para la caracterización del régimen anual de diferentes parámetros se analizaron la estaciones climatológicas, pluviométricas e hidrométricas más cercanas a la cuenca del rio Guayuriba.

7.2.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS

Para la caracterización del clima se evidencia que la estación más cercana a la zona de estudio es la Unillanos (35035070), la cual cuenta con los registros de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, brillo solar y evaporación, que se relacionan a continuación.

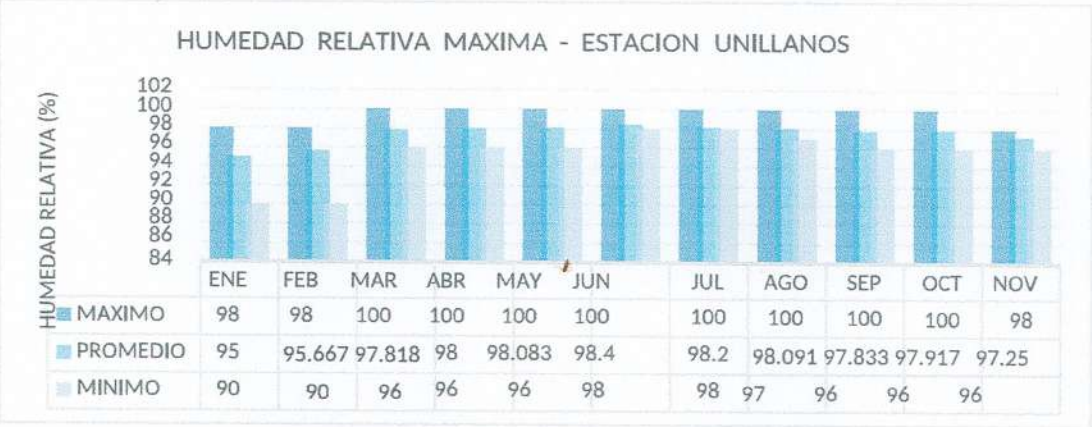
Ilustración 13, Estaciones cercanas al área de estudio



- Humedad Relativa

La humedad relativa es entendida como la cantidad de agua en el aire en forma de vapor, comparándolo con la cantidad máxima de agua que puede ser mantenida a una temperatura dada. Con respecto a la distribución temporal de la humedad relativa calculada máxima mensual de la estación empleada Unillanos (35035070) se observa que la humedad promedio es de 98%, alcanzando valores del 100% en la época lluviosa y de 90% en la época seca.

Figura 1, Humedad relativa máxima mensual Estación Unillanos (35035070)



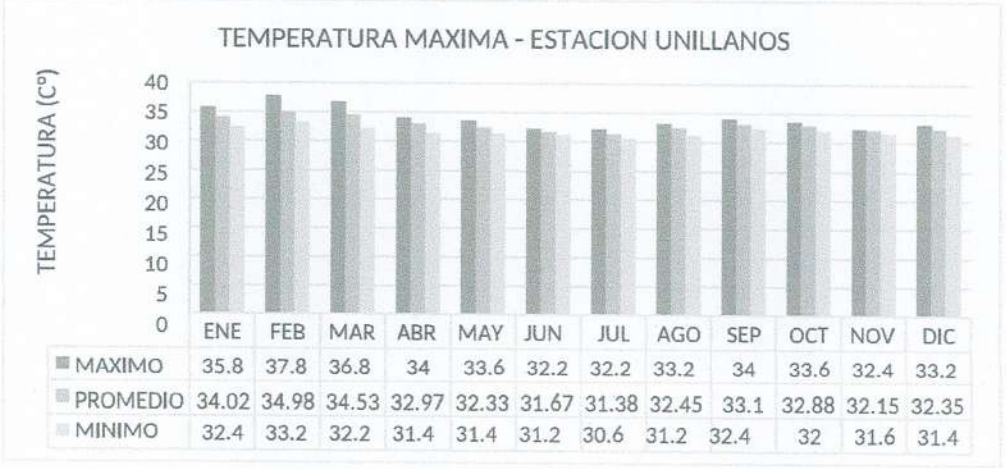
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
MAXIMO	98	98	100	100	100	100	100	100	100	100	98
PROMEDIO	95	95.667	97.818	98	98.083	98.4	98.2	98.091	97.833	97.917	97.25
MINIMO	90	90	96	96	96	98	98	97	96	96	96

Fuente: Registro de IDEAM – elaboración propia

- Temperatura Máxima

Con respecto a la distribución temporal de la temperatura máxima, mostrada en las Figura 3 se presentan los valores máximos, medios y mínimos mensuales para la estación empleada. La temperatura máxima promedio multianual es de 34.98 C°, donde la variación de la temperatura oscila entre 30.6 C° a 37.8 C°. siendo los meses de febrero y julio respectivamente.

Figura 2, **Temperatura máxima mensual, Estación Unillanos (35035070)**



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMO	35.8	37.8	36.8	34	33.6	32.2	32.2	33.2	34	33.6	32.4	33.2
PROMEDIO	34.02	34.98	34.53	32.97	32.33	31.67	31.38	32.45	33.1	32.88	32.15	32.35
MINIMO	32.4	33.2	32.2	31.4	31.4	31.2	30.6	31.2	32.4	32	31.6	31.4

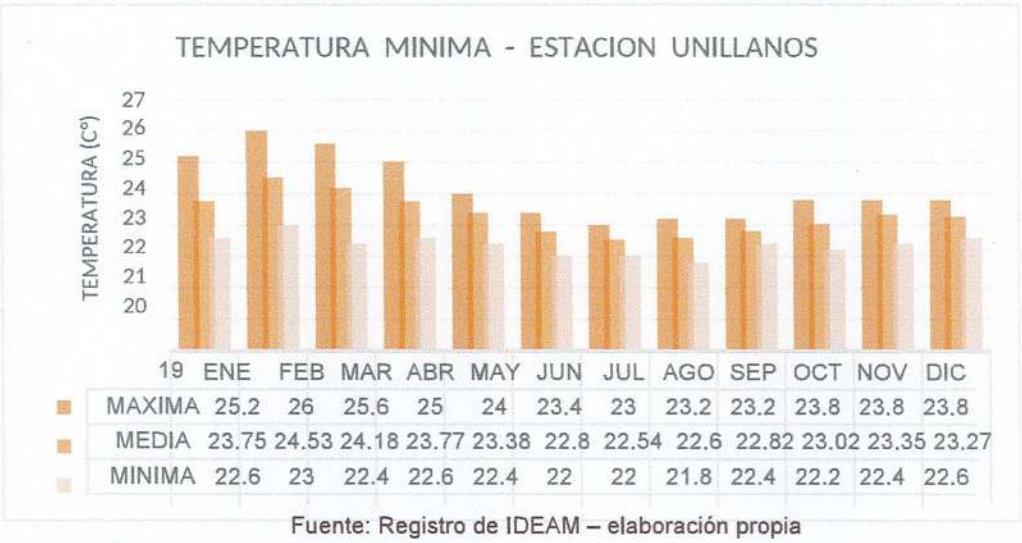
Fuente: Registro de IDEAM – elaboración propia

- Temperatura Mínima

Con respecto a la distribución temporal de la temperatura mínima, mostrada en las Figura 4

se presentan los valores máximos, medios y mínimos mensuales para la estación empleada. La temperatura mínima promedio multianual es de 24.53 C°, donde la variación de la temperatura oscila entre 21.8 C° a 26 C°. siendo los meses de agosto y febrero respectivamente.

Figura 3, Temperatura mínima mensual, Estación Unillanos (35035070)



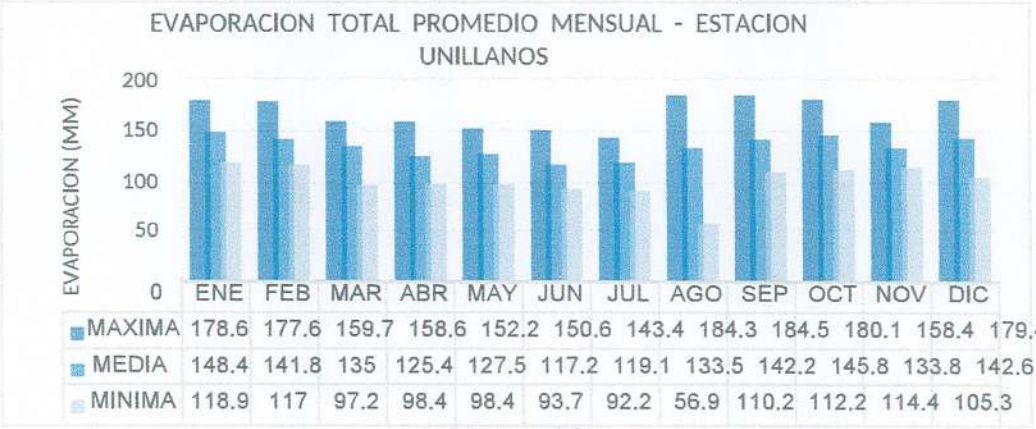
19	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMA	25.2	26	25.6	25	24	23.4	23	23.2	23.2	23.8	23.8	23.8
MEDIA	23.75	24.53	24.18	23.77	23.38	22.8	22.54	22.6	22.82	23.02	23.35	23.27
MINIMA	22.6	23	22.4	22.6	22.4	22	22	21.8	22.4	22.2	22.4	22.6

Fuente: Registro de IDEAM – elaboración propia

➢ Evaporación

De acuerdo con la siguiente figura, donde se presenta el parámetro correspondiente a la evaporación total promedio mensual multianual de la estación Unillanos, se tienen valores máximos promedio en los periodos agosto-octubre y diciembre-febrero, que oscila sobre los 180 mm de evaporación acumulada mensual. El promedio mínimo se presentó en el mes de abril con un valor de 30.3 mm.

Figura 4, Evaporación mensual Estación Unillanos (35035070)



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMA	178.6	177.6	159.7	158.6	152.2	150.6	143.4	184.3	184.5	180.1	158.4	179.4
MEDIA	148.4	141.8	135	125.4	127.5	117.2	119.1	133.5	142.2	145.8	133.8	142.6
MINIMA	118.9	117	97.2	98.4	98.4	93.7	92.2	56.9	110.2	112.2	114.4	105.3

fuente: propia

7.2.2 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN

Para el análisis de precipitación se realiza de acuerdo polígonos Vioronoi dentro del perímetro de la cuenca del rio Guayuriba como se explicó anteriormente en el capítulo 4.3.1. A continuación, se presenta una tabla con las estaciones analizadas.

Tabla 11, Estaciones

ID	NOMBRE
1	BETANIA [35020350]
2	CHOACHI [35020280]
3	FOMEQUE [35020290]
4	LAS CASAS [35030080]
5	MONTERREDONDO [35020010]
6	PRIMAVERA LA [35020340]
7	SUSUMUCO [35020020]
8	TAQUES LOS [35025070]

- PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL

Se realiza el análisis de precipitación total mensual para cada estación, donde se registran los siguientes valores:

En el comportamiento del régimen de precipitación total mensual de la estación BETANIA [35020350] se evidencia valores máximos entre los meses de abril a junio y valores mínimos entre diciembre a enero, siendo en promedio de 9.644 mm en el mes de enero y 24.748 mm en el mes de junio. Con un promedio total anual de 18.804 mm.

Tabla 12, Estación BETANIA [35020350]

AÑO	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1987	40	45.4	20	31	49	23	20.1	12.3	11.3	25	10	5
1988	20	5.1	36	29	14	45	16.2	13.9	12.7	14	14.9	8.4
1989	19.4	5.6	19.7	29.5	25.8	20	12.5	18	20	12.8	20	6
1990	18	7	13	18	11	19	28.3	19	13	22	15	2
1991	16	10	11	37	18	31	27	12	14	12	26	22
1992	15.6	5.2	19	19.1	30	19	22.4	28	14	29.8	20	10.2
1993	14	20	15	20	6.1	20	20	15	22	13	15	16
1994	11.2	20	15	20.4	33	14.5	20	17	15.2	14.5	21.7	23
1995	11	13	19	27	18	28	20	19	17	15	23.1	12.1
1996	10.6	10	13.7	27	31.4	15.4	20	21.8	20	6.5	16.5	12.3
1997	10.5	13.2	12	17.8	12	10.1	7.6	12	5	20	40	25.3
1998	10.1	13.5	12	11	23.2	22	13	21	11	13	13	20
1999	10	10	20	20	36	59	31	34	17	35	20	15

2000	10	7	20	30	56	20	27.5	30	15	40	40	10
2001	10	6.5	11	40	20	20	20.5	40	7.5	20	30	4
2002	9.3	26.4	21	18	20	14	25	20	14	18	17	37
2003	8.1	30.1	22.4	23.5	49.5	24.5	28.5	40	25	26.7	55	40
2004	8	10.5	21.2	13	34.7	66	32.2	19.6	15.2	18.4	20	12
2005	8	18	8	20	20	20	30	70	50	30	20	20
2006	7.5	13	21	19	21.5	22.4	22	18.5	28	20	9.8	17.3
2007	7	9	20	14	32	20	13	17.2	14	20	33	10
2008	7	10	22.5	12	24	32	40	12	15	13	13	4
2009	5.5	8.9	21.6	13.9	23.9	21.7	13.2	20.6	19	25.3	11.5	14
2010	4	11.5	16.5	13.8	22.5	19.4	25.4	29.4	12.2	18.3	17	13.2
2011	4	18.2	12	30	23.8	25.2	31.2	17.2	15.5	36.4	15.3	3
2012	4	11	13	16.4	30	20	22	18	16	8	45.1	15
2013	4	3	6	25	20	21	30	31	19.5	11.5	10.9	
2014	3.2	11.1	10	27.3	10	44	14	33	12.2	15	10	10
2015	1.1	11.5	3	10.5	22	25	36.4	20	14	19	11	10.5
2016	1	8.4	8	14.5	28	13.7	18	20	12.8	26	19.6	28
2017	0.5	12.1	13	22.7	20	21	34.3	12	19.4	18.3	34	19
2018	0	1	1.7	2.2	1.3	3.1	9.5	8	16	23	11.5	8
2019			14	22	30			17.6	15	27	12	21.5

Fuente: IDEAM

En el comportamiento del régimen de precipitación total mensual de la estación CHOACHI [35020280] se evidencia valores máximos entre los meses de abril a junio y valores mínimos entre diciembre a enero, siendo en promedio de 7.443 mm en el mes de enero y 24.653 mm en el mes de Abril. Con un promedio total anual de 17.589 mm.

Tabla 13, Estación Estación CHOACHI [35020280] Fuente: IDEAM

Año	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1982	21.00	15.00	11.00	10.00	13.00	10.00	10.00	13.00	7.00	24.00	19.00	8.40
1983	8.40	14.90	25.20	61.30	17.30	17.80	24.00	24.50	20.10	21.50	9.40	6.80
1987	1.00	15.20	24.50	12.60	21.60	15.00	24.40	12.80	13.70	17.20	14.60	10.00
1988	-	4.00	5.00	15.00	61.00	18.70	16.90	20.50	13.20	45.30	23.20	10.70
1989	1.40	12.00	22.00	4.10	16.00	28.80	17.50	17.20	10.80		43.90	39.60
1990	13.80	4.40	26.70	19.40	11.60	26.00	20.20	18.70	11.20	15.60	17.00	19.50
1991	13.50	1.80	9.10	19.60	13.20	13.40	15.20	30.40	11.80	3.70	26.50	7.20
1992	11.80	5.40	7.10	17.00	11.20	12.60	19.30	13.70	27.20	8.30	26.30	7.70
1993	8.10	7.40	11.40	15.60	13.00	14.80	19.60	9.80	15.60	17.90	12.90	7.20
1994	11.60	4.20	11.10	12.80	21.60	21.90	25.20	25.70	11.20	23.10	9.60	5.90
1995	2.30	9.60	35.70	62.10	17.50	28.90	12.30	18.70	18.20	9.10	17.80	6.50
1996	10.30	24.20	18.60	24.00	42.30	14.90	19.70	13.90	25.20	24.60	18.30	12.10
1997	6.50	13.80	18.40	15.20	22.50	18.90	9.90	11.80	18.80	13.70	12.20	8.60
1998	1.10	6.70	33.40	15.90	34.20	28.40	23.50	9.80	10.50	17.20	7.40	24.90
1999	9.60	18.00	15.70	27.60	19.00	15.70	14.10	11.60	19.60	23.00	15.60	22.50
2001	1.00	9.00	5.70	9.10	27.20	13.90	19.20	12.60	24.00	28.10	0.20	25.60
2002	0.50	7.30	33.30	26.00	23.00	28.30	13.20	22.30	17.70	37.70	18.20	8.30
2003	9.70	2.60	16.70	16.20	22.70	32.90	12.30	13.40	16.80	5.40	13.20	14.70

2004	11.70	9.70	16.40	27.80	20.50	24.40	18.20	14.00	22.70	36.20	36.40	4.00
2005	9.80	15.80	9.80	14.00	65.20	18.00	12.40	7.20	16.50	16.60		9.90
2006	7.60	1.40	15.20	18.20	9.60	25.80	19.40	12.00	21.70	40.50	40.80	12.00
2008	4.80	6.50	9.90	14.60	44.50	20.50		2.80	18.50	22.40	38.40	6.20
2009	14.10	13.40	11.60	30.40	21.80	22.60	14.80	26.80	6.00	22.40	20.20	1.40
2010	0.40	11.60	16.10	23.60	24.30	25.30	23.40	16.70	19.20	14.50	28.60	23.50
2011	4.90	12.90	17.20	23.70	17.70	15.30	16.20	8.60	77.20	25.40	23.00	20.10
2012	11.80	17.50	15.20	28.50	19.50	15.70	17.30	17.50	12.40	9.80	12.70	34.50
2013	0.20	9.50	7.10	20.30		14.50	17.80	28.10	8.50	21.90	29.70	7.90
2014	-	18.70	25.10	19.90	23.10	28.20	12.50	15.40	17.80	11.40	12.00	21.40
2015	6.00	2.60	14.80	13.20	11.10	36.70	27.20	12.40	23.40	12.20	18.00	3.50
2016	4.30	4.40	13.50	24.60	24.40	14.80		27.20	17.50	17.00	39.50	6.80
2017	14.90	9.00	24.00	23.60	26.30	33.40	10.90	24.60	9.20	39.40	30.90	5.90
2018	19.20	5.40	10.90	18.70	20.30	23.20	23.50	30.20	13.40	30.20	13.90	2.40
2019	12.80	3.90	11.00	60.70	59.20	20.60	23.20	29.60	22.20	12.30	15.30	2.40
2020	1.60	10.20	29.30	21.20	21.60	25.40	25.20	21.60	28.20	8.20	17.60	19.60
2021	4.80	10.30	27.50	23.60	21.20	18.80	16.10	26.60	22.00	34.80	20.50	2.40

En el comportamiento del régimen de precipitación total mensual de la estación FOMEQUE [35020290] se evidencia valores máximos entre los meses de abril a junio y valores mínimos entre diciembre a enero, siendo en promedio de 9.297 mm en el mes de enero y 24.629 mm en el mes de Abril. Con un promedio total anual de 18.537 mm.

Tabla 14, Estación FOMEQUE [35020290] Fuente: IDEAM

AÑO	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1982	28	10	14	27	20	8	20	23	18	15	20	6
1983	4	19.5	18.9	27	14.1	37.5	31.3	22	26.4	29	8.9	13.3
1984	11.5	19.3	6.1	38	17	23.6	24	35.2	27.7	39.2	37	15
1985	8.2	5.2	27.2	35	27	25	20	25	40	36	12	0.4
1986	0.9	40	16	25	25	45	45	25	10	17	17	16
1987	8	22	25	25	35	25	39	25	17	45	30	12
1988	2	5	8	50	20	20	20		13	30	26	35
1989	15	30	60	40	40	26.6	15	17.5	16.2	19	14.5	19
1990	13.5	7	14.5	18	15	25	8	10	10	35	6	16
1992	2	2.3	4	22.5	20.5	11.7	16.7	14.4	29.4	7	35.1	2.4
1993	6.3	9.5	13.7	29.6	16.8	12.7	19.6	13.5	16.5	18	28.7	18.6
1994	12.3	21.4	13.4	22.5	31.6	29.5	29.7	28.4	14.8	25.9	22.1	18
1995	2.4	3.8	20.9	28.7	14.8	28	16.7	22.6	26.6	11.3	19.2	14.2
1996	14.6	18.9	4.5	24.7	31.4	11.2	11.5	28.6	12.6	30.8	4.9	29.8
1997	5.5	11.2	16.5	14.3	39.5	23.3	13.5	20	5	6.3	13.3	16.9
1998	1.9	3.3	12.1		10.9	9.8	9.5	18.5	11	9	2.8	11.5
2000				15	43.8	23.6	30.4	13.5	14.2	15.1	19.2	7.2
2001	1.6	2.2	3.6	4.8	15.3	17	10.5	20.5	21.4	9.1	5.3	15.3
2002	2.8	2.3	28.5	11.8	15	21	8.9	7.8	12.2	10.3	7.8	8.9
2003	9.8	3.5		9.8	10.3	10.5	8.9	4.2	4.8	5.6	8.2	18
2004	40.8	11.9	17.2	12.1	22.1	18.9	19.2	16.5	23.8	28.9	17.8	18.7
2005	9.2	7.8	15	17.9		9.8	3.9	6.3	8.3		14	3.8
2006	28	4.3	21	21.9	9.8	18.4	19.3	4.9	4.9	6.8	9.2	6.1
2007	0	25.6	29	20.5	19.8	8.1	6.3	10.1	19.8	18.9	11	17.5

2008	5.1	8.2	7.2	8.5	9.5	4.8	23.1	50	21.5	26.8	3.6	3.6
2009	3.2	3.1	12.3	13.6	19	21.6	34.3	9.7	2.8	29	13	3.4
2010	0.5	0	17	25.8	33.1	25.9	32.1	13.6	24.5	9.4	38.3	22.3
2011	4.9	19.3	18.3	29.6	23.3	15.4	15.8	10.8	27.2	25.7	19.2	19.9
2012	12	32.7	28.7	35.7	19.8	32.7	24.3	16.1	12.9	22.8	10.4	48.5
2013	0	17.1	13.9	25.2	37.1	23	20	19.4	13.1	27.1	23.4	8.4
2014	8.4	18.1	25.3	24.1	20.8	27.9	10.9	18.9	18.3	14.2	17.2	8.9
2017	12.2	11.8	22	9.9	43.7	39.7	12.5	22.7	14.6	29.1	76.2	6.6
2018	20.9	5.7	11.8	31.5	32.1	27.7	28.2	35.9	14	31	44.2	3.7
2019	13.3	3.9	11	30.2	50.8	33.2	25.6	37.3	30.5	20.5	18.3	14.8
2020	8.5	7.3	33.4	20.7	23.7	28.3	35	38.5	17.5	21.4	12.7	23.7
2021	8.1	9.5	20	30.2	34.4	24.2	26.8	41.5	19.6	24	17.5	1.5

En el comportamiento del régimen de precipitación total mensual de la estación LAS CASAS [35030080] se evidencia valores máximos entre los meses de abril a junio y valores mínimos entre diciembre a enero, siendo en promedio de 15.431 mm en el mes de enero y 134.536 mm en el mes de Abril. Con un promedio total anual de 74.504 mm.

Tabla 15, Estación LAS CASAS [35030080]

AÑO	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1988	0	11.6	9.5	44.4	94.7	118.4	113.7	134.7	92.1	101.6	74.8	43.1
1989	6	33.8	22.5	19.3	120.5	61.3	84.9	58.2	41.6	19.3	48.6	
1990	50.4	19.2	85.5	87.2	94.7	89.5	62.1	115.4	55.5	33.3		50
1991	0	9.3	44	75.5	88.9	123	130.9	131	97.5	31.6	59.5	5
1992	56	7.3	23.2	74.5	86.8	70.6	141.7	91.2	97.1	28.7	66.7	8.8
1993	17.9	9.7	59.9	116.2	107.4	93.8	160.6	74.9	70	71	82.8	11.5
1994	26	21.8	51.1	88.2	193.4	137	120.8	121.9	57.9	96.2	60.2	15.4
1995	5.8	0	33.7	93.4	113.1	128.8	103.1	83	88.6	54.7	56.1	19.9
1996	13.2	93.8	27.7	94.9	184.5	108.5	133.4	106.6	74.7	73.4	55.1	64.4
1997	9.8	41	20.4	48.6	148.9	92.2	99.5	82	46.2	38	38.3	2
1998	13.8	16.6	38.5	53.3	163.2	157.3	180	94.7	56.8	81.9	52.6	50.1
1999	49.8	78	54.2	145.5	113.8	136	83.1	89.8	111.6	93.1	74.5	32.2
2000	13.8	50	101.3	61.1	245.9	94.5	104.2	146.4	83.8	54.1	62.8	22.9
2001	0	14.7	27.5	57.8	123	104.7	108.3	69.1	99.3	59.7	58.8	82.9
2002	2	1.8	83.4	142.3	170.1	174.1	70	94.8	55.3	140.6	23	18.3
2003	0	0	59.3	79.4	76.3	89.9	121.8	29.7	76.2	56.3	57.7	26.5
2004	14	38.2	20.8	115.8		197.9	146.3	90.3	71.5	80.1	76.8	10.9
2005	18	31.1	29.7	90.7	168.2	114.2	70.7	78.9	74.9	71	53.4	9
2006	32.6	0	105	133.7	59.2	165.9	75.2	107.3	55	129.1	86.9	7.9
2007	0	26.5	62.7	94.2	102.8	157.4	56.9	116.5	64.5	29	37.1	37.9
2008	2.5	18.3	25.3	67.7	166.3	165.7	120.4	84.3	123.5	82.8	119.3	19.4
2009	19.7	13.4	83.9	105.1	77.3	120.5	116.7	145.1	30.1	46.7	27	9.6
2011	8	64.5	113.4	174.8	156.3	79.1	81.4	75	35.4	86.4	138.8	36.4
2013	2.9	35.5	53.6	68	196.8	78.8	152.4	89.1	79.5	72.5	133.2	26.7
2014	8.6	8.9	31.3	132.9	98.8	154.7	112.3	107.9	78.5	63	56.1	45.6
2015	12.6	9.7	30.7	133	86.3	155.1	143.9	77.3	100.6	55.9	49.4	13.6
2016	0	9	33.9	179.1	144.9	81.4	118.9	146.4	106.4	82.2	90.5	29
2017	40.7	28.8	158.8	48	163.1	135.4	124.3	124.6	74.3	83.1	91.8	32.8
2018	23.4	13.5	29.3	123.8	221.8	161.2	183.2	140.2	62.4	72.4	22.8	2.5

Fuente: IDEAM

En el comportamiento del régimen de precipitación total mensual de la estación MONTERREDONDO [35020010] se evidencia valores máximos entre los meses de abril a junio y valores mínimos entre diciembre a enero, siendo en promedio de 12.759 mm en el mes de enero y 54.408 mm en el mes de Abril. Con un promedio total anual de 35.943 mm.

Tabla 16, Estación MONTERREDONDO [35020010]

AÑO	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1952	7.5	7	73	60.6	102.3	22	41.4	39.8	20.3	12.7	3.7	2.5
1953	9.5	7.8	12.5	36		50	51	20	0	9.4	16	24
1954	19.5	26.6	16.8	71	92.6	64.2	40.2	50.8	73	28.8	41	12
1955	16.4	10.2	21.6	21	72	25		37.2	25.8	11	23.4	7.2
1956	6.8	6.8	27.2	24.4	36	44	36.8	36.2	21	40.2	21	18.8
1957	1.6	18.4	45.2	44.6	33.8	42.2	82.6	50.2	66.8	30.8	12	7.6
1958	2.8	15.2	25.8	23	44	40.8	47.6	105.2	26.2	36.2	36.6	16.4
1959	3.4	11.2	27	31.4	32	30.2	78.8	52.2	45.2	55.6	14	51.6
1960	34.2	18.2	10.8	36.2	38.2	42.2	41.6	43.4	43.2	30.2	24.6	14.4
1962	7.8	9.4	37.2	26.3	31.2	105	94	28	48	20	30	36.6
1963	19.6	54.6	9.4	24.4	52.2	27.6	32.6	35	29	50	26	35
1964	0	30	10	36	62	52	66.4	46	40.4	34.2	33.5	22.4
1965	0	16	26	32.2	74.6	37	30	45	21.6	26.4	24.8	26.3
1966	26	15	30	24.6	21.6	52	56.6	50	31.8	29	20	10.8
1967	10	18	28	33.8	44.4	58.6		52.2	47.6	17.4	14.4	6
1968	6.2	38.2	28	46.4	27.2	52	61	32.4	52	33.6	28	51.4
1969	17.4	15	28	44	39.4	50	57	56.4	77.4	56.4		26.4
1978	11	12	14	45	52	56	42	56	32	38	26	30
1980	32	0	36	52	39	92	34	30	47	40	28	0
1987	8	43	44.8	37.1	26.7	51.3	100.9	28.2	30.4	29.1	41.7	32.2
1988	0.3	8.6	11.5	72.2	38.7	55.3	42.4	35.8	33.2	41.1	23.2	22.2
1989	13.4	22.8	20.1	33.1		35.3	42.5	38.2	69.2	49.6	16.9	13.6
1990	25.5	19.5	55.3	45.3	40.7	66.2	24.1	66.1	52.9	38.9	20.2	26.3
1991	3.2	48.6	19.5	18.3	31.1	42.6	51.3	83.9	88.1	21.5	12.5	8.1
1992	20.3	7.4	43.5	78.3	31.3	38.5	51.5	52.2	72.1	28.1	32.5	11.5
1993	23.3	7.5	52.4	45.6	38.9	38.1	36.8	39.8	36.4	29.9	20.1	26.3
1994	14.3	23.8	38.5	40.9	68.1	43.1	60.5	43.4	29.1	49.2	16.1	20.2
1995	17.1	4.2	17.4	67.6	34.1	53.3	21.3	37.3	32.2	48.7	21.8	20.2
1996	9.9	46.4	18.5	42.3	61.7	21.8	56.3	38.9	65	15	22	25
1997	20	24	70	21	105	27	60	34	31	27	14	10
1998	5	26	17	31	51	106	46	39	18	32	29	11
1999	27	17	27	29	68	77	32	38	35	48	37	16
2000	10	15	48	28	75	36	55	46	42	31	51	26
2001	8	11	27	27	52	50	39	40	34	37	33	28
2002	7	5	52	40	108	70	52	38	61	21	34	30
2003	0	9	31	40	63	45	63	55	38	48	24	14
2004	5	32	49	24	34	115	59	28	55	21	19	6
2005	37	27	21	46	63	67	55	42	57	24	22	9
2006	28	18	30	49	51	49	28	84	47	27	24	14
2007	7	10	21	28	34	30	33	45	44	18	24	

2008	15	11	14	30	91		65	54	29	34	40	53
2009	14	10	20	40	19	73	61	49	29	26	26	16
2010	5	20	68	52	40	53	99	44	40	31	21	30
2011	9	15	22	26	44	27	30	27	38	45	33	15
2012	5	35	42	69	38	46	40	55	51	50	21	45
2013	3	28	16	28	52	48	66	44	25	35	29	14
2014	6	21	20	57	41	56	84	63	23	27	18	25
2015	30	12	42	60	40	39	60	45	22	31	19	11
2016	5	22	25	35	59	42	61	95	53	33	20	18
2017	30	21	42	29	77	50	70	43	73	28	38	20
2018	10	3	12	44	93	48	35	105	35	49	18	18
2019	12	15	31	38	78	60	148	44	68	31	19	25
2020	6	13	24	53	73	41	50	94	70	18	18	15
2021	18	16	18	75	59	29	57	137	52	40	34	12

Fuente: IDEAM

En el comportamiento del régimen de precipitación total mensual de la estación PRIMAVERA LA [35020340] se evidencia valores máximos entre los meses de abril a junio y valores mínimos entre diciembre a enero, siendo en promedio de 13.481 mm en el mes de enero y 36.026 mm en el mes de Junio. Con un promedio total anual de 25.345 mm.

Tabla 17, Estación PRIMAVERA LA [35020340]

AÑO	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1987	20	45	20	23	58	35.4	60	30	25.3	30	12	29.5
1988	5.2	26.6	11.4	23	32	50	37.4	93	46	27	31	25.5
1989	14	16.8	28	19.3	35	25	43.8	17.8	12.3	42.5	11.5	20
1990	21	14.6	35	36.9	30	38.9	30	28.5	20	15	35	20
1991	4	30	15	15	32	81	27.3	32.5	29.5	25.9	15	16.5
1992	7.2	30	20	30	40	30	34	37.8	27.5	10	13	8
1993	10	14.8	22.2	30	38	54	59.4	11	29	18	18.5	3.4
1994	19	20	27.5	37	35	29.5	25.5	30	27.5	22.5	13.7	30.5
1995	34	4.5	31.5	41	19.3	18	30	20	15	31	15	10
1996	15.8	123.4	15.4	15.7	24	36.5	37.2	49	32.3	23.8	29	15.5
1997	8.5	32.8	18.5	23.6	46	31.2	35	35	22.7	16.5	28.3	10
1998	14.4	13.6	23.5	26.4	35	32.5	40	15	12	16.4	14	45
1999	27	10	8.3	9.5	27	40	22	20	13.2	34.7	22	6
2000	16.4	17.8		24.9	40	22.5	36.5	23.2	28	65	46	24.4
2001	10.3	38	27	34	45	38	27	30	38	21	29.3	18
2006	23	13.9	22	30	37.9	28.5	20	39	39.3	48.8	35.4	1.2
2007	3.8	20.3	51.4	64.3	35.4	31.2	49.5	27.1	29	22.5	29	23
2008	6.5	16.7	9.4	30	38.1	25	27	30.1	78.7	74.9		
2009			22.2	45	29.5	30	33.8	29.8	13.6	29	10	4
2010	3.2	17.4	18.7	15	32.4	33.5	36	20	23	0		
2013	1.9	18	22.5	33	31	44.3	24.9	15.2	24	25	27.5	11
2014	8	23	10	49	27	97.5	22.5	23	13	7	16	20
2015	8		11		30.5	32	32.4	32.1	23.5	9.5	9.6	

2017	10	22.6	25	16	15	21.6	21	25	13.8	20	23.5	23.5
2018	7.3	1	5	20.9	32	27	20.5	20		30	1.5	1
2019	30	2.2	3.3	20	32	9.6	30	30	10	30	10	3.2
2020	22	3	22	9	30	30	25.9	10.3	10.2	9.7	29	

Fuente: IDEAM

En el comportamiento del régimen de precipitación total mensual de la estación SUSUMUCO [35020020] se evidencia valores máximos entre los meses de abril a junio y valores mínimos entre diciembre a enero, siendo en promedio de 32.208 mm en el mes de enero y 99.259 mm en el mes de Junio. Con un promedio total anual de 74.312 mm.

Tabla 18, Estación SUSUMUCO [35020020]

AÑO	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1969	42	84	49	120	70	135		34	72	89	120	70
1970	31	55	63	80	140	120	120	80	80	70	45	78
1971	40	70	55	140	90	110	165	140	100		143	39
1973	15	5	43	90	84	81	50	126	121	110	63	58
1974	39	37	30	94	103	202	100.4	105	111	115	53	9
1975	22	13	34	62	92	141	129	98	47	59	85	69
1976	19	32	37	67	102.5	58	83	50	49	86	87	34
1977	4	29	88	75	93	84	117.5	100	89	52.5	43	61
1978	30	31	52	56	143	85	131	67	114	91	89	100
1979	11	2	45	156	89	76	73	120	76	110	92	129
1981	78	73	91	57	94	133	104	57	129	127	146	64
1982	41	59	45	100	91	97	69	138	64	98	38	29
1983	37	88.7	19.1	110	48	118.3	93.8	78	109.6	86	64.9	56.3
1984	79.3	63.2	62.3	75.3	67.9	141.6	69.2	114.4	77.1	56	46	59.3
1985	20	15	49.1	54.1	138.5	168.2	105.6	153.9	36.1	98.5	23.3	18.7
1986	34.3	91.4	47.1	106.6	149.6	74.2	132.9	98.4	63.3	56.6	112.2	78.1
1987	21.2	99.2	64.9	80.1	61.4	122.7	135.2	96.6	128.5	133.5	51.3	63.1
1988	11.6	27.5	53.1	92.3	47.4	106.6	86.5	69.3	61.2	147.1	61.3	69.4
1989	36	74.2	58.2	56.8	46.7	75.1	46.7	131.7	57.5	97.3	54.3	26.4
1990	27.6	116	92.1	35.6	66.4	91.5	67	82.8	70.5	68.6	47.6	110
1991	42.9	50.8	30	79	128.8	143.3	103	87.5	126.6	79.3	29.5	6.8
1992	59.2	16.2	64.6	50	83.7	79	54.6	102	131.6	69.1	55.6	30.2
1993	54.3	16.8	53.4	120.1	86.4	72.8	88	60.3	63.3	64.4	23	76.6
1994	28.2	49	20	110	130.9	107	112	95	65	80	32	52
1995	72	10.2	40	92.3	91	92	52	118.5	94	92	97	30
1996	30	103	50	79	91	42	108	73	137	44	48	46.1
1997	34	57	140	122	137	72	129	124	93	164	101	22
1998	9	88	45	65	116	136	114	98	45	67	89	28
1999	72	38	47	58	86	106	63	60	82	52	81	26
2000	18	27.1	59.1	43	110	58	64	106.7	105	90	58	58
2001	13	32	26	61	100	103	58	82.9	106	51	88	38
2002	12	15	92	64	107	138	95	95	75	84	64	67

2003	1	15	86	48	64	87.4	50.8	68	91	83.1	46	76
2004	13	73	67	91	78	134	143	130	150	50	133	13
2005	25	56	20	83.8	90	119	105	63	166	67	75	49
2006	64	52	74	123	100	85	57	148	109	73	47	46
2007	23	17	53	53	36	127	93	86	55	64.2	82	37
2008	6	13	25.2	45	156		94	123	60	85	53	
2009	39	15	76	82	45		61.2	83.2	66	62	92	26.3
2010	0	40.4	84	87	73	77	145	74	61	55	86	96
2011	52	6	51	79	75	65	97	60	80	33	68	23
2012	4	61	52	101	80	69	52	80	89	55	62	107
2013	3	48	60	106	99	51	80	57	49	48	34	52
2014	44	50	47	136	113	87	98	74	43	57	30	55
2015	110	20	55	87	72	57	101	61	50	50	80.1	45
2016	2	9.5	25	110.3	88	70	110	140	140	70	125	140
2017	37	26	108	48	180	114	84	112	85	85	83	75
2018	36	2	35	140	159	95	90	140	90	86.1	68	25
2019	35	30	75	95	105	98	135	58	210	110	60	75
2020	24	23	37	73	140	86	120	77.9	75	55	33	37
2021	41	24	34	109	134	73	97	133	90	60	54	28

Fuente: IDEAM

En el comportamiento del régimen de precipitación total mensual de la estación TAQUES LOS [35025070] se evidencia valores máximos entre los meses de abril a junio y valores mínimos entre diciembre a enero, siendo en promedio de 9.62 mm en el mes de enero y 30.789 mm en el mes de Junio. Con un promedio total anual de 20.92 mm.

Tabla 19, Estación TAQUES LOS [35025070]

AÑO	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1988	1	12.8	15.4	15	26.7	28.3	20.4				23.5	78.8
1991	8.4	18	11.2	13	23	20	27.1	28.5	12.3	15.4	17	12.3
1992	11.5	17.1	21	24	30.5	16	29	24.2	17.3	5.7	20.5	5.4
1993	9.7	15	10.5	18.2	22.4	23	35.6	14.7	20.7	18.6	22	10.8
1994	8.7	7.4	25.4	18.9	25.8	26.4	23.7	18.5	17.5	11	27.5	14.8
1995	12.2	7.8	43	26.3	35.2	20.5	24	21	15	21	12	11.2
1996	9.5	28.3	17.5	23.5	46	12	33	17	23.3	19	26	17.3
1997	12.5	27	15	17.5	43	26	15.6	16.7	9.9	23.6	15.9	5.1
1998	3	13.5	23	9	29	24	81	20	11.6	22	14	16.2
1999	6.5	12.5	18	19	23	37.1	18.5	17.5	25	26.2	11	10.5
2000	14	9.8		26	34	24	18.2	23.5	20.5	38	17.3	17.8
2001	16	21	12.4	42	22	28.4	32	10.5	23	10.2	12	22
2002	5.1	4.3	32.4	37.5	34	58	32	39	33	30	20.3	19.5
2003	0	14.5	11	35.5	16.5	29	18	10.6	16	17.4	13	10
2004			17.3	39.5	32	24	28.2	22	17.5	56	60	6.6
2005	12	14	15.1	17.2	42.6	17.9	45	22	13	28.2	16	5.5
2006	15	7	18.5	24	29.5	28.5	55	18.3	16.5	20	26	6
2007	2.5	12	10.5	24.1	30.5	49	32.8	34	16.4	19	26.7	26
2009	17	13.8	17.2	18	16.8	19	30.4	18.3	11.2	22.2	11	2

2010	3.5	15	56	36	23	25	50.6	12	30.4	22.3	30.2	40
2011	18.6	10	19.6	56	18.5	9.9	22	16	11.8	22	63.2	
2013			20.2	23.1	31	15.4	14.8	19.7	19	17	9	10.1
2014	8.8	12.7	7.8	36.1	11.2	39	22	20.3	25	6.3	15	20
2015	9.5	6.6	30	10	85	18.5	10.5	30.5	30	10	21	9.5
2018	8	0	5.7	6	9	14.2	20	14	14	3	59	6.4
2019	3.5	1.2	4.5	37.5	34.5	44.2	10.5	9		12.5	10.2	10.4
2020	24	10.5	6.7	4.8	56.6	94	22	4.8	7.5	26.5	76.1	1.8

Fuente: IDEAM

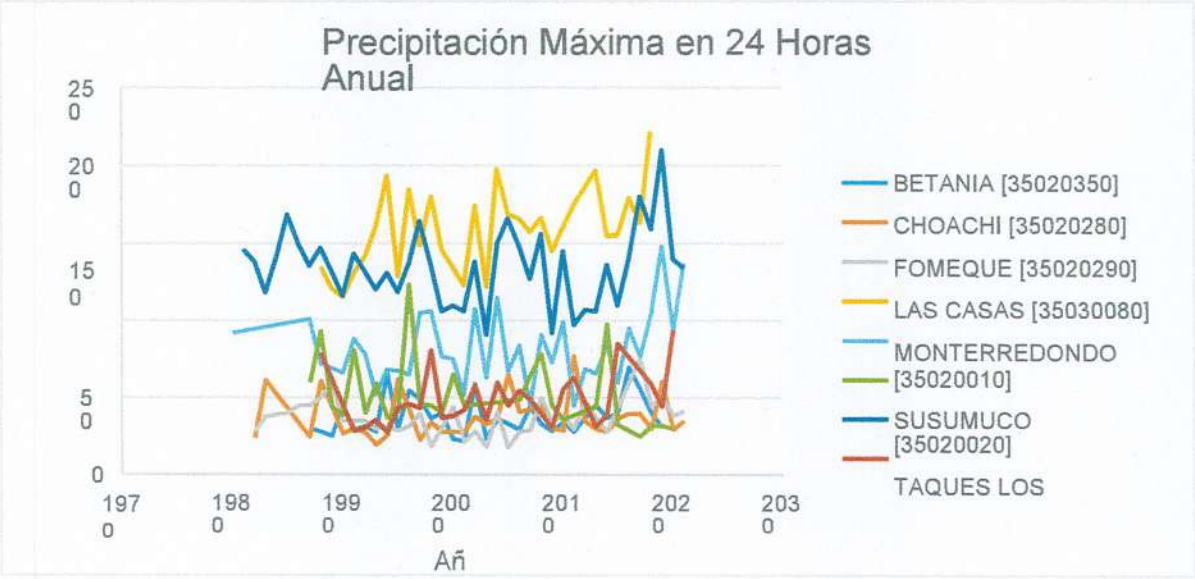
Precipitación (mm)

➢ PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS

Se descargaron los datos de pluviométricos para las estaciones de estudio teniendo en cuenta un histórico de lluvias con más de 20 años. Con el fin de analizar todos los registros totales de las estaciones

El primer paso es el de conformar la serie histórica, lo cual, por tratarse de niveles extremos con bajos coeficientes de correlación entre estaciones, se realiza por inspección visual, retirando o aceptando en la serie anual los valores que a juicio del Especialista sean representativos de niveles máximos.

Figura 5,, Precipitaciones máxima estaciones



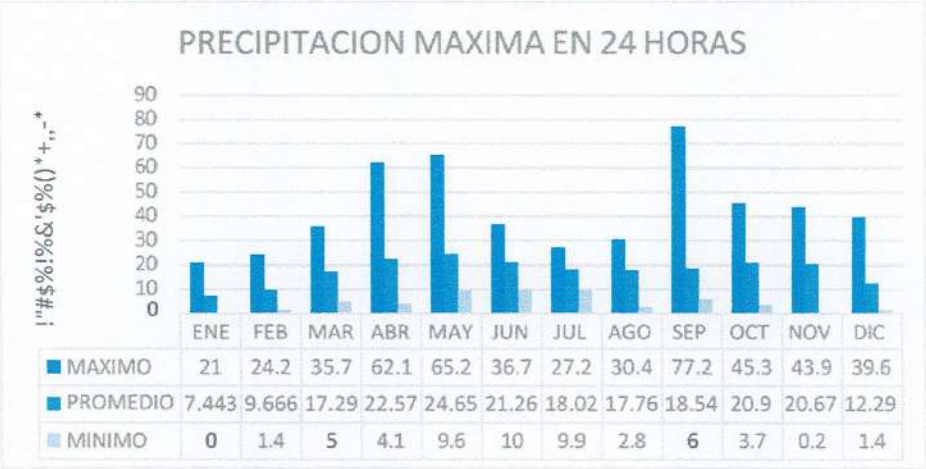
➢ PRECIPITACIONES MÁXIMAS DE DISEÑO

La precipitación máxima en 24 horas corresponde a la mayor cantidad de agua que sucede por lluvia durante 24 horas consecutivas en un mes.

Teniendo en cuenta las diferentes subcuencas que conforman la cuenca del rio Guayuriba, se analizan los registros de precipitación de las siguientes estaciones del Instituto de Hidrología,

Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Figura 6, Precipitaciones máximas en 24 horas, Estación Choachí 35020280



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMO	21	24.2	35.7	62.1	65.2	36.7	27.2	30.4	77.2	45.3	43.9	39.6
PROMEDIO	7.443	9.666	17.29	22.57	24.65	21.26	18.02	17.76	18.54	20.9	20.67	12.29
MINIMO	0	1.4	5	4.1	9.6	10	9.9	2.8	6	3.7	0.2	1.4

Este parámetro es el más importante para el análisis hidrológico, teniendo en cuenta que con este se estima el caudal maximo que se produce por lluvias intensas en la cuenca. Los datos analizados de la Estacion Choachi 35020280 determinan que el valor histórico máximo se presenta en los años 2011 y 2019, siendo el 2011 el año con la precipitacion mas alta correspondiente a 77.2 mm en el mes de septiembre. En cuanto al valor promedio multianual es de 37.6mm de precipitacion maxima en 24 horas.

Figura 7, Precipitaciones máximas en 24 horas, Estación Las Casas 35030080



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMO	56	93.8	158.8	179.1	245.9	197.9	183.2	146.4	123.5	140.6	138.8	82.9
PROMEDIO	15.43	24.34	52.42	94.77	134.5	122.3	114.5	100.2	74.51	68.54	66.24	26.23
MINIMO	0	0	9.5	19.3	59.2	61.3	56.9	29.7	30.1	19.3	22.8	2

Los datos analizados de la Estación Las Casas 35030080 determinan que el valor histórico máximo se presenta en el año 2000, con un valor correspondiente a 245.9 mm en el mes de

mayo. Se evidencia además que los meses con los valores menores son de enero a febrero. En cuanto al valor promedio multianual es de 161.93 mm de precipitación máxima en 24 horas.

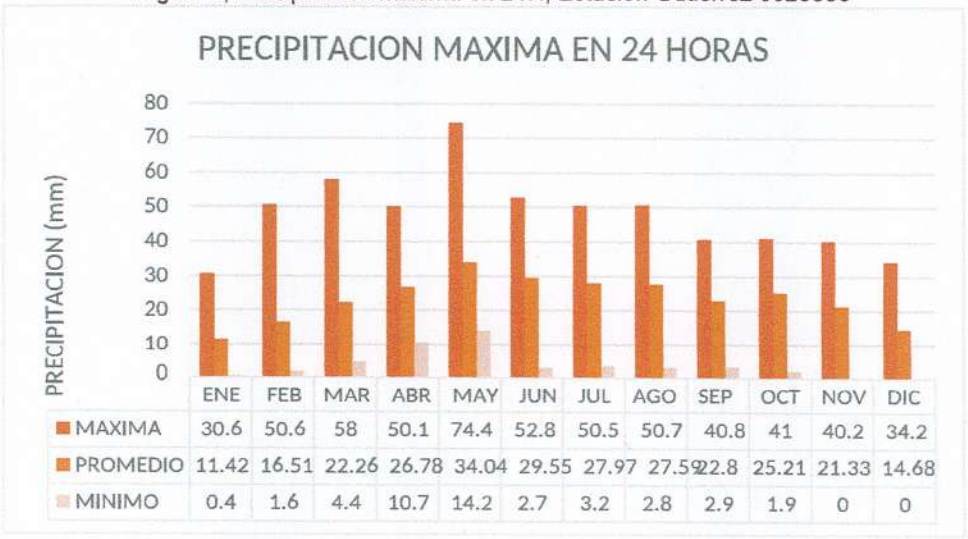
Figura 8, Precipitaciones máximas en 24 horas, Estación Monterredondo 35020010



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMO	37	54.6	70	78.3	108	115	148	137	88.1	56.4	51	53
PROMEDIO	12.76	18.47	29.94	40.6	53.34	50.42	54.41	50.33	43.09	32.65	24.81	20.49
MINIMO	0	0	9.4	18.3	19	21.8	21.3	20	0	9.4	3.7	0

Los datos analizados de la Estación Monterredondo 35020010 determinan que el valor histórico máximo se presenta en el año 2019, con un valor de precipitación de 148 mm en el mes de julio; además se muestra que los meses con valores más bajos son de enero a febrero y el mes de noviembre. En cuanto al valor promedio multianual es de 78.56 mm de precipitación máxima en 24 horas.

Figura 9, Precipitación máxima en 24H, Estación Gutiérrez 5020300

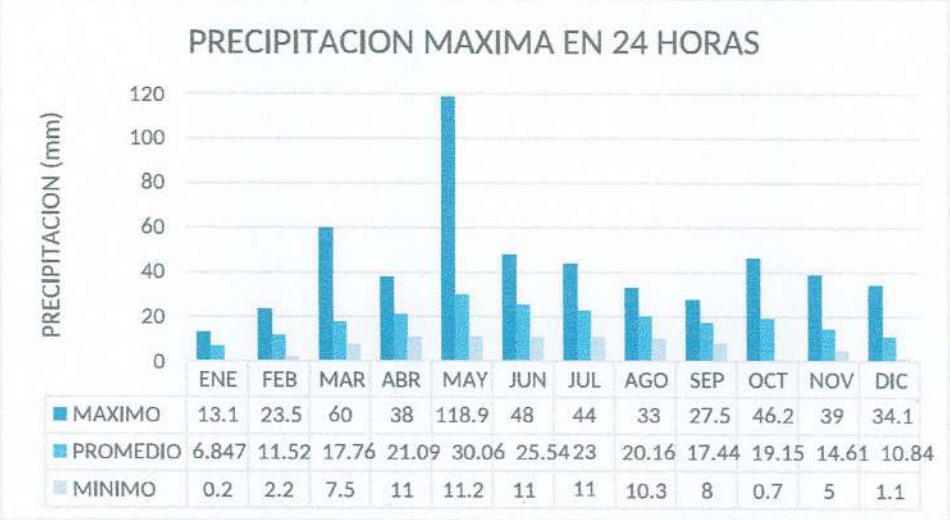


	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMA	30.6	50.6	58	50.1	74.4	52.8	50.5	50.7	40.8	41	40.2	34.2
PROMEDIO	11.42	16.51	22.26	26.78	34.04	29.55	27.97	27.59	22.8	25.21	21.33	14.68
MINIMO	0.4	1.6	4.4	10.7	14.2	2.7	3.2	2.8	2.9	1.9	0	0

En cuanto a la Estación Gutiérrez 35020300 determina que el valor histórico máximo se

presenta en el año 1996, con un valor de precipitación de 74.4 mm en el mes de mayo. En cuanto al valor promedio multianual es de 44.09 mm de precipitación máxima en 24 horas. Los meses con las precipitaciones más bajas son de diciembre a enero.

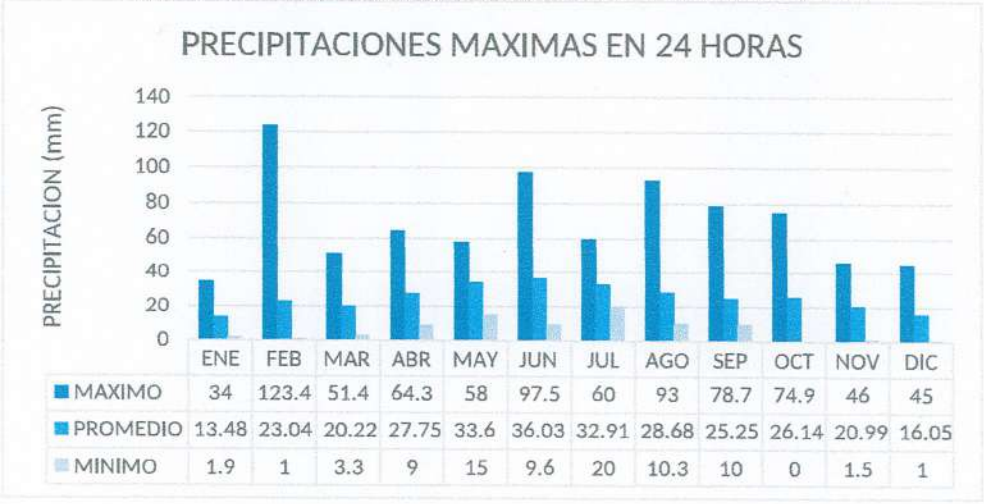
Figura 10, Precipitación máxima 24h, Estación Nazareth 35020310



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMO	13.1	23.5	60	38	118.9	48	44	33	27.5	46.2	39	34.1
PROMEDIO	6.847	11.52	17.76	21.09	30.06	25.54	23	20.16	17.44	19.15	14.61	10.84
MINIMO	0.2	2.2	7.5	11	11.2	11	11	10.3	8	0.7	5	1.1

Los datos analizados de la Estacion Nazareth 35020310 determinan que el valor histórico máximo se presenta en el año 1990 con una precipitacion de 118.9 mm en el mes de mayo. En cuanto al valor promedio multianual es de 38.90mm de precipitacion maxima en 24 horas. Se evidencia ademas que los registros de precipitacion de valores mas bajos son de enero a febrero, siendo septeimbre tambien un mes seco.

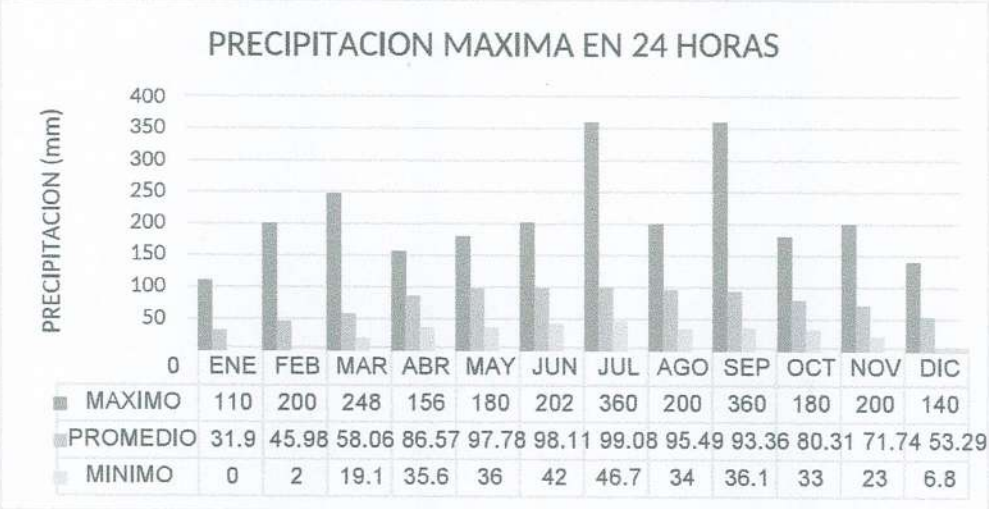
Figura 11, Precipitación máxima 24h, Estación La Primavera 5020340



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMO	34	123.4	51.4	64.3	58	97.5	60	93	78.7	74.9	46	45
PROMEDIO	13.48	23.04	20.22	27.75	33.6	36.03	32.91	28.68	25.25	26.14	20.99	16.05
MINIMO	1.9	1	3.3	9	15	9.6	20	10.3	10	0	1.5	1

En cuanto a la Estación Primavera 35020340 se determina que el valor histórico máximo se presenta en el año 1996, con una precipitación de 123.4 mm en el mes de febrero. En cuanto al valor promedio multianual es de 52.75mm de precipitación máxima en 24 horas.

Figura 12, Precipitación máxima 24H, Estación Susumuco 35020020



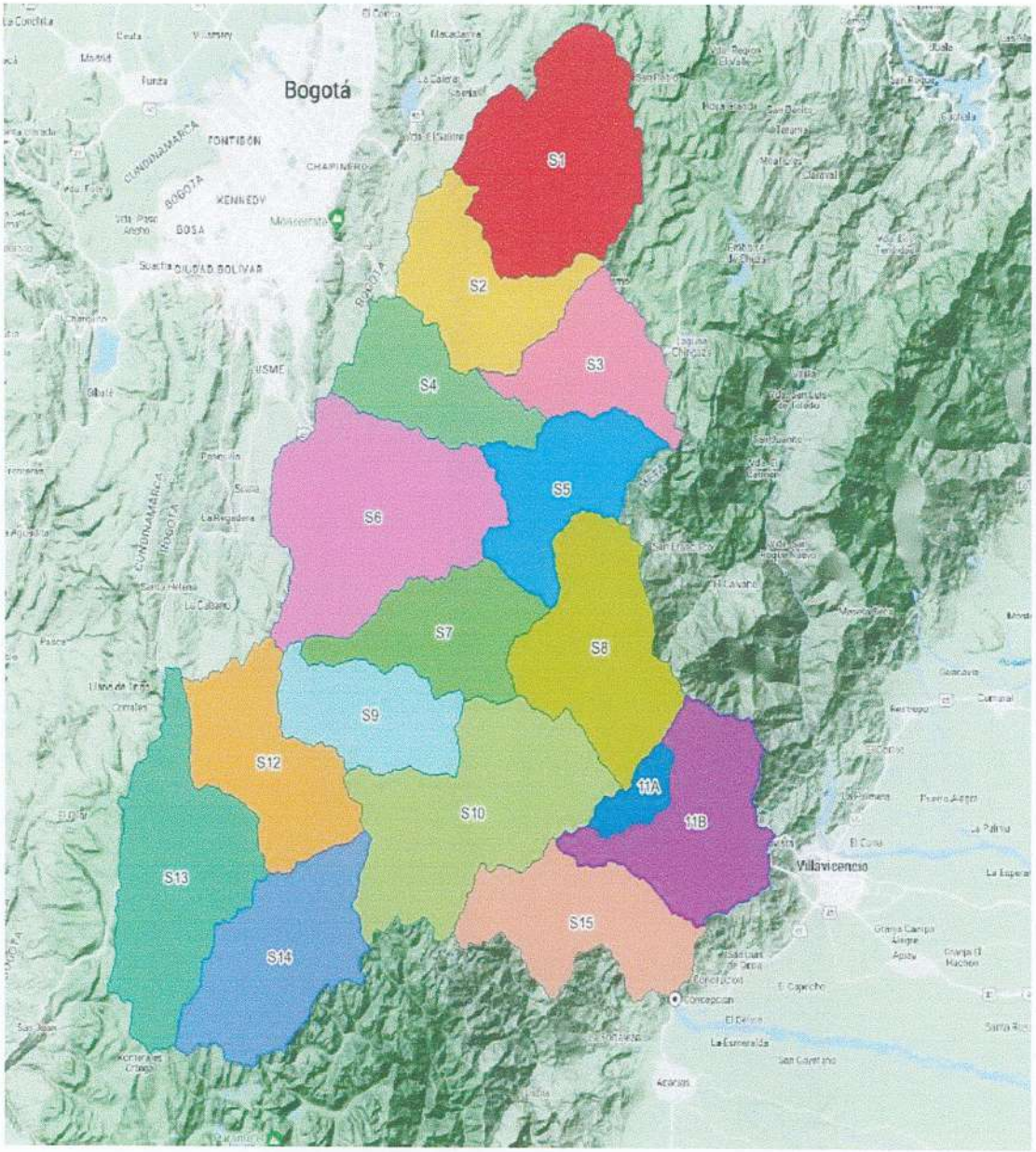
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMO	110	200	248	156	180	202	360	200	360	180	200	140
PROMEDIO	31.9	45.98	58.06	86.57	97.78	98.11	99.08	95.49	93.36	80.31	71.74	53.29
MINIMO	0	2	19.1	35.6	36	42	46.7	34	36.1	33	23	6.8

Los datos analizados de la Estacion Susumuco 35020020 determinan que el valor historico maximo se presenta en el año 1963, con una precipitacion de 360 mm en el mes de julio. En cuanto al valor promedio multianual es de 90.5mm de precipitacion maxima en 24 horas.

7.3 INTENSIDAD DE LLUVIA (CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA IDF)

Las curvas de intensidad – duración – Frecuencia IDF, son la relación de la duración de un aguacero, con su intensidad y un periodo de retorno estimado. Se establecieron intervalo de duraciones desde 5 minutos hasta 20minutos. Esta labor se realiza aplicando la metodología de Vargas y Díaz-Granados con la región (R1) para curva de intensidad-duración-frecuencia:

Ilustración 16, Subcuencas

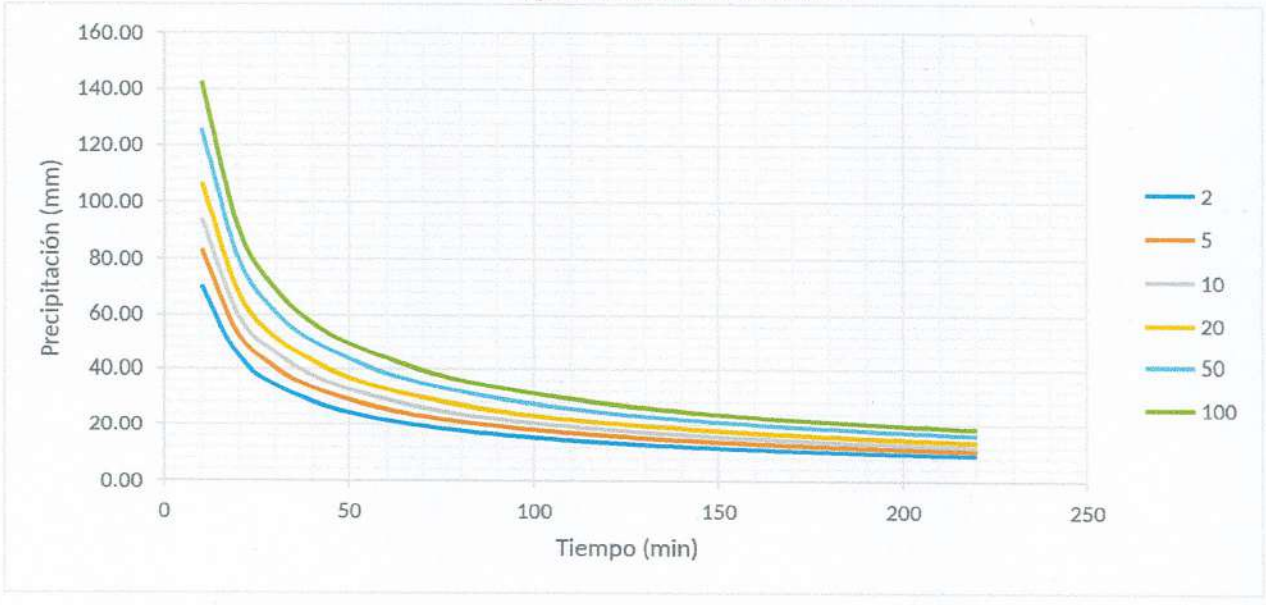


Los cálculos de las curvas IDF Para los valores de M de las cuencas y estaciones en estudio y las curvas IDF obtenidas son las siguientes:

Tabla 20, Valores Curva IDF Cuenca S1

DURACIÓN MIN	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	20	50	100
10	70.60	83.26	94.32	106.85	126.01	142.76
20	44.68	52.69	59.69	67.63	79.75	90.35
30	34.19	40.32	45.68	51.75	61.03	69.14
40	28.28	33.35	37.78	42.80	50.47	57.18
50	24.40	28.78	32.61	36.94	43.56	49.35
60	21.64	25.52	28.91	32.75	38.62	43.75
70	19.54	23.05	26.11	29.58	34.89	39.52
80	17.90	21.10	23.91	27.09	31.94	36.19
90	16.56	19.53	22.12	25.06	29.55	33.48
100	15.45	18.21	20.64	23.38	27.57	31.23
110	14.50	17.10	19.38	21.95	25.89	29.33
120	13.69	16.15	18.30	20.73	24.44	27.69
130	12.99	15.32	17.35	19.66	23.19	26.27
140	12.37	14.59	16.53	18.72	22.08	25.01
150	11.82	13.94	15.79	17.89	21.10	23.90
160	11.33	13.36	15.13	17.14	20.22	22.90
170	10.88	12.83	14.54	16.47	19.42	22.00
180	10.48	12.36	14.00	15.86	18.70	21.19
190	10.11	11.92	13.51	15.30	18.05	20.45
200	9.77	11.53	13.06	14.79	17.45	19.77
210	9.47	11.16	12.65	14.33	16.89	19.14
220	9.18	10.82	12.26	13.89	16.38	18.56

Figura 13, Curva IDF Cuenca S1



Calle 15 No. 40 -01 Lobby 1 Piso8
CC Primavera Urbana-Villavicencio
contactenos@aim-meta.gov.co
https://aim-meta.gov.co

Tabla 21, Valores Curva IDF Cuenca S2

DURACIÓN MIN	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	20	50	100
10	70.60	83.26	94.32	106.85	126.01	142.76
20	44.68	52.69	59.69	67.63	79.75	90.35
30	34.19	40.32	45.68	51.75	61.03	69.14
40	28.28	33.35	37.78	42.80	50.47	57.18
50	24.40	28.78	32.61	36.94	43.56	49.35
60	21.64	25.52	28.91	32.75	38.62	43.75
70	19.54	23.05	26.11	29.58	34.89	39.52
80	17.90	21.10	23.91	27.09	31.94	36.19
90	16.56	19.53	22.12	25.06	29.55	33.48
100	15.45	18.21	20.64	23.38	27.57	31.23
110	14.50	17.10	19.38	21.95	25.89	29.33
120	13.69	16.15	18.30	20.73	24.44	27.69
130	12.99	15.32	17.35	19.66	23.19	26.27
140	12.37	14.59	16.53	18.72	22.08	25.01
150	11.82	13.94	15.79	17.89	21.10	23.90
160	11.33	13.36	15.13	17.14	20.22	22.90
170	10.88	12.83	14.54	16.47	19.42	22.00

Figura 14, Curva IDF Cuenca S2

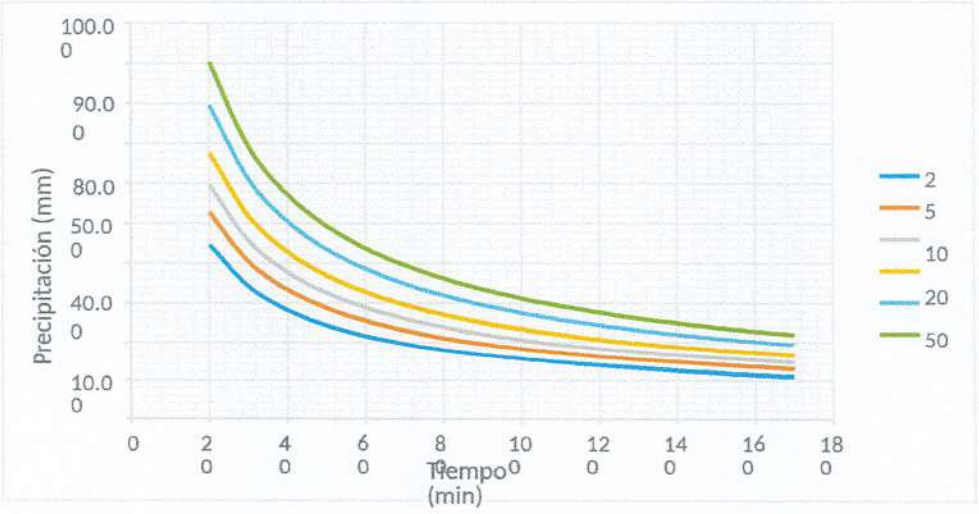
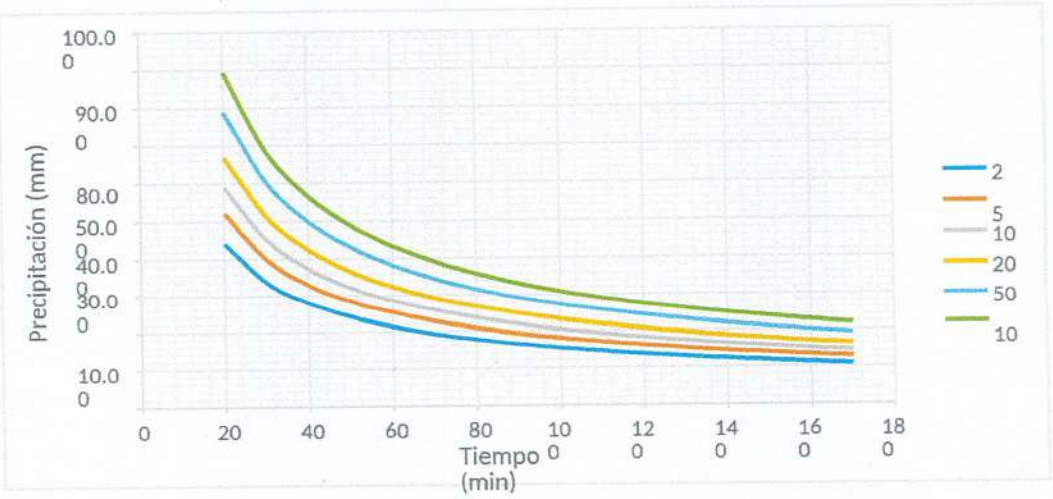


Tabla 22, Valores Curva IDF Cuenca S3

Duración Min	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	20	50	100
10	69.86	82.39	93.33	105.74	124.70	141.27
20	44.21	52.14	59.07	66.92	78.92	89.41
30	33.83	39.90	45.20	51.21	60.39	68.41
40	27.98	33.00	37.38	42.35	49.95	56.58
50	24.15	28.48	32.26	36.55	43.11	48.83
60	21.41	25.25	28.61	32.41	38.22	43.30
70	19.34	22.81	25.84	29.27	34.52	39.11
80	17.71	20.88	23.66	26.80	31.61	35.81
90	16.38	19.32	21.89	24.80	29.25	33.13
100	15.28	18.02	20.42	23.13	27.28	30.91
110	14.35	16.93	19.17	21.72	25.62	29.02
120	13.55	15.98	18.10	20.51	24.19	27.40
130	12.85	15.16	17.17	19.45	22.94	25.99
140	12.24	14.43	16.35	18.53	21.85	24.75
150	11.70	13.79	15.63	17.70	20.88	23.65
160	11.21	13.22	14.97	16.96	20.00	22.66
170	10.77	12.70	14.39	16.30	19.22	21.77

Figura 15, Curva IDF Cuenca S3

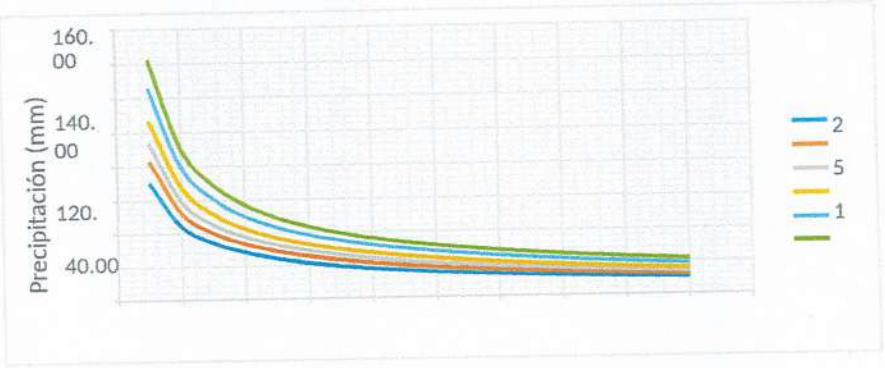


Calle 15 No. 40 -01 Lobby 1 - Piso 8
CC Primavera Urbana-Villavicencio
contactenos@aim-meta.gov.co
https://aim-meta.gov.co

Tabla 23, Valores Curva IDF Cuenca S4

Duración Min	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	20	50	100
10	70.60	83.26	94.32	106.85	126.01	142.76
20	44.68	52.69	59.69	67.63	79.75	90.35
30	34.19	40.32	45.68	51.75	61.03	69.14
40	28.28	33.35	37.78	42.80	50.47	57.18
50	24.40	28.78	32.61	36.94	43.56	49.35
60	21.64	25.52	28.91	32.75	38.62	43.75
70	19.54	23.05	26.11	29.58	34.89	39.52
80	17.90	21.10	23.91	27.09	31.94	36.19
90	16.56	19.53	22.12	25.06	29.55	33.48
100	15.45	18.21	20.64	23.38	27.57	31.23
110	14.50	17.10	19.38	21.95	25.89	29.33
120	13.69	16.15	18.30	20.73	24.44	27.69
130	12.99	15.32	17.35	19.66	23.19	26.27
140	12.37	14.59	16.53	18.72	22.08	25.01
150	11.82	13.94	15.79	17.89	21.10	23.90
160	11.33	13.36	15.13	17.14	20.22	22.90
170	10.88	12.83	14.54	16.47	19.42	22.00
180	10.48	12.36	14.00	15.86	18.70	21.19

Figura 16, Curva IDF Cuenca S4



Calle 15 No. 40 -01 Lobby 1 - Piso 8
CC Primavera Urbana-Villavicencio
contactenos@aim-meta.gov.co
https://aim-meta.gov.co

S5: FOMEQUE [35020290]

Tabla 24, Valores Curva IDF Cuenca S5

Duración Min	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	20	50	100
15	53.46	63.04	71.42	80.91	95.42	108.10
30	33.83	39.90	45.20	51.21	60.39	68.41
45	25.89	30.53	34.59	39.18	46.21	52.35
60	21.41	25.25	28.61	32.41	38.22	43.30
75	18.48	21.79	24.69	27.97	32.99	37.37
90	16.38	19.32	21.89	24.80	29.25	33.13
105	14.80	17.45	19.77	22.40	26.42	29.93
120	13.55	15.98	18.10	20.51	24.19	27.40
135	12.54	14.79	16.75	18.98	22.38	25.35
150	11.70	13.79	15.63	17.70	20.88	23.65
165	10.98	12.95	14.67	16.62	19.60	22.21
180	10.37	12.23	13.85	15.69	18.51	20.97
195	9.84	11.60	13.14	14.89	17.56	19.89
210	9.37	11.05	12.51	14.18	16.72	18.94
225	8.95	10.55	11.96	13.55	15.97	18.10
240	8.58	10.11	11.46	12.98	15.31	17.34
255	8.24	9.72	11.01	12.47	14.71	16.66
270	7.93	9.36	10.60	12.01	14.16	16.05

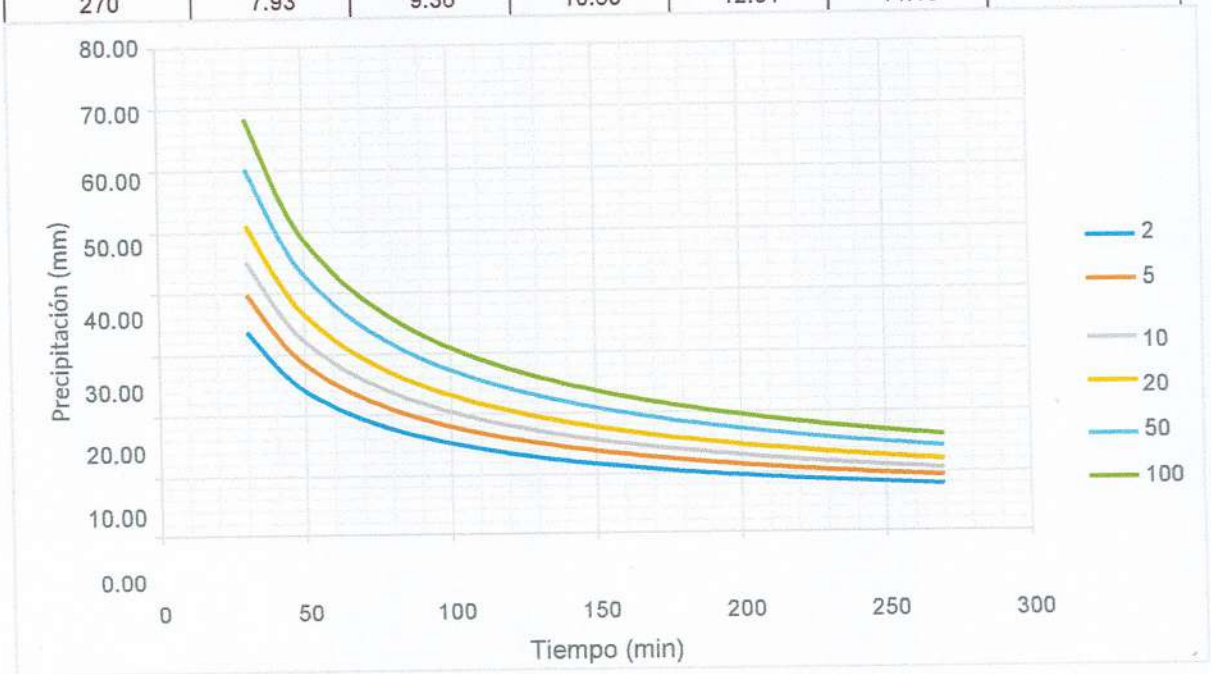


Figura 17, Curva IDF Cuenca S5

GOBERNACIÓN DEL META

Calle 15 No. 40 -01 Lobby 1 - Piso 8
CC Primavera Urbana-Villavicencio
contactenos@aim-meta.gov.co
https://aim-meta.gov.co

Tabla 25, Valores Curva IDF Cuenca S6

Duración Min	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	20	50	100
15	181.31	213.82	242.23	274.42	323.63	366.63
30	114.75	135.32	153.30	173.67	204.82	232.03
45	87.80	103.55	117.31	132.90	156.73	177.55
60	72.62	85.64	97.02	109.92	129.62	146.85
75	62.68	73.91	83.74	94.86	111.87	126.74
90	55.57	65.53	74.24	84.11	99.19	112.37
105	50.19	59.19	67.06	75.97	89.59	101.50
120	45.96	54.20	61.40	69.56	82.04	92.94
135	42.52	50.15	56.81	64.36	75.90	85.99
150	39.67	46.78	52.99	60.04	70.80	80.21
165	37.25	43.93	49.76	56.38	66.49	75.32
180	35.17	41.48	46.99	53.23	62.77	71.12
195	33.36	39.34	44.57	50.49	59.54	67.46
210	31.77	37.46	42.44	48.08	56.70	64.24
225	30.35	35.80	40.55	45.94	54.18	61.38
240	29.09	34.30	38.86	44.02	51.92	58.82
255	27.95	32.96	37.34	42.30	49.88	56.51
270	26.91	31.74	35.95	40.73	48.04	54.42
285	25.97	30.62	34.69	39.30	46.35	52.51
300	25.10	29.61	33.54	38.00	44.81	50.76
315	24.31	28.67	32.48	36.79	43.39	49.15

Figura 18, Curva IDF Cuenca S6

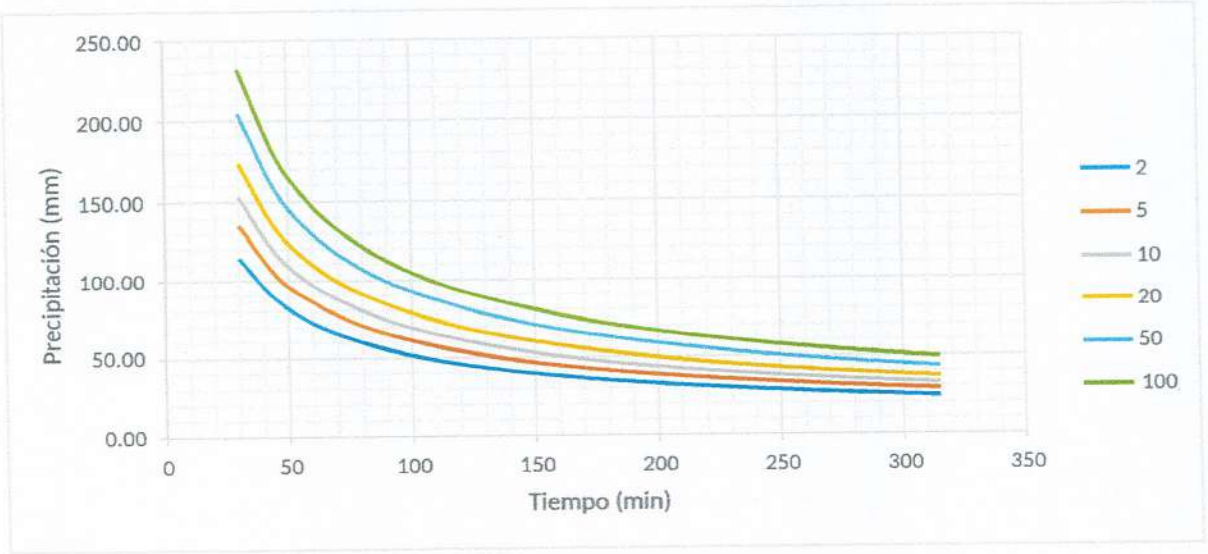
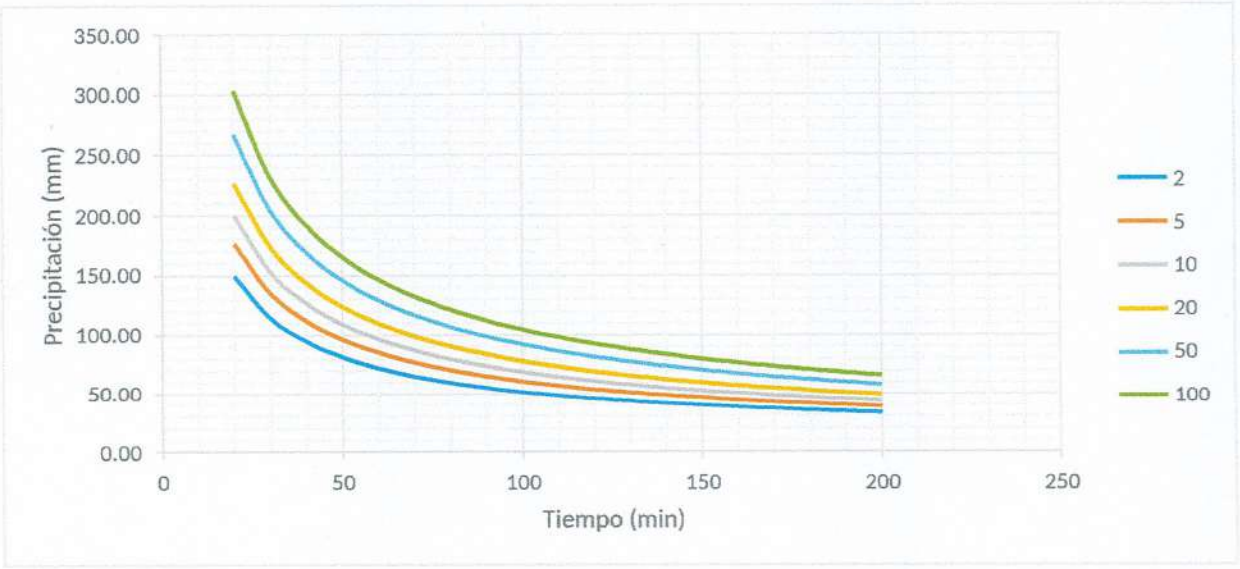


Tabla 26, Valores Curva IDF Cuenca S7

Duración Min	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	20	50	100
10	236.94	279.43	316.56	358.62	422.93	479.13
20	149.95	176.84	200.34	226.96	267.66	303.23
30	114.75	135.32	153.30	173.67	204.82	232.03
40	94.90	111.92	126.79	143.64	169.40	191.91
50	81.91	96.59	109.43	123.97	146.20	165.63
60	72.62	85.64	97.02	109.92	129.62	146.85
70	65.60	77.36	87.64	99.28	117.09	132.64
80	60.06	70.83	80.24	90.91	107.21	121.45
90	55.57	65.53	74.24	84.11	99.19	112.37
100	51.84	61.13	69.26	78.46	92.53	104.82
110	48.68	57.40	65.03	73.67	86.89	98.43
120	45.96	54.20	61.40	69.56	82.04	92.94
130	43.59	51.41	58.24	65.98	77.82	88.16
140	41.51	48.96	55.46	62.83	74.10	83.95
150	39.67	46.78	52.99	60.04	70.80	80.21
160	38.01	44.83	50.78	57.53	67.85	76.87
170	36.52	43.07	48.79	55.28	65.19	73.85
180	35.17	41.48	46.99	53.23	62.77	71.12
190	33.94	40.02	45.34	51.36	60.57	68.62

Figura 19, Curva IDF Cuenca S7



GOBERNACIÓN DEL META
Calle 15 No. 40 -01 Lobby 1 - Piso 8
CC Primavera Urbana-Villavicencio
contactenos@aim-meta.gov.co
https://aim-meta.gov.co

Tabla 27, Valores Curva IDF Cuenca S8

Duración Min	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	20	50	100
15	99.47	117.30	132.89	150.55	177.54	201.14
30	62.95	74.24	84.10	95.28	112.36	127.30
45	48.17	56.81	64.36	72.91	85.98	97.41
60	39.84	46.98	53.23	60.30	71.11	80.56
75	34.38	40.55	45.94	52.04	61.37	69.53
90	30.49	35.95	40.73	46.14	54.42	61.65
105	27.54	32.47	36.79	41.68	49.15	55.68
120	25.21	29.74	33.69	38.16	45.01	50.99
135	23.33	27.51	31.17	35.31	41.64	47.17
150	21.76	25.66	29.07	32.94	38.84	44.00
165	20.43	24.10	27.30	30.93	36.47	41.32
180	19.29	22.75	25.78	29.20	34.44	39.02
195	18.30	21.58	24.45	27.70	32.67	37.01
210	17.43	20.55	23.28	26.38	31.11	35.24
225	16.65	19.64	22.25	25.20	29.72	33.67
240	15.96	18.82	21.32	24.15	28.48	32.27
255	15.33	18.08	20.48	23.21	27.37	31.00

Figura 20, Curva IDF Cuenca S8

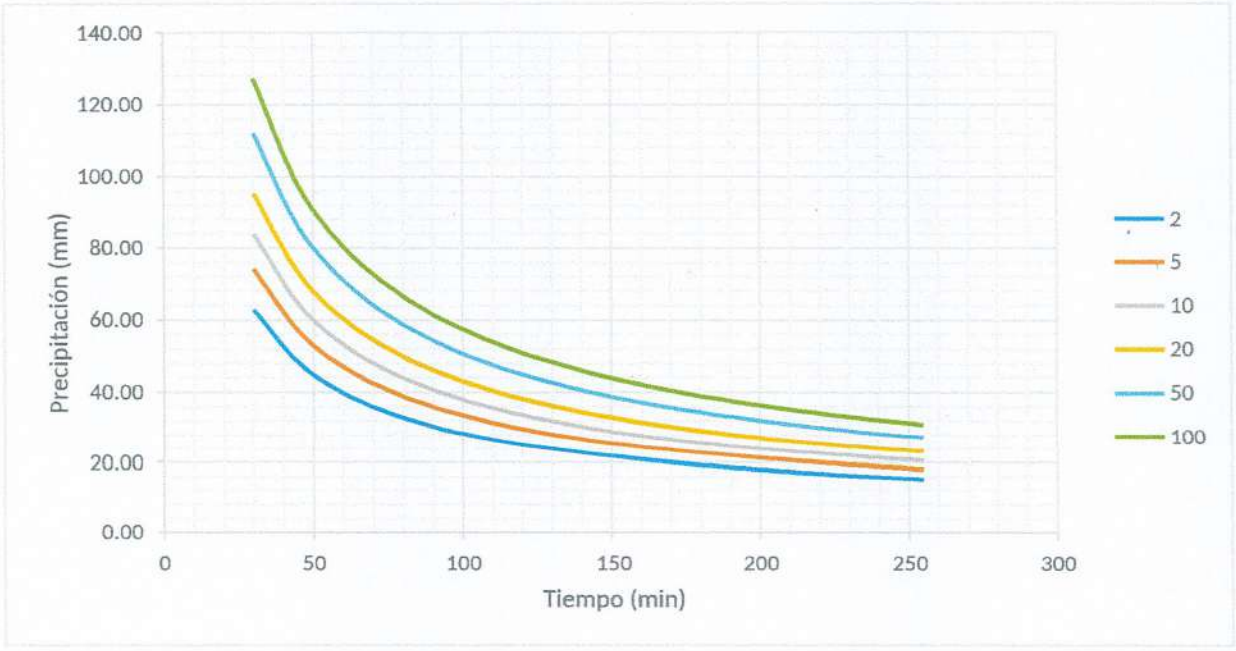
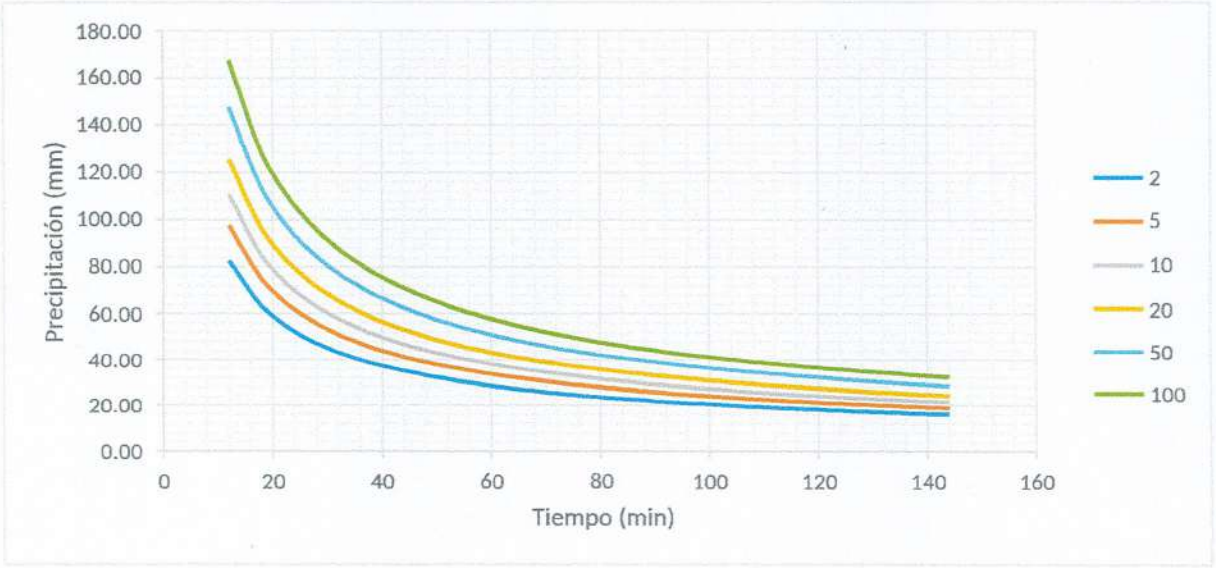


Tabla 28, Valores Curva IDF Cuenca S9

Duración Min	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	20	50	100
6	130.86	154.33	174.84	198.07	233.59	264.63
12	82.82	97.67	110.65	125.35	147.83	167.48
18	63.38	74.74	84.67	95.92	113.12	128.16
24	52.42	61.81	70.03	79.33	93.56	105.99
30	45.24	53.35	60.44	68.47	80.75	91.48
36	40.11	47.30	53.59	60.71	71.59	81.11
42	36.23	42.73	48.40	54.83	64.67	73.26
48	33.17	39.12	44.32	50.21	59.21	67.08
54	30.69	36.20	41.00	46.45	54.78	62.06
60	28.63	33.76	38.25	43.33	51.10	57.89
66	26.88	31.71	35.92	40.69	47.99	54.36
72	25.38	29.94	33.91	38.42	45.31	51.33
78	24.08	28.40	32.17	36.44	42.98	48.69
84	22.93	27.04	30.63	34.70	40.93	46.37
90	21.91	25.84	29.27	33.16	39.10	44.30
96	20.99	24.76	28.05	31.78	37.47	42.45
102	20.17	23.79	26.95	30.53	36.00	40.79
108	19.42	22.91	25.95	29.40	34.67	39.28
114	18.74	22.10	25.04	28.37	33.46	37.90

Figura 21, Curva IDF Cuenca S9



S10: MONTERREDONDO [35020010]

Tabla 29, Valores Curva IDF Cuenca S10

Duración Min	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	20	50	100
6	182.10	214.76	243.29	275.62	325.05	368.24
12	115.25	135.92	153.98	174.44	205.72	233.05
18	88.19	104.00	117.82	133.48	157.42	178.33
24	72.94	86.02	97.45	110.40	130.19	147.49
30	62.95	74.24	84.10	95.28	112.36	127.30
36	55.81	65.82	74.57	84.48	99.62	112.86
42	50.41	59.45	67.35	76.31	89.99	101.95
48	46.16	54.44	61.67	69.87	82.40	93.35
54	42.71	50.37	57.06	64.64	76.23	86.36
60	39.84	46.98	53.23	60.30	71.11	80.56
66	37.41	44.12	49.98	56.62	66.78	75.65
72	35.32	41.66	47.19	53.46	63.05	71.43
78	33.51	39.51	44.76	50.71	59.81	67.75
84	31.91	37.63	42.63	48.29	56.95	64.52
90	30.49	35.95	40.73	46.14	54.42	61.65
96	29.21	34.45	39.03	44.22	52.15	59.08
102	28.07	33.10	37.50	42.48	50.10	56.76
108	27.03	31.88	36.11	40.91	48.25	54.66
114	26.08	30.76	34.85	39.48	46.56	52.74

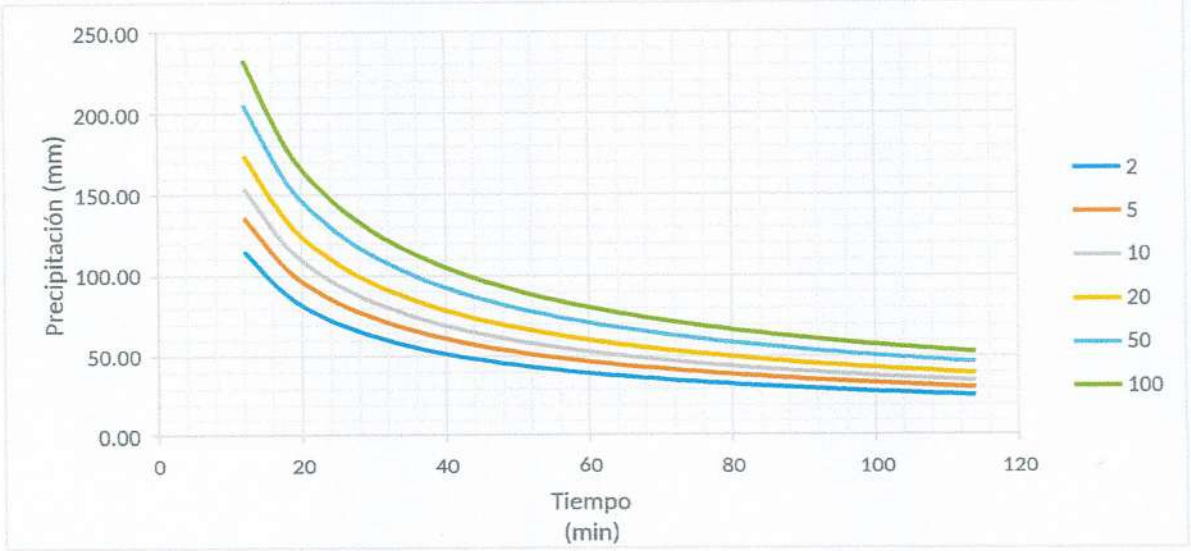


Figura 22, Curva IDF Cuenca S10

GOBERNACIÓN DEL META

Calle 15 No. 40 -01 Lobby 1 - Piso 8
CC Primavera Urbana-Villavicencio
contactenos@aim-meta.gov.co
https://aim-meta.gov.co