DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

MUNICIPIO DE CHINACOTA

ESTUDIOS Y DISEÑOS OBRAS HIDRÁULICAS Y DE PROTECCIÓN QUE PERMITAN SUPERAR LA AFECTACIÓN GENERADA POR LA OLA INVERNAL 2022, CAPTACIÓN-ADUCCIÓN-DESARENADOR, SISTEMA DE ACUEDUCTO CASCO URBANO MUNICIPIO DE CHINÁCOTA DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

ESTUDIO HIDROLÓGICO
QUEBRADA ISCALÁ, SECTOR DE LA CAPTACIÓN

EDGAR VILLEGAS PALLARES

INGENIERO CIVIL

ESPECIALISTA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

MP. 54202136467 NTS

CÚCUTA, OCTUBRE DE 2023

CONTENIDO

1.1 RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DE LA ZONA DE ESTUDIO 8

1.2. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO 13

1.3 CLIMATOLOGÍA 16

1.3.1 Elementos del clima. 16

1.3.2 Parámetros climáticos en la zona de estudio. 17
1.3.2.1 Precipitación. 17
1.3.2.2 Régimen Bimodal 4 (Bm4). 19

2. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MEDIO CON DURACIÓN DEL 95% DEL TIEMPO EN LA CAPTACIÓN DEL ACUEDUCTO DE CHINÁCOTA 21

2.1 CALCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO SCS. 22

2.2 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA. 26

2.3 OBTENCIÓN DEL CAUDAL CON EL 95% DEL TIEMPO DE EXCEDENCIA EN LA CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES. 31

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos del Municipio de Chinácota. 15

Tabla 2. Información Estacion Climatológica.....17

Tabla 3. Precipitación Media Multianual para la estación Manzanares 16010110. 19

Tabla 4. Condiciones antecedentes de humedad para el método de número de curva 23

Tabla 5. Obtención del número de curva para la cuenca 24

Tabla 6. Número de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas para una.....25

Tabla 7. Resultados del análisis morfométrico.....30

Tabla 8. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, MANZANARES [16010110] 32

Tabla 9. Valores medios mensuales de caudal en la captación del proyecto. 33

Tabla 10. Calculo de intervalos de clase. 34

Tabla 11. Calculo del caudal con 95% de excedencia en tiempo en la curva de duración de caudales. 36

Tabla 12. Clasificación general de las corrientes de agua (Adaptado de Veri-tech, 1998).46

Tabla 13. Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica.....48

Tabla 14. Parámetros morfométricos de las subcuencas 48

Tabla 15. Parámetros morfométricos del cauce principal. 48

Tabla 16. Referencias del índice de compacidad de Gravelius.....49

Tabla 17. Estaciones meteorológicas.....53

Tabla 18. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación VILLA DEL ROSARIO 16010010. 56

Tabla 19. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación CARMEN DE TONCHALA 16025010.....57

Tabla 20. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación LA DONJUANA 2 16010020.....58

Tabla 21. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación MANZANARES 16010110. 59

Tabla 22. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación LA ESPERANZA 16015030. 60

Tabla 23. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación RAGONVALIA 16015100. 61

Tabla 24. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación SALAZAR 16025030 62

Tabla 25. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación ARBOLEDAS 16020050 63

Tabla 26. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación CUCUTILLA 16020080 64

Tabla 27. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación FINCA LA PALMITA 16015140 65

Tabla 28. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación ISER PAMPLONA 16015020 66

Tabla 29. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación PARQUE NACIONAL TAMA 16015090. 67

Tabla 30. Calculo de periodos de retorno. 70

Tabla 31. Condiciones antecedentes de humedad para el método de número de curva 73

Tabla 32. Numero de Curva de escorrentía para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e la=0.2S. 75

Tabla 33. Calculo del CN para las subcuencas 76

Tabla 34. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=2 años por el método de bloque alterno 82

Tabla 35. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=5 años por el método de bloque alterno 82

Tabla 36. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=10 años por el método de bloque alterno 83

Tabla 37. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=25 años por el método de bloque alterno 85

Tabla 38. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=50 años por el método de bloque alterno 86

Tabla 39. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=100 años por el método de bloque alterno ...87

Tabla 40. Caudales obtenidos para los periodos de retorno.....89

Tabla 41. Calculo de la N de Manning. 95

Tabla 42. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno.....95

Tabla 43. Calculo del diámetro medio de las partículas. 98

Tabla 44. Valores de coeficiente k para el cálculo del aumento de la socavación en curvas.....99

Tabla 45. Calculo de la socavación total para los periodos de retorno.....99

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. Zonificación de la lluvia por régimen pluviométrico (IDEAM).....18

Figura 3. Histograma de la cuenca del Catatumbo – Régimen Bm4 (IDEAM).....19

Figura 4. Variación anual de la precipitación (Manzanares 16010110).....20

Figura 9. Localización de la estación del IDEAM MANZANARES [16010110].....21

Figura 11. Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica generado con ArcGIS 10.8 27

Figura 12. Usos del suelo en la cuenca hidrográfica generado con ArcGIS 10.8.....28

Figura 13. Curva de duración de caudales en la quebrada Iscalá. 35

Figura 2. Mapas ilustrativos de las anomalías de lluvia mensual en el año 2010. 41

Figura 3. Mapas ilustrativos de lluvia mensuales en el año 2011. 42

Figura 4. Porcentaje de la precipitación con respecto al promedio en capitales del país...43

Figura 5. Personas, hogares y viviendas registrados por departamentos. 44

Figura 6. Clasificación básica de las inundaciones. 45

Figura 8. Delimitación de la cuenca y parámetros morfométricos. (ArcGIS 10.8).....47

Figura 9. Mapa de pendientes e hipsometrica. (ArcGIS 10.8).....51

Figura 10. Usos del suelo en la cuenca hidrográfica.....51

Figura 11. Localización del proyecto respecto a las estaciones meteorológicas. 55

Figura 12. Calculo de la precipitación media en la cuenca hidrográfica (Isoyetas). 68

Figura 13. Curvas IDF para la cuenca hidrográfica Quebrada Iscalá 69

Figura 16. Hietograma de diseño para 10 años. ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 20. Modelo hidrológico en HEC-HMS 4.6.1.....88

Figura 21. Perfiles de Flujo en el modelo HEC – RAS.....90

Figura 23. Modelación en el software Hec-RAS 6.0.....93

Figura 24. Curva granulométrica del material de arrastre en el fondo de la quebrada Iscalá (Estudio geotécnico suministrado). 94

Figura 26.Modelo hidráulico en HEC-RAS 6.0 para los periodos de retorno.....101

1. ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio hidrológico está orientado en determinar la oferta hídrica de la quebrada Iscalá en el sitio de la captación del acueducto del área urbana del municipio de Chinácota, para verificar la capacidad de abastecimiento del afluente al sistema del acueducto; Tambien se busca determinar vulnerabilidad de amenaza de avalancha en el sitio de la captación del acueducto, determinándose la incidencia hidráulica de avenidas torrenciales para diferentes periodos de retorno.

Objetivos generales del estudio hidrológico:

1. Calcular el caudal con una duración del 95% del tiempo en la quebrada Iscalá en el sitio de la captación del acueducto mediante el método de curva de duración de caudales.
2. Calcular los caudales de escorrentía para diferentes periodos de retorno, definiendo las áreas vulnerables a inundación de la captación del acueducto.

El análisis se desarrolló contemplando todos los parámetros relacionados con la hidrología aplicables al alcance de los objetivos mencionados.

1.1 RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DE LA ZONA DE ESTUDIO

Con el fin de identificar las causas que originaron la problemática presente en el sitio se realizó una visita preliminar de reconocimiento hidráulico, en ella se identificaron las siguientes características relacionadas con la hidrología y la hidráulica de la quebrada.



Captación del acueducto de Chinácota.

El cauce presenta rocas de tamaño grande, lo cual indica que tiene una gran capacidad de arrastre o fuerza tractiva.



La quebrada en el sitio de la captación, presenta lecho rocoso.



Se evidencia el colapso del talud derecho de la quebrada, donde están soportadas las tuberías de conducción del caudal captado a los desarenadores.



Socavación del lecho rocoso que soporta el dique de la captación.



Dique de la captación.



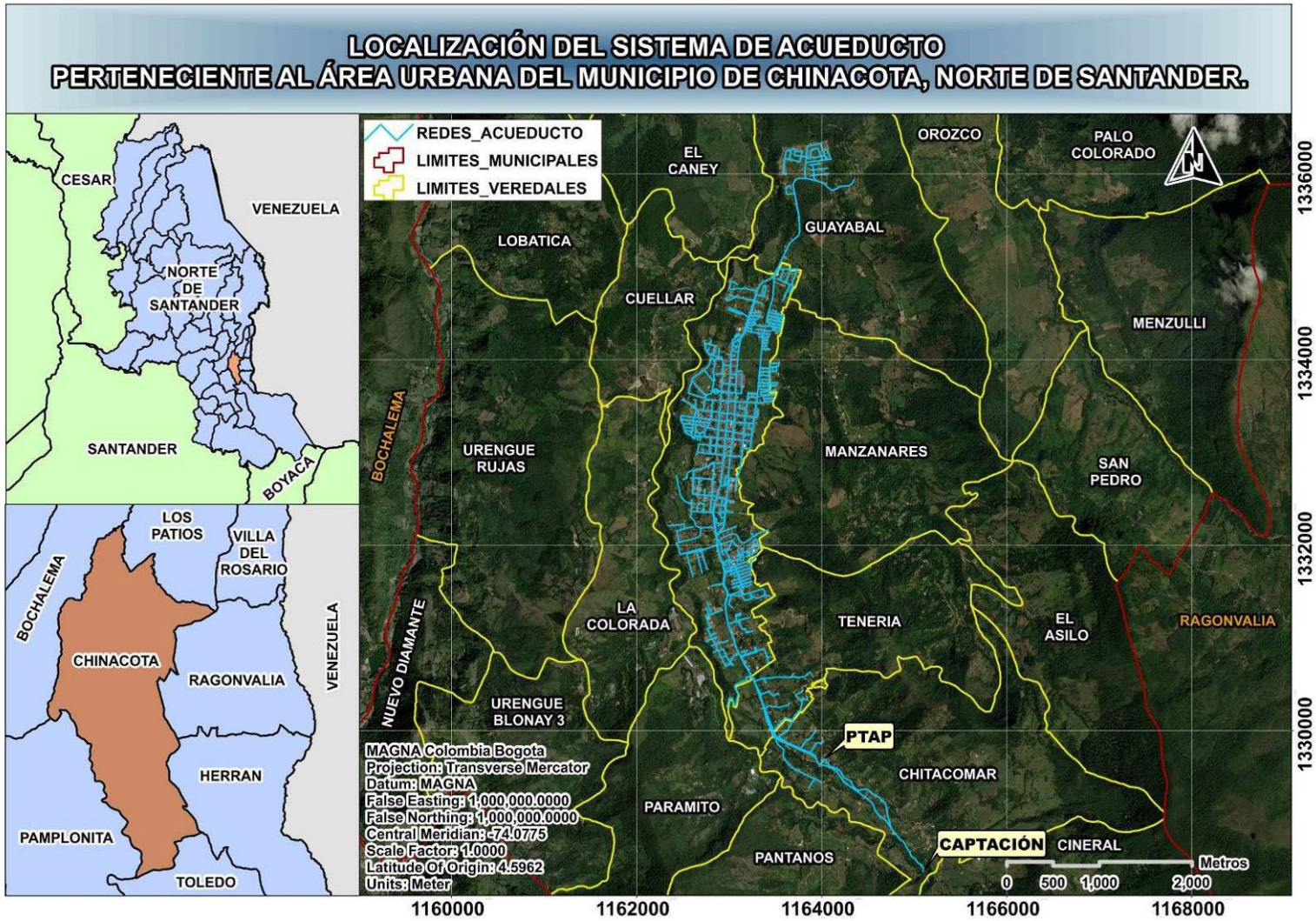


Figura 1. Localización del sistema de acueducto del área urbana del municipio de Chinácota.

1.2. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

El municipio de Chinácota se localiza en la región Suroriental del departamento Norte de Santander, su temperatura promedio es de 22 ºC, su altitud va desde los 600 a los 3 200 m sobre el nivel del mar. Dista 45 km de Cúcuta, capital del departamento y 460 km de Bogotá.

En su territorio de 166.64 Km cuadrados, además de la cabecera urbana, se encuentran dos centros poblados (La Donjuana y el Diamante), y 24 veredas que se ubican en la cordillera Oriental, limita con los municipios de: Los Patios y Ragonvalia, Pamplonita, Bochalema y Durania. El municipio de Chinácota no tiene fecha de fundación pues ya era un pueblo indígena a la llegada de los primeros europeos con el tudesco Ambrosio Alfinger a la cabeza, esto sucedió en 1532 o 1533.

1.2.3 Demografía

Los más de 17.000 habitantes del municipio de Chinácota, reconocidos por el Censo DANE de 2018. Es importante señalar que dicha población se ve aumentada considerablemente en los fines de semana y épocas vacacionales, llegándose a tener hasta tener 3 personas más por cada habitante.

Un poco más del 30 % de la población se ubica entre O y 19 años. También es significativa la población entre los 50 y 59 años (cerca del 12 %). En relación con la distribución por sexo6, las mujeres son el 51 .1 % de la población, porcentaje similar al que se presenta en Colombia. Ver ilustración 15. En cuanto a la distribución, la población asentada en el casco urbano es mayor que la de la zona rural. En todo caso de cada tres personas una vive en área rural lo cual es destacable ya que está por encima de la proporcionalidad que se encuentra en toda Colombia.

En cuanto a la población étnica la más sobresaliente, aunque poca, es la afrocolombiana. No se encuentran en el municipio de Chinácota población indígena, rom, ni palenqueros.

1.2.4 Economía

Sector agropecuario: El 88% de las veredas destinan una parte de sus suelos al cultivo del café, el cual ocupa el segundo renglón en la actividad agrícola, con el 26.63% de área sembrada. El primer lugar del uso del suelo es para la siembra de

pastos con destino al sector pecuario. Es importante resaltar que el plátano tiene el 8.47%, la caña el 5.38%, las hortalizas el 1.08%, el maíz el 0.49%, el tomate el 0.78%, la zanahoria el 0.18%, la cebolla el 0.20%; otros cultivos, como la yuca y los frutales ocupan el 3.95% del área agrícola. La actividad pecuaria está representada por la cría de bovinos para engorde y producción de leche, con el 96% de las veredas dedicadas a esta actividad; la cría de equinos para la carga; el levante de porcinos para cría y producción de carne; los caprinos para la producción de leche y carne; la piscicultura, con cría de trucha, mojarra y carpa roja para producción de carne y la apicultura para la producción de miel.

Sector minero: El sector minero del Municipio está representado por la explotación del carbón a escala de mediana minería en el sector de las veredas de la Donjuana y Orozco, donde se localizan los mantos de carbón de la la formación de Los Cuervos, con cuatro mantos de carbón identificados de base a lecho, como M10, M20 (la pequeña), M30 (la grande) y M40 (Veta 4) y la formación carbonera, con dos mantos conocidos como M110 y M120. De las 65.796.000 toneladas de reservas básicas, el 60.84% (40.027.000 ton.) corresponden a volúmenes calculados con mayor grado de certeza geológica (medidas más indicadas), mientras que el 39.16% (25.769.000 ton.) corresponden a volúmenes calculados con menor grado de certeza geológica (inferidos). El total de las reservas básicas son aptas para uso térmico según los resultados de los análisis fisico-químicos. El sector se subdivide en tres bloques carboníferos: Maturín, Maturín Sur y Buenos Aires.

Sector Comercio, Transporte y otros: La actividad empresarial del Municipio, con base en los listados de Registro de Industria y Comercio de la Secretaría de Hacienda Municipal, se desarrolla en 454 establecimientos. En el sector primario se ubican actividades tales como agricultura, pecuaria, silvicultura, pesca y minería, de las cuales no se tiene referencia en el registro de industria y comercio. El sector secundario se ubica en el sector de la industria manufacturera, los servicios de agua, electrificación y la actividad de la construcción. En el sector terciario se reporta el comercio, restaurantes, hoteles, transporte, almacenamiento, comunicaciones, intermediarios financieros, servicios comunales, sociales y personales. Como se puede analizar, el sector terciario representa el 96.48% de la actividad económica del Municipio, y dentro de la actividad comercial la de mayor incidencia es la venta de víveres y cárnicos, que representa el 56%.

1.2.5 Ecología

Áreas forestales protector y bosques naturales: Corresponde a las áreas con una extensión de 3111,73 Ha con un 18,68%, donde se debe conservar constantemente los bosques naturales artificiales con el fin de proteger los Recursos Naturales Renovables que se ubica en su gran mayoría en el margen derecho del municipio (franja límite con los Municipios de Herrán y Ragonvalia) y otra áreas se encuentran en las veredas Paramito, La Colorada, Cuellar, Lobatica, Curazao El Caney, Honda Norte y Nueva Donjuana.

Áreas forestales protectoras – productoras: son áreas que deben ser conservadas permanentemente con bosque natural o plantado para proteger los recursos naturales renovables. Además, puede ser objeto de actividades de producción sujetas al mantenimiento del efecto protector. Tienen una extensión de 4042,66 Ha. que representa un 24,27% del área total del territorio municipal, y se encuentran ubicadas en su gran mayoría en una franja que se extiende de norte a sur hacia el Oeste del Municipio comprendiendo así las veredas de La Donjuana, Honda Norte, Lobatica, Pantanos (sobre las nacientes de la Microcuenca Pantanos), Paramito (sobre las microcuencas Paramito, La Colorada), Urengue Blonay (sobre las Microcuencas Urengue Blonay y la Chorrerota), Iscalá Sur (Paralelo a la Microcuenca El Baul y entre las microcuencas Llano Largo y La Islavita), Iscalá Centro (Sobre la Loma Gavilán y sobre las nacientes de las Microcuencas La Tigra y La Gonzalera), Cineral (sobre la Cuchilla del Cerro La Vieja).

Formas especiales de vegetación: Son aquellas áreas que por sus condiciones ambientales como la altura, Temperaturas, Precipitaciones que favorecen la formación de vegetación con características únicas que las diferencian de las demás especies vegetales como la formación de bosques de niebla y páramos. Por lo anterior se destaca que el municipio de Chinácota presenta un área de 105,54 Ha. lo que representa el 0,64 % del total del territorio, ubicado hacia el extremo sur de la vereda Iscalá Sur.

Tabla 1. Datos del Municipio de Chinácota.

Ubicación Geográfica	Área	Al nivel del mar	Temperatura	Distancia Cúcuta
Latitud norte 7° 37′ 1” Longitud oeste 72° 36′ 0”	187.00 Km^2	1194 m.s.n.m.	22ºC	33 Km

1.3 CLIMATOLOGÍA

La posición geográfica de Colombia en la zona ecuatorial, hace que esté bajo la influencia de la circulación de corrientes de aire húmedo, como los vientos alisios que convergen en el territorio originando núcleos nubosos de gran desarrollo pluviométrico. La zona de gran desarrollo en nubes o cinturón nuboso denominado Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT); que se mueve a través de todo el territorio colombiano desplazándose desde la frontera Colombo-ecuatoriana, luego hacia la Costa Atlántica y regresa al sur.

Un factor modificador temporal del clima en nuestro país es el fenómeno de "El Niño". Este es un acontecimiento de naturaleza netamente oceánica y atmosférica y de la relación entre ellos como factores dinámicos generados y reguladores del clima mundial. Su manifestación espacial y temporal en nuestro territorio ha sido estudiada de manera sectorial

El clima abarca los valores estadísticos sobre los elementos del tiempo atmosférico en una región durante un período representativo: temperatura, humedad, presión, vientos y precipitaciones, principalmente. Estos valores se obtienen con la recopilación de forma sistemática y homogénea de la información meteorológica, durante períodos que se consideran suficientemente representativos. Estas épocas necesitan ser más largas en las zonas subtropicales y templadas que en la zona intertropical, especialmente, en la faja ecuatorial, donde el clima es más estable y menos variable en lo que respecta a los parámetros climáticos.

Los factores naturales que afectan al clima son la latitud, altitud, continentalidad, relieve, corrientes marinas, vegetación, vientos y rayos solares. Según se refiera al mundo, a una zona o región, o a una localidad concreta se habla de clima global, zonal, regional o local (microclima), respectivamente.

1.3.1 Elementos del clima.

Los elementos constituyentes del clima son temperatura, presión, vientos, humedad y precipitaciones. Tener un registro durante muchos años de los valores

correspondientes a dichos elementos con respecto a un lugar determinado, nos sirve para poder definir cómo es el clima de ese lugar. De estos cinco elementos, los más importantes son la temperatura y las precipitaciones, porque en gran parte, los otros tres elementos o rasgos del clima están estrechamente relacionados con los dos que se han citado. Ello significa que la mayor o menor temperatura da origen a una menor o mayor presión atmosférica, respectivamente, ya que el aire caliente tiene menor densidad y por ello se eleva (ciclón o zona de baja presión), mientras que el aire frío tiene mayor densidad y tiene tendencia a descender (zona de alta presión o anticiclón). A su vez, estas diferencias de presión dan origen a los vientos (de los anticiclones a los ciclones), los cuales transportan la humedad y las nubes y, por lo tanto, dan origen a la desigual repartición de las lluvias sobre la superficie terrestre.

1.3.2 Parámetros climáticos en la zona de estudio.

Para el estudio se utilizó la información de la Estación pluviométrica convencional: MANZANARES (160210110), esta estación se encuentra la cuenca hidrográfica de la quebrada Iscalá; además cuenta con un registro de datos de 32 años, esto hace muy confiables los cálculos obtenidos.

Tabla 2. Información Estacion Climatológica

	Código	Municipio	Tipo	Coordenadas Geográficas	Elevación (msnm)	Años de Registro
MANZANARES	16010110	CHINÁCOTA	PM	7.212778 N -72.590833 W	1350	1990 - 2022

PM: Pluviométrica C: Convencional

1.3.2.1 Precipitación.

En Colombia, la distribución de la precipitación obedece a dos tipos de régimen: monomodal y bimodal. El primero se caracterizar por presentar una temporada seca y una lluviosa durante el transcurso del año, mientras en el régimen bimodal se registran dos temporadas secas alternadas con dos lluviosas.

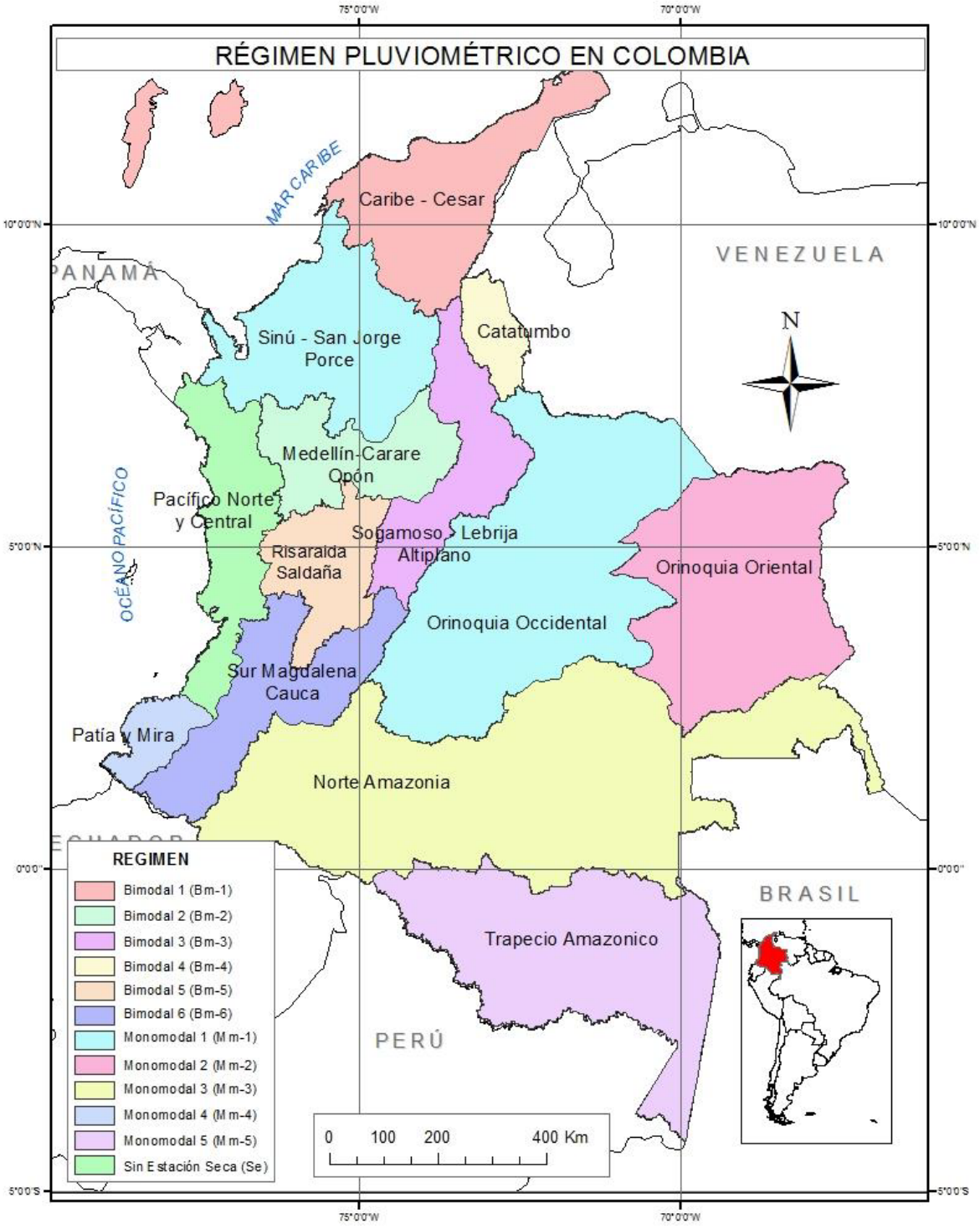


Figura 1. Zonificación de la lluvia por régimen pluviométrico (IDEAM).

1.3.2.2 Régimen Bimodal 4 (Bm4).

Es característico de la Cuenca del Catatumbo. Este régimen tiene dos épocas secas similares a lo largo del año, con trimestres menos deficitarios y con el segundo periodo de lluvias mucho más intenso y prolongado que el primero.

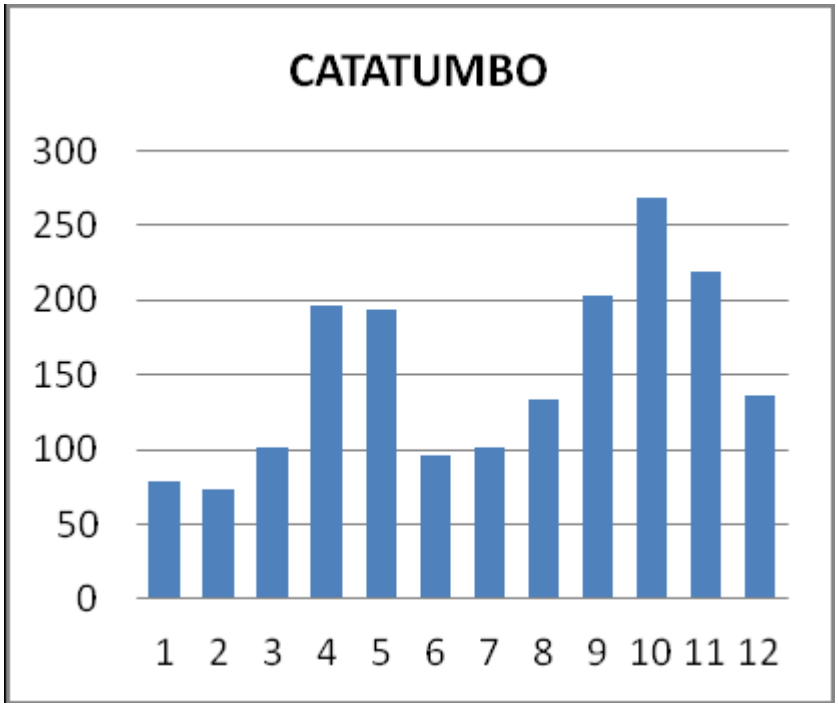


Figura 2. Histograma de la cuenca del Catatumbo – Régimen Bm4 (IDEAM)

Tabla 3. Precipitación Media Multianual para la estación Manzanares 16010110.

PRECIPITACIÓN MEDIA MULTIANUAL: ESTACIÓN MANZANARES 16010110.											
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
12.7	20.2	34.1	41.95	31.4	22.4	19.1	22.55	30.9	49.95	48.95	26.8

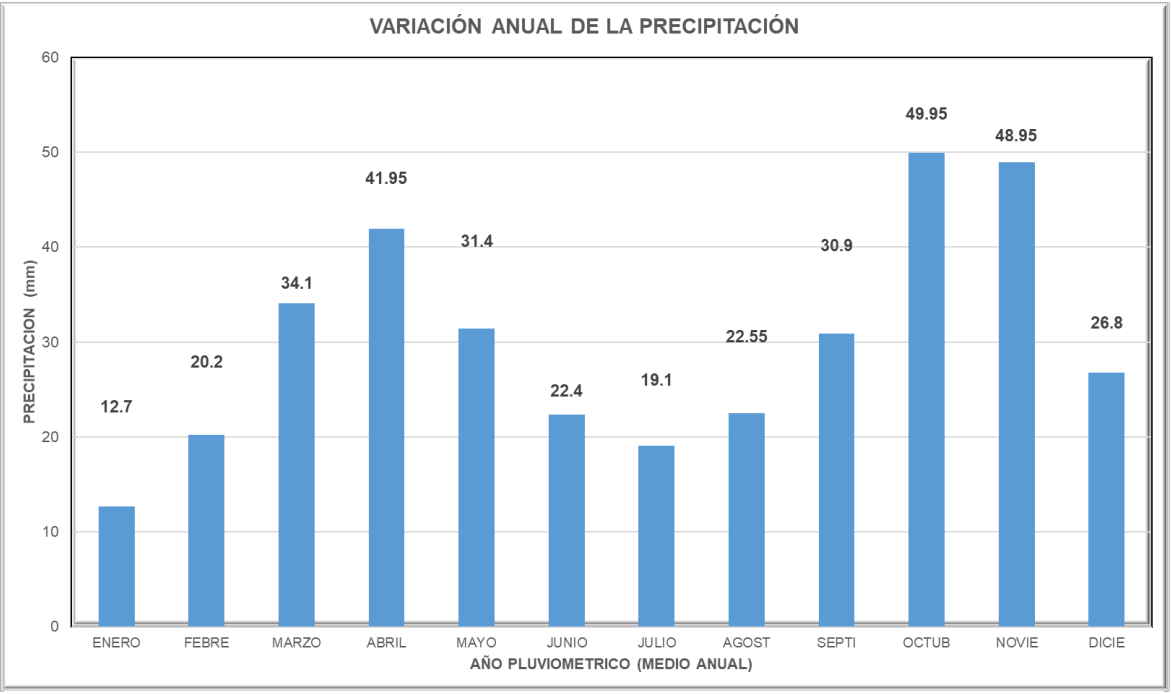


Figura 3. Variación anual de la precipitación (Manzanares 16010110)

El comportamiento pluviométrico en la zona refleja que los meses de enero y julio poseen los registros más bajos de precipitación con 12.7 mm y 19.1mm respectivamente; los meses de octubre y noviembre corresponden a los de mayor registro con 49.95 mm y 48.95 mm. También de la gráfica anterior se observa que los datos obtenidos para precipitación de la estación Manzanares presentan un comportamiento Bimodal 4 característico de la zona geográfica donde se ubica.

2. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MEDIO CON DURACIÓN DEL 95% DEL TIEMPO EN LA CAPTACIÓN DEL ACUEDUCTO DE CHINÁCOTA

Como no se cuenta con un registro histórico de caudales máximos en la quebrada Iscalá y tan solo se cuenta con los registros de precipitaciones totales mensuales y precipitaciones máximas en 24 horas para la estación meteorológica del IDEAM: MANZANARES [1601010], ubicada en la cuenca hidrográfica de la quebrada.

Los caudales para el afluente en el sitio de la captación se calcularon mediante el método de número de curva, esto con el fin de obtener datos de caudales a partir de los registros de precipitación de la estación meteorológica en mención.

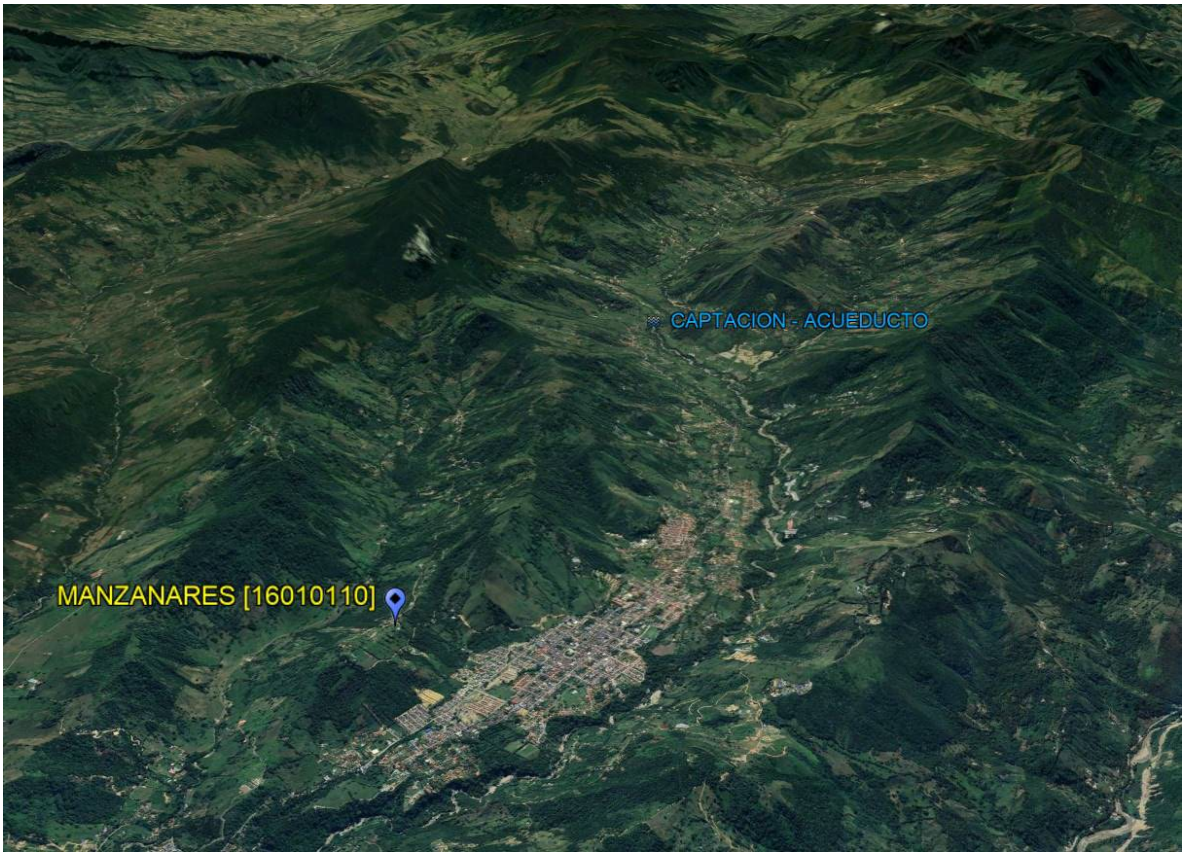


Figura 4. Localización de la estación del IDEAM MANZANARES [16010110].

2.1 CALCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO SCS.

Para el cálculo del caudal máximo se empleó el método SCS teniendo en cuenta que da buenos resultados para cuencas hidrográficas grandes.

Este método, desarrollado por el SCS, también llamado del "número de curva" consta de dos partes. En la primera de ellas se hace una estimación del volumen de escorrentía resultante de una relación precipitación-escurrimiento directo, en la segunda se determina el tiempo de distribución del escurrimiento, incluyendo el caudal pico.

El escurrimiento directo ocasionado por la precipitación máxima con una duración de una hora se calcula con la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{(P - 0.20S)^2}{P + 0.80S}$$

Dónde:

Q: escurrimiento directo (pulgadas)

P: precipitación máxima con una duración de una hora.

S: retención potencial máxima (pulgadas)

El valor de S (en pulgadas) se relaciona con el número de curva de escorrentía (CN) por la definición:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Para determinar el volumen de escurrimiento, debe hacerse una estimación del valor de CN, el cual depende de características de la cuenca tales como uso de la tierra, condiciones del suelo y condiciones de humedad de la cuenca en el momento de ocurrir, la precipitación.

Se debe tener en cuenta la precipitación acumulada los 5 días previos a la precipitación analizada, para ello se creó la siguiente tabla.

Tabla 4. Condiciones antecedentes de humedad para el método de número de curva

Clases de condiciones de humedad antecedentes	Lluvia total de los 5 días anteriores (milímetros)	
	Estación sin desarrollo vegetativo	Estación de crecimiento vegetativo
I	menos de 12,7mm	menos de 35,6mm
II	12,7 a 27,9mm	35,6 a 53,3mm
III	más de 27mm	más de 53,3mm

Se consideró que la lluvia máxima se presenta después de varias lluvias por eso se trabajó con una condición de humedad antecedente III

Los números de curva han sido tabulados por el Servicio de Conservación de Suelos en base al tipo y uso de suelo. En función del tipo de suelo se definen cuatro grupos:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento y limos agregados.

Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento y marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con alto contenido de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

La cuenca presenta características de suelo tipo C, y la cubierta del suelo predominante en la cuenca es de bosques, arbustos, vegetación herbácea y suelo sin cobertura vegetal. Los tipos de cobertura de la cuenca y porcentajes de estos se obtuvieron con el software ArcGis empleando imágenes satelitales recientes.

El número de curva CN se obtiene de la **tabla 2.16** del manual de drenaje de carreteras de INVIAS para tierras agrícolas, que involucra el tipo de cubierta del suelo y el grupo hidrológico, desarrollada para la condición de humedad II.

El número de curva se pondero con los porcentajes de cobertura de suelo en la cuenca hidrográfica.

Tabla 5. Obtención del número de curva para la cuenca

COBERTURA	PORCENTAJE	ÁREA (Km^2)	CN II	CN II*ÁREA
BOSQUE ANDINO	54.5%	26.219	70	1835.31
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	28.9%	13.903	72	1001.02
PASTIZAL / POTRERO	16.6%	7.986	74	590.95
∑ =	100.0%	48.108		3427.28
		CN PONDERADO =		71.24

CN(III)=	85.07

Este valor se corrigió para llevarlo a la condición III mediante la siguiente ecuación:

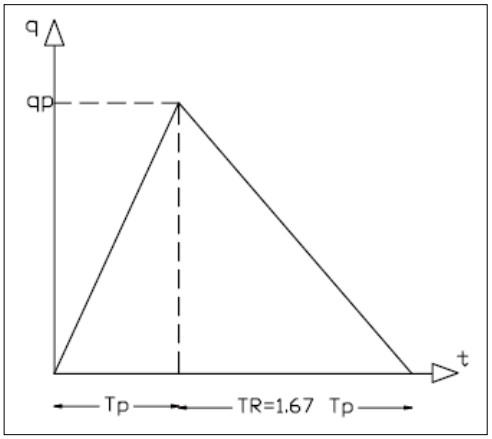
$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Tabla 6. Número de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas para una Condición de humedad antecedente promedio AMCII e Ia=0.2S

DESCRIPCIÓN Y TIPO DE COBERTURA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	NÚMERO DE CURVA PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Pastos, forraje para pastoreo[1]	Mala	68	79	86	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Prados continuos, protegidos de pastoreo, y generalmente segados para heno	---	30	58	71	78
Maleza mezclada con pasto de semilla con la maleza como principal elemento[2]	Mala	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30[3]	48	65	73
Combinación de bosques y pastos (huertas o granjas con árboles)[4]	Mala	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques[5]	Mala	45	66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77
Predios de granjas, construcciones, veredas, caminos y lotes circundantes	---	59	74	82	86

Fuente: Manual de drenaje de carreteras de INVIAS

El siguiente paso consiste en construir el hidrograma SCS generado por la precipitación, cuyo modelo es el siguiente.



Se debe calcular el caudal pico generado por la tormenta

$$q_P = 0{,}208\frac{A \times Q}{T_P}\left(m^3/s\right)$$

El tiempo pico se calcula con la siguiente ecuación:

$$T_P = \frac{t_r}{2} + t_P$$

tp = 0.6 Tc

tr es la duración de la tormenta base.

El tiempo de concentración se halla con la siguiente ecuación:

$$T_C = 0.95\left[\frac{L^3}{H}\right]^{0.385}$$

L: Longitud del cauce principal (Km)

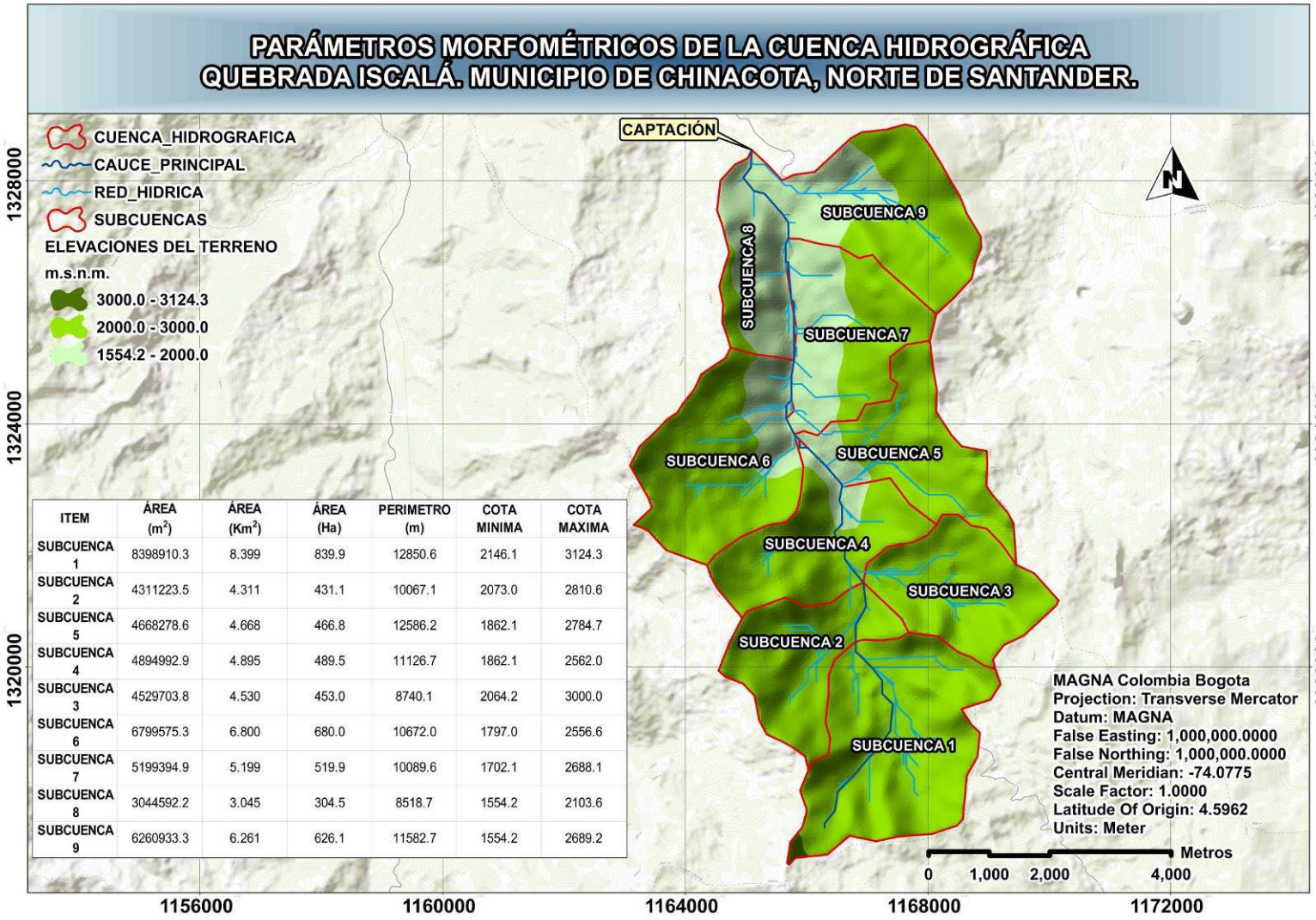
H: diferencia de altura entre el principio y fin de la cuenca (m)

Tc: tiempo de concentración (horas)

2.2 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA.

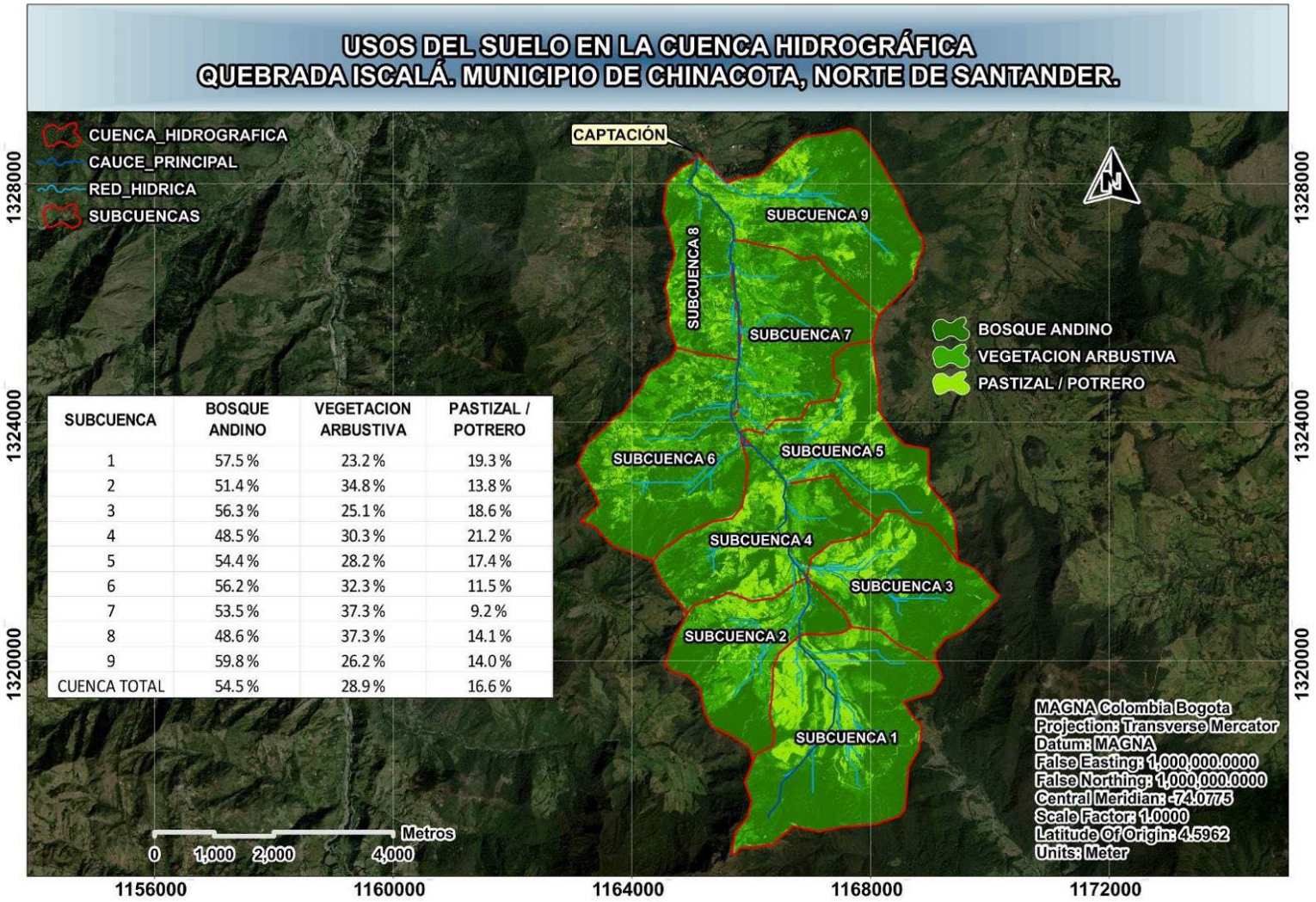
La cuenca se delimitó en el software Google Earth Pro demarcando el trazado de la divisoria de aguas con un polígono de color rojo.

Posteriormente empleando el software de análisis de información geográfica ArcGIS 10.8 se realizó el análisis de tipos de cobertura de la cuenca, cálculo de pendientes y el análisis de parámetros morfométricos.



ITEM	ÁREA (m^2)	ÁREA (Km^2)	ÁREA (Ha)	PERIMETRO (m)	COTA MINIMA	COTA MAXIMA
SUBCUENCA 1	8398910.3	8.399	839.9	12850.6	2146.1	3124.3
SUBCUENCA 2	4311223.5	4.311	431.1	10067.1	2073.0	2810.6
SUBCUENCA 5	4668278.6	4.668	466.8	12586.2	1862.1	2784.7
SUBCUENCA 4	4894992.9	4.895	489.5	11126.7	1862.1	2562.0
SUBCUENCA 3	4529703.8	4.530	453.0	8740.1	2064.2	3000.0
SUBCUENCA 6	6799575.3	6.800	680.0	10672.0	1797.0	2556.6
SUBCUENCA 7	5199394.9	5.199	519.9	10089.6	1702.1	2688.1
SUBCUENCA 8	3044592.2	3.045	304.5	8518.7	1554.2	2103.6
SUBCUENCA 9	6260933.3	6.261	626.1	11582.7	1554.2	2689.2

Figura 5. Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica generado con ArcGIS 10.8



SUBCUENCA	BOSQUE ANDINO	VEGETACION ARBUSTIVA	PASTIZAL / POTRERO
1	57.5 %	23.2 %	19.3 %
2	51.4 %	34.8 %	13.8 %
3	56.3 %	25.1 %	18.6 %
4	48.5 %	30.3 %	21.2 %
5	54.4 %	28.2 %	17.4 %
6	56.2 %	32.3 %	11.5 %
7	53.5 %	37.3 %	9.2 %
8	48.6 %	37.3 %	14.1 %
9	59.8 %	26.2 %	14.0 %
CUENCA TOTAL	54.5 %	28.9 %	16.6 %

Figura 6. Usos del suelo en la cuenca hidrográfica generado con ArcGIS 10.8.

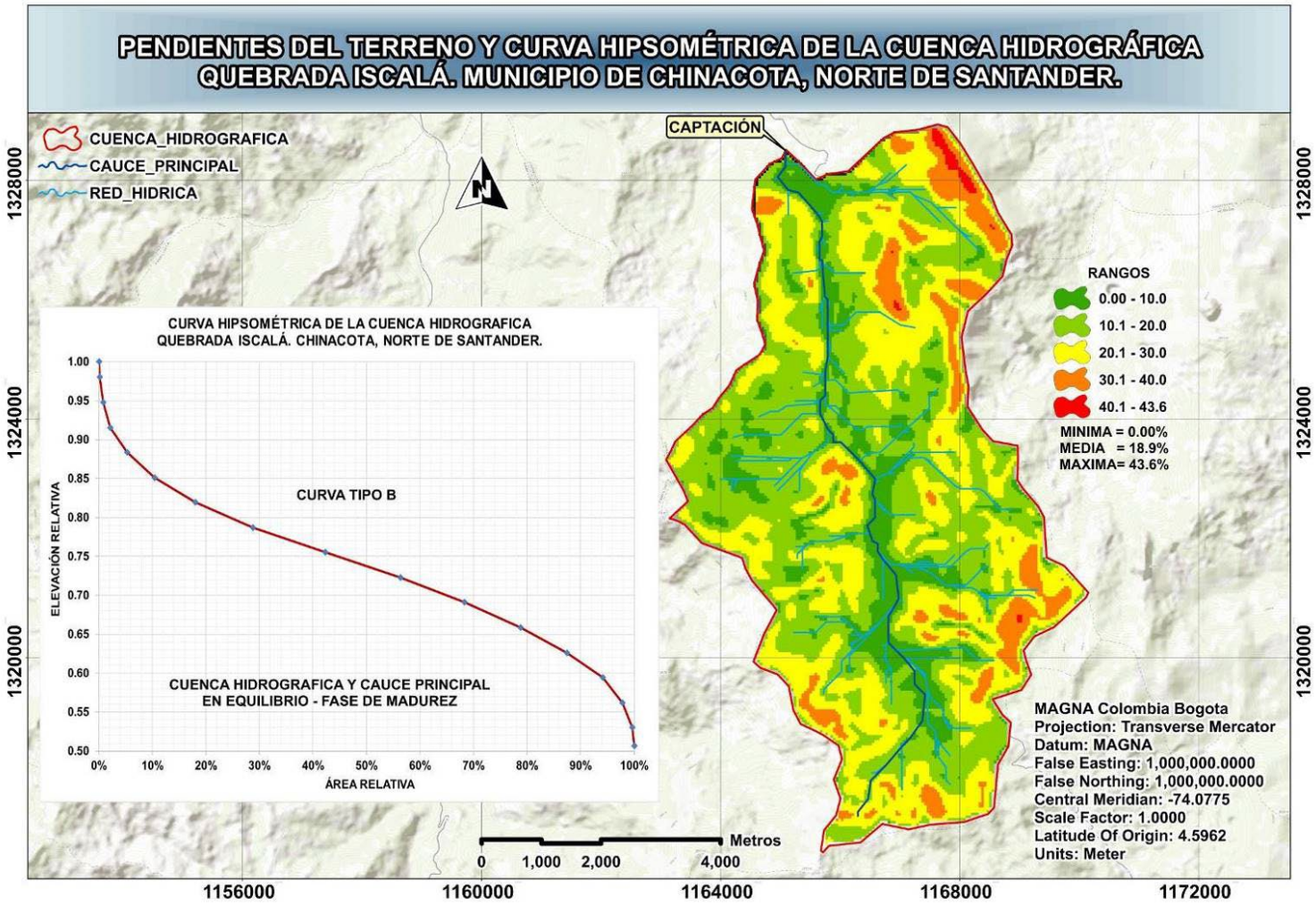


Figura 2. Pendientes del terreno y curva hipsométrica generado con ArcGIS 10.8.

Tabla 7. Resultados del análisis morfométrico

CUENCA HIDROGRÁFICA QUEBRADA ISCALÁ	
ÁREA (m^2)	48107604.8
ÁREA (Km^2)	48.10760478
ÁREA (Ha)	4810.760478
PERÍMETRO (m)	35248.26756
COTA MÍNIMA	1554.2
COTA MÁXIMA	3124.3
CAUCE PRINCIPAL QUEBRADA CAMPO ALICIA	
LONGITUD (m)	12962.4
COTA MÍNIMA	1556.0
COTA MÁXIMA	2821.0

Los usos del suelo se obtuvieron mediante el procesamiento de imágenes satelitales en el software ArcGIS 10.8, de este análisis se concluyó que la cuenca hidrográfica presenta tres tipos de usos (cobertura vegetal).

Los usos del suelo (cobertura vegetal) en la cuenca hidrográfica son los siguientes:

- Bosque andino: capa vegetal sin intervención humana, presenta árboles en etapa adulta. (54.5%)
- Bosque joven: capa vegetal con intervención humana, presenta árboles en edad joven o vegetación arbustiva. (28.9%)
- Pastizal / Potrero: Capa vegetal con intervención humana, hace referencia por lo general a pastos dedicados a la ganadería. (16.6%)

2.3 OBTENCIÓN DEL CAUDAL CON EL 95% DEL TIEMPO DE EXCEDENCIA EN LA CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES.

La curva de duración de caudales es el resultado del análisis de frecuencias de la serie histórica de caudales medios diarios en el sitio de captación de un proyecto de suministro de agua. Se estima que, si la serie histórica es suficientemente buena, la curva de duración es representativa del régimen de caudales medios de la corriente y por lo tanto puede utilizarse para pronosticar el comportamiento del régimen futuro de caudales, o sea el régimen que se presentará durante la vida útil de la captación.

La curva de duración es un procedimiento gráfico para el análisis de la frecuencia de los datos de caudales y representa la frecuencia acumulada de ocurrencia de un caudal determinado. Es una gráfica que tiene el caudal, Q, como ordenada y el número de días del año (generalmente expresados en % de tiempo) en que ese caudal, Q, es excedido o igualado, como abscisa. La ordenada Q para cualquier porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que espera que sea excedido o igualado un porcentaje, P del tiempo.

Los datos de caudal medio anual, mensual o diario se pueden usar para construir la curva.

Los caudales se disponen en orden descendente, usando intervalos de clase si el número de valores es muy grande. Si N es el número de datos, la probabilidad de excedencia, P, de cualquier descarga (o valor de clase), Q, es:

$$P = \frac{m}{N} \times 100$$

Siendo m el número de veces que se presenta en ese tiempo el caudal. Si se dibuja el caudal contra el porcentaje de tiempo en que éste es excedido o igualado se tiene una gráfica como la mostrada en la siguiente figura.

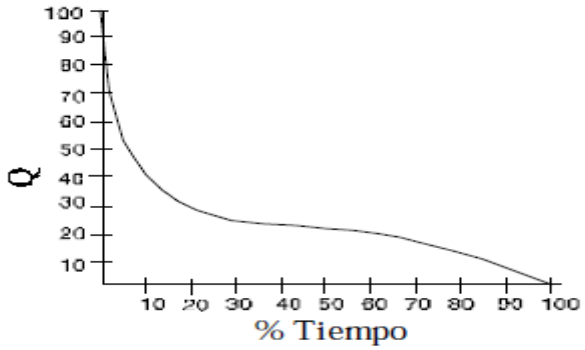


Tabla 8. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, MANZANARES [16010110]

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO: 2020/12/12							ESTACIÓN: MANZANARES [16010110]						
LATITUD 7.612778			TIPO EST PM				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACIÓN 15/09/1990		
LONGITUD -72.590833			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO CHINÁCOTA				FECHA-SUSPENSIÓN		
ELEVACIÓN 1350 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE ISCALÁ						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1990	*	*	*	*	*	*	*	*	13.5	47.5	40.5	56.7	56.7
1991	13.5	4.5	34.7	34.7	22.5	16	12	11.6	29.3	18.8	35	66.9	66.9
1992	*	15.4	18	20	20	17.5	12.5	39.4	76	49.3	40	32.6	76
1993	12.7	8.8	9.7	37.5	62	*	19.2	9.4	30.9	9	10	9.5	62
1994	54.2	30.5	35.6	39.4	15.8	14.2	19	17.6	70.6	64.5	53.2	31.1	70.6
1995	3.8	7.4	46.8	43.3	25.4	15.6	23.4	38.9	13.5	42.4	31.6	53.2	53.2
1996	24.7	13.3	10.8	11.1	49.2	42.3	14.7	43.4	26.9	50.5	40.2	50.5	50.5
1997	20.5	20.2	40.8	20.3	43	20	18	8	34	16	19	10.2	43
1998	*	69.8	9.8	90.8	21.4	26.5	44.7	18	59.5	69.5	49.2	60.8	90.8
1999	79	30.5	59.2	80.4	31.3	21.4	38.3	32.4	56.4	48.4	19.2	69.2	80.4
2000	60.1	37.8	86.2	11.3	15.2	23.5	13.5	10	56.4	78.4	26.2	20.5	86.2
2001	6	12.7	86.2	10.5	17.6	11.7	16.7	30.5	27.2	47.3	35.8	26.8	86.2
2002	22.7	13.3	56.4	47.2	36.8	13.4	14.7	14.2	29.8	23.2	5.2	8.4	56.4
2003	2.5	40	27.3	85.8	18.2	55.8	20.3	24.2	12.4	42.6	58.7	29.5	85.8
2004	14.3	6.5	70.8	76.2	55.4	10.7	8.4	17.7	67.7	65	82.5	85.2	85.2
2005	43	84	1.5	67.5	44	27	21	12.3	30	49.5	63.5	11	84
2006	14	23.2	35.8	62.5	42.2	11.2	13.5	14.5	12.3	97.3	25	38.9	97.3
2007	6	7.3	22.3	43.9	22	*	*	*	*	*	*	*	43.9
2008	54.4	11	11.5	21.5	89.8	12.2	*	*	*	54	75.4	10.4	89.8
2009	53.3	72.7	65.7	11.5	69.8	15.4	15.1	38.3	21.9	26.2	30.5	3.9	72.7
2010	*	3.5	52.1	51.9	31.2	23.4	57.9	26.4	38.5	60.5	50.8	85.4	85.4
2011	26.6	42.2	52.1	131.6	41.1	74.1	33.4	52.5	127.2	35.5	58.5	20.9	131.6
2012	10.1	6.5	28.1	100.8	45.5	34.3	14.6	14.3	21.4	58.9	55.9	15.8	100.8
2013	3.5	49.7	12.8	35.5	97.6	26.6	11.7	41.1	56.7	18.5	80.9	29.7	97.6
2014	5.6	30.6	49.9	39.7	26.7	20.2	7.5	17.7	10.5	58.2	34.2	9.4	58.2
2015	2.5	57.8	30.5	30.4	19.6	16.1	32.9	4.5	23.1	50.4	64.3	3.4	64.3
2016	5.2	7.7	19.7	40.6	31.5	25	17.4	29.8	21.6	35.6	60.8	32.5	60.8

2017	22.1	35.4	54.5	54.5	38.1	34.1	28.4	50.5	32.9	40.1	48.7	15.6	54.5
2018	4.3	41.9	25.1	80.1	30.4	35.5	31.1	20.9	39.4	76.6	60.7	*	80.1
2019	9.1	*	23.4	169.1	18.5	10.2	25.3	26.6	34.5	74.1	59.2	26.7	169.1
2020	0.7	8.4	33.5	6.8	17.2	24.9	22.9	17.8	40.1	88.1	44.5	59.5	88.1
2021	11.5	16.1	44.1	28.6	58.2	36.1	22.9	56.2	19.7	70.9	77.8	23.2	77.8
2022	9	26.8	12.1	131.2	69.7	90.3	45.6	40.6	40.8	55.1	73.1	5.9	131.2
MEDIO	12.7	20.2	34.1	41.95	31.4	22.4	19.1	22.55	30.9	49.95	48.95	26.8	80.1
MÁXIMA	79	84	86.2	169.1	97.6	90.3	57.9	56.2	127.2	97.3	82.5	85.4	169.1
MÍNIMA	0.7	3.5	1.5	6.8	15.2	10.2	7.5	4.5	10.5	9	5.2	3.4	43

Tabla 9. Valores medios mensuales de caudal en la captación del proyecto.

VALORES MEDIOS MENSUALES DE CAUDALES (m^3/seg), QUEBRADA ISCALÁ, CHINÁCOTA. NORTE DE SANTANDER												
AÑO	**ENERO**	**FEBRE**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**JULIO**	**AGOSTO**	**SEPTI**	**OCTUBR**	**NOVIE**	**DICIE**
1990	44.7416622	44.7416622	10.5402135	10.5402135	10.5402135	10.5402135	10.5402135	10.5402135	4.8602116	0.0150069	0.1067297	0.4796356
1991	20.6308864	8.3550322	0.5037736	0.5037736	2.4045134	4.0798857	5.3666204	5.5066129	1.1574739	3.2972385	0.4756910	1.6893920
1992	44.7416622	4.2600283	3.5112276	2.9904059	2.9904059	3.6488514	5.1945758	0.1588569	3.3171736	0.0556013	0.1291112	0.7242477
1993	21.7619605	6.5463563	6.2006045	0.2741193	1.0224825	10.5402135	3.1930854	6.3146255	0.9339449	6.4685642	6.0878054	6.2764824
1994	1.2370437	0.9874248	0.4220510	0.1588569	4.1394383	4.6337855	3.2449264	3.6210864	2.2922699	1.3435569	0.2287692	0.9078004
1995	36.8231780	7.1064206	0.0061158	0.0211242	1.8123147	4.1994854	2.2108435	0.1860690	4.8602116	0.0413659	0.8441672	0.2287692
1996	8.2641184	4.9260540	5.7929383	5.6845710	0.0526831	0.0440370	4.4758559	0.0192950	1.5416402	0.0966240	0.1198970	0.0966240
1997	12.1721558	2.9409002	0.0943443	2.9163210	0.0271142	2.9904059	3.5112276	6.8630499	0.5725969	4.0798857	3.2449264	6.0132820
1998	44.7416622	2.1549025	6.1628693	6.9312729	2.6535387	1.6114899	0.0030813	3.5112276	0.7426015	2.1043773	0.0526831	0.8829205
1999	16.7989797	0.9874248	0.7118447	4.2730006	0.8820514	2.6535387	0.2216546	0.7474527	0.4546998	0.0321345	3.1930854	2.0543938
2000	3.4211308	0.2537697	5.6889574	5.6129907	4.3210687	2.1898788	4.8602116	6.0878054	0.4546998	3.8254976	1.6649851	2.8675090
2001	32.6602291	5.1266694	5.6889574	5.9025068	3.6210864	5.4714176	3.8753238	0.9874248	1.4903555	0.0120691	0.4049154	1.5589448
2002	10.0208118	4.9260540	0.4546998	0.0107192	0.3247744	4.8930687	4.4758559	4.6337855	1.0848594	2.2531043	8.0425066	6.7035946
2003	39.4264048	0.1291112	1.4734698	5.5858176	3.4570165	0.4067381	2.9163210	2.0462039	5.2287239	0.0362778	0.6619490	1.1281248
2004	19.5345909	7.4809936	2.3272073	3.3583195	0.3761861	5.8293274	6.7035946	3.5934417	1.8126696	1.4126050	4.7656884	5.4326048
2005	0.1150959	5.1316130	9.7772748	1.7814798	0.0100714	1.5244406	2.7474924	5.2630023	1.0565195	0.0616695	1.2102644	5.7205603
2006	19.9416531	2.2531043	0.4049154	1.0834423	0.0467929	5.6487145	4.8602116	4.5386493	5.2630023	8.8557870	1.8885485	0.1860690
2007	32.6602291	7.1474738	2.4487775	0.0114007	2.5160155	10.5402135	10.5402135	10.5402135	10.5402135	10.5402135	10.5402135	10.5402135
2008	1.2939469	5.7205603	5.5419401	2.6303349	6.6525359	5.2974110	10.5402135	10.5402135	10.5402135	0.2783073	3.1950760	5.9392975
2009	0.9962880	2.6708562	1.5119386	5.5419401	2.1549025	4.2600283	4.3517759	0.2216546	2.5386533	1.6649851	0.9874248	8.6286579
2010	44.7416622	8.8140490	0.1683522	0.1583336	0.8948766	2.2108435	0.5856899	1.6292159	0.2094360	0.8495293	0.1086000	5.4834756
2011	6.7657427	0.0467929	0.1683522	21.8162671	0.0827377	2.9374842	0.6352900	0.1892841	19.9210208	0.4307581	0.6424706	2.7712664
2012	25.6833852	7.4809936	1.3421286	9.9698489	0.0000196	0.5425341	4.5071897	4.6019470	2.6535387	0.6817019	0.4145542	4.1394383
2013	37.4143470	0.0680464	5.0929107	0.4307581	8.9491963	1.5938695	5.4714176	0.0827377	0.4796356	3.3765934	4.3882080	1.0991803
2014	33.3948267	0.9739056	0.0747311	0.1435889	1.5763546	2.9409002	7.0655082	3.5934417	5.9025068	0.6137694	0.5524603	6.3146255
2015	39.4264048	0.5764687	0.9874248	1.0010438	3.0908116	4.0502944	0.6901661	8.3550322	2.2744007	0.0927842	1.3163846	8.8607708

2016	34.1392623	6.9841048	3.0655355	0.1025145	0.8566969	1.8885485	3.6767369	1.0848594	2.6072447	0.4220510	0.8829205	0.7358017
2017	10.5845013	0.4395581	0.3116386	0.3116386	0.2342313	0.5624812	1.2945820	0.0966240	0.6901661	0.1244604	0.0392561	4.1994854
2018	35.8505407	0.0555705	1.8693287	4.2045117	1.0010438	0.4307581	0.9078004	2.7712664	0.1588569	3.4412784	0.8717231	10.5402135
2019	27.2938740	10.5402135	2.2108435	40.1800127	3.3765934	6.0132820	1.8312119	1.5938695	0.5229652	2.9374842	0.7118447	1.5763546
2020	43.2117056	6.7035946	0.6246025	7.3548589	3.7328699	1.9078763	2.3173263	3.5659171	0.1244604	6.1896576	0.0046661	0.7426015
2021	23.5247239	4.0502944	0.0088249	1.2633982	0.6137694	0.3799063	2.3173263	0.4384290	3.0655355	2.3447648	3.6954541	2.2531043
2022	6.3851109	1.6430304	4.5782438	32.1708290	2.2402430	8.4768725	0.0000042	0.0958085	0.1042002	0.3319297	2.6962625	7.0857049

Tabla 10. Calculo de intervalos de clase.

Nº	Intervalo de clases (m^3/seg)		Limite inferior del intervalo Q_{min} (m^3/seg)	Numero de ocurrencia en intervalo	Numero de veces en q $Q \geq Q_{min}$	% de tiempo $Q \geq Q_{min}$
1	0.100	1.889	0.100	134	350	100.0
2	1.890	3.679	1.89	68	216	61.7
3	3.680	5.469	3.680	44	148	42.3
4	5.470	7.259	5.47	42	104	29.7
5	7.260	9.049	7.26	12	62	17.7
6	9.050	10.839	9.05	23	50	14.3
7	10.840	12.629	10.84	1	27	7.7
8	12.630	14.419	12.63	0	26	7.4
9	14.420	16.209	14.42	0	26	7.4
10	16.210	17.999	16.21	1	26	7.4
11	18.000	19.789	18	1	25	7.1
12	19.790	21.579	19.79	3	24	6.9
13	21.580	23.369	21.58	2	21	6.0
14	23.370	25.159	23.37	1	19	5.4
15	25.160	26.949	25.16	1	18	5.1
16	26.950	28.739	26.95	1	17	4.9
17	28.740	30.529	28.74	0	16	4.6
18	30.530	32.319	30.53	0	16	4.6
19	32.320	34.109	32.32	3	16	4.6
20	34.110	35.899	34.11	2	13	3.7
21	35.900	37.689	35.9	2	11	3.1
22	37.690	39.479	37.69	2	9	2.6
23	39.480	41.269	39.48	1	7	2.0
24	41.270	43.059	41.27	0	6	1.7
25	43.060	44.849	43.060	6	6	1.7

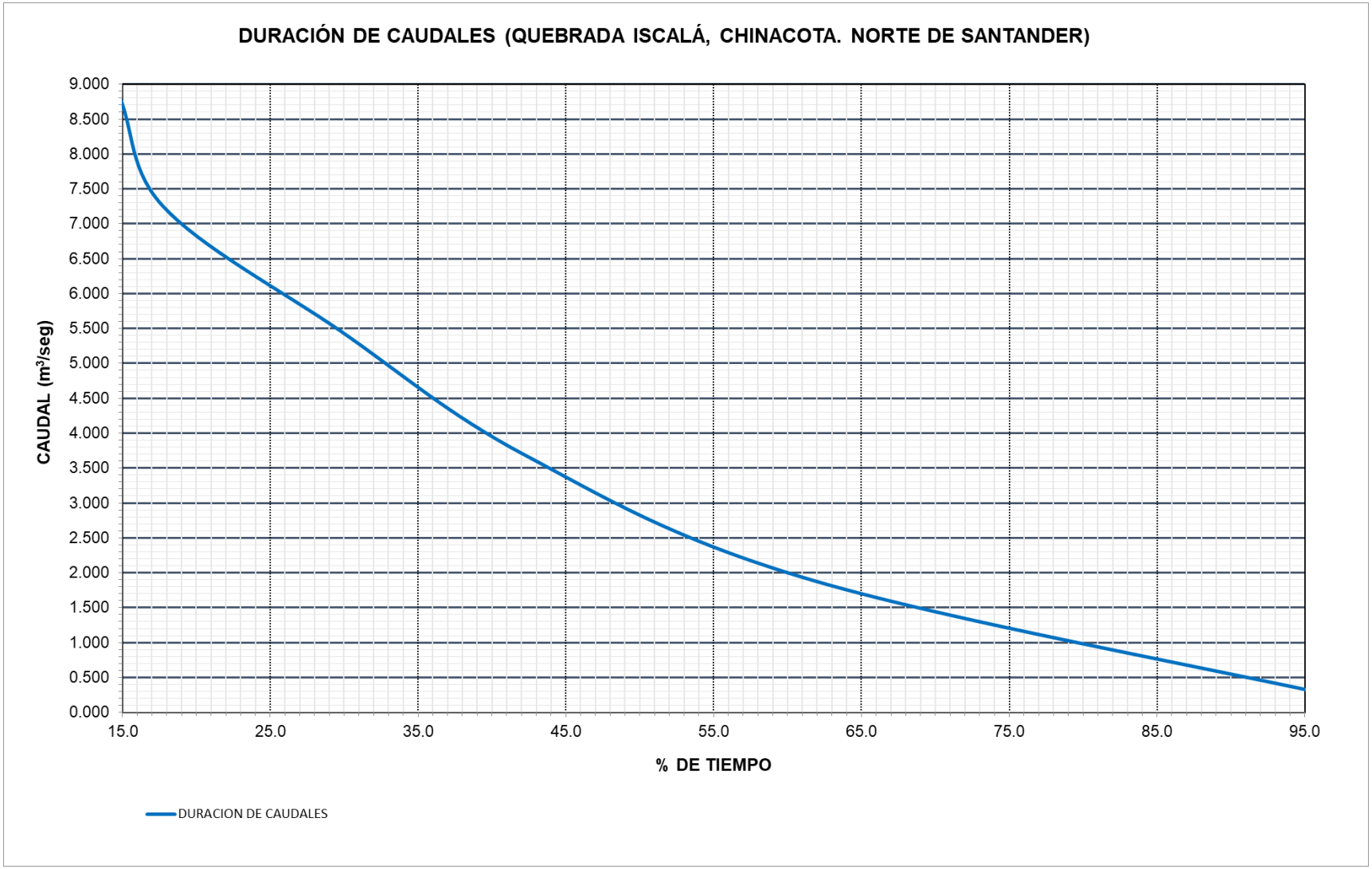


Figura 7. Curva de duración de caudales en la quebrada Iscalá.

Tabla 11. Calculo del caudal con 95% de excedencia en tiempo en la curva de duración de caudales.

DATOS TOMADOS DE LA CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES, QUEBRADA ISCALÁ. CHINÁCOTA, NORTE DE SANTANDER.	
CAUDAL 95% =	0.32 m^3/seg

3. AMENAZA POR INUNDACIÓN EN LA CAPTACIÓN DEL ACUEDUCTO

3.1 MODELACIÓN HIDROLÓGICA.

Para la elaboración de un mapa de amenaza por inundación se requiere la determinación del caudal de creciente para el período de retorno deseado, para lo cual se puede hacer uso de distintos análisis hidrológicos en función de la calidad y cantidad de información existente para el sitio de interés.

Si existen registros de caudal en el sitio de interés, puede llevarse a cabo un análisis de frecuencia de caudales máximos.

Si no hay registros de caudal disponibles, se debe llevar a cabo un análisis de transformación de lluvia en escorrentía con el fin de determinar el caudal para el período de retorno deseado.

Cuando al punto de interés confluye una cuenca compuesta por varias subcuencas representativas se determina el hietograma de lluvia para el período de retorno deseado, se encuentra un hidrograma unitario sintético de cada subárea de la cuenca y se calcula el hidrograma de escorrentía directa de cada subcuenca. Dichos hidrogramas se transitan aguas abajo y se suman para determinar el hidrograma de escorrentía directa total en la parte más baja de la cuenca de drenaje. El caudal pico

del hidrograma del punto localizado en el extremo aguas abajo se utiliza como el caudal de la creciente de diseño.

3.1.1 Con registros de caudal en el sitio de interés

En el caso de contar con una estación limnimétrica o limnigráfica en el sitio de interés con datos históricos de caudal máximo instantáneo, se toman sus valores máximos instantáneos anuales, se ajustan a distribuciones probabilísticas conocidas, y se hacen inferencias estadísticas.

Se debe tener en cuenta que los caudales máximos instantáneos son los valores de caudal máximo que cruzan por una sección hidrométrica en una corriente, y son registrados en estaciones limnigráficas o limnimétricas a través de datos de

lecturas de miras máximas instantáneas, integradas con la respectiva curva de calibración de caudales líquidos.

Se debe tener en cuenta que las estaciones limnimétricas solamente se pueden calcular valores puntuales de caudal en las horas del día en las cuales se leen las lecturas de mira de las mismas.

3.1.2 Con registros de caudal en la misma corriente, pero no en el sitio de interés: Transposición de datos de caudal

Cuando la estación limnimétrica o limnigráfica se encuentre en la misma cuenca hidrográfica pero no en el sitio de interés se pueden transferir caudales máximos instantáneos anuales de diferentes periodos de retorno de esta estación hasta el sitio de interés, mediante relaciones de áreas de drenaje,

así:

QSP = QEH x (ASP/AEH)x

Dónde:

QSP: Caudal en el sitio de proyecto, en metros cúbicos por segundo (m3/s).

QEH: Caudal en la estación limnimétrica o limnigráfica, en metros cúbicos por segundo (m3/s).

ASP: Área de la cuenca hidrográfica hasta el sitio de proyecto, en kilómetros cuadrados (km2).

AEH: Área de la cuenca hidrográfica hasta la estación limnimétrica o limnigráfica, en kilómetros cuadrados (km2).

El exponente x es un valor que fluctúa usualmente entre 0.5 y 0.75. A falta de datos de investigación, se acostumbra tomar un valor igual a 0.5.

Para la aplicación de esta metodología la diferencia entre las áreas de drenaje no podrá ser mayor o menor al 50 % del valor original del área de drenaje.

Cabe aclarar que esta metodología se puede aplicar para cuencas hidrográficas que sean hidrológica y climatológicamente homogéneas.

3.1.3 Con registros de caudal en la misma cuenca, pero no en el sitio de interés: Análisis regional de caudales máximos instantáneos anuales.

Cuando se cuenta con varias estaciones hidrométricas con datos de caudales máximos instantáneos anuales históricos en una región de cierta magnitud e hidrológicamente homogénea, se puede aplicar el método del análisis regional de frecuencias de esta variable hidrológica.

Para ello, se sigue la siguiente metodología:

a) Se calculan los valores de caudal para diferentes periodos de retorno en cada una de las estaciones hidrométricas.

b) Se calcula la relación generalizada para la región, entre el caudal con periodo de retorno de 2.33 años Q2.33 (caudal promedio en la distribución Gumbel) y el área de drenaje A, con base en los datos de cada una de las estaciones hidrométricas.

Q2.33 = f(A)

c) Para cada estación, se calcula la relación entre el caudal para cada periodo de retorno T definido (dando valores de periodos de retorno iguales a 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años) y el caudal con periodo de retorno de 2.33 años QT/Q2.33).

d) Se debe realizar un ensayo de homogeneidad estadístico, con el fin de asegurar que los datos obtenidos correspondan a una región hidrológicamente homogénea. Si el resultado de una de las estaciones queda por fuera de la franja de confianza del referido ensayo, se debe eliminar tal valor.

La pregunta de si los datos en un grupo de estaciones son homogéneos, se puede contestar en un sentido estadístico determinando si ellos difieren de uno a otro por cantidades que no pueden ser explicadas al azar. Por otro lado, donde esas diferencias no son más que debidas a la casualidad, se puede concluir que los datos representan aspectos diferentes de la misma entidad y, por consiguiente, pueden ser tenidos como homogéneos.

e) Se calcula el valor promedio o el valor mediano de la relación QT/Q2.33 para la región para los diferentes periodos de retorno considerados, con base en los valores individuales para cada estación.

f) Para una estación no aforada en la región con un área de drenaje A, el valor del caudal con un periodo de retorno determinado QT se calcula estableciendo, en

primer lugar, el valor del Q2.33 con la relación generalizada Q2.33 = f (A) para la región y, luego, utilizando la relación generalizada QT/Q2.33 para la referida región.

Aunque esta metodología es relativamente antigua, aún hoy en día conserva su validez por su respaldo académico y sencillez.

3.1.4 Sin registros de caudal: Modelos lluvia escorrentía.

Los modelos de transformación lluvia en escorrentía son utilizados cuando no existe la posibilidad de obtener medidas directas de caudales de drenaje en las cuencas hidrográficas.

Dichos modelos calculan la escorrentía superficial a partir de datos históricos de lluvias de corta duración existentes en la cuenca de interés y representativas de ella, en función de sus características geométricas, de suelos, vegetación y usos del suelo.

Se pueden utilizar metodologías tales como, el método racional, método del hidrograma de escorrentía superficial o modelos computacionales como el HEC-HMS.

3.2 LAS INUNDACIONES COMO AMENAZA

Los procesos de inundación se manifiestan en extensas zonas del territorio colombiano; no obstante la ocupación indiscriminada de las áreas ribereñas de los principales ríos y quebradas, con las intervenciones en las márgenes de estos drenajes, así como el crecimiento de las poblaciones con las actividades socioeconómicas asociadas han acentuado los efectos negativos que ocasionan los incrementos periódicos en los niveles de los ríos, siendo ésta una condición propia de la dinámica hidrológica correspondiente a épocas de aguas altas y aguas bajas así como la transición entre estos dos estados.

Particularmente durante los años 2010 a 2012 Colombia experimentó unas condiciones de inundación asociadas con la ocurrencia del evento La Niña, que se caracterizó por anomalías marcadas en el régimen de precipitaciones particularmente en las regiones Andina, Caribe y Pacífica, lo cual aunado a la falla y rompimiento de diques ocasionó inundaciones con una magnitud superior a los

registros históricos recientes. Esta emergencia afectó amplias zonas del país, y tuvo consecuencias económicas, sociales y ambientales severas.

Desde abril de 2010 se presentaron cantidades de precipitación que en forma generalizada estuvieron muy por encima de los promedios históricos, en particular en julio, noviembre y diciembre de 2010, y marzo y mayo de 2011 (Ver Figura 21 y Figura 22). Esta anomalía se reflejó también en el exceso de precipitación observada en las principales ciudades del país, en particular en los meses de noviembre y diciembre de 2010, y abril y mayo de 2011 (Ver Figura 23).

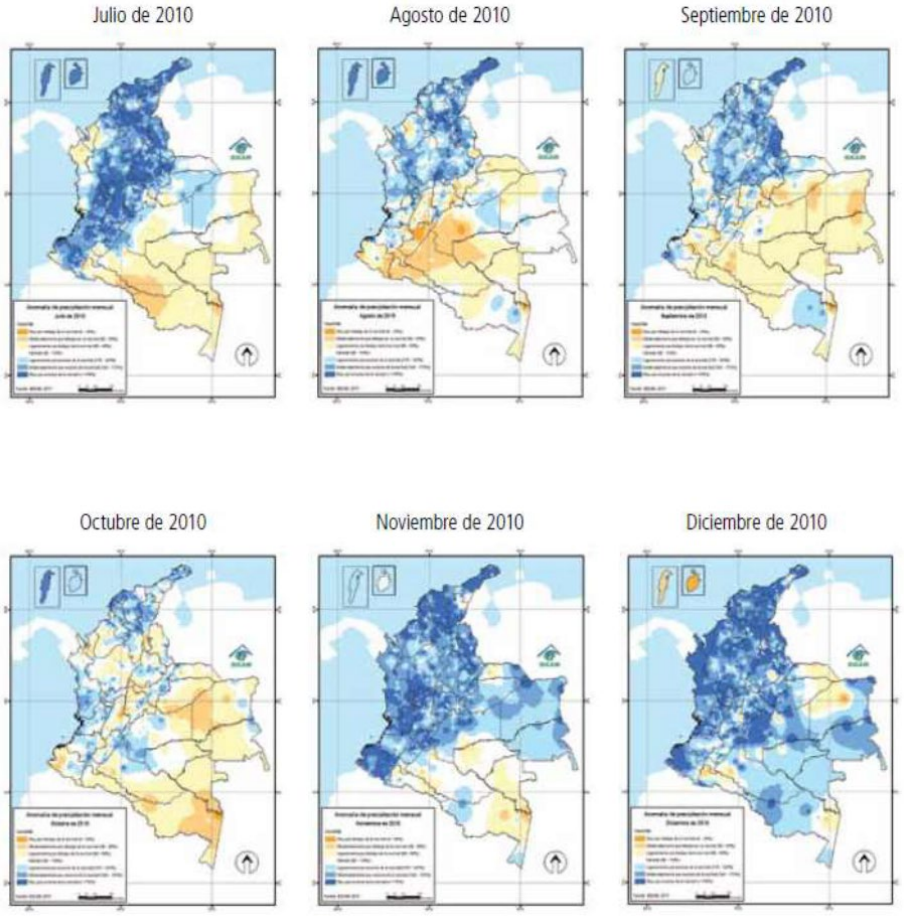


Figura 8. Mapas ilustrativos de las anomalías de lluvia mensual en el año 2010.

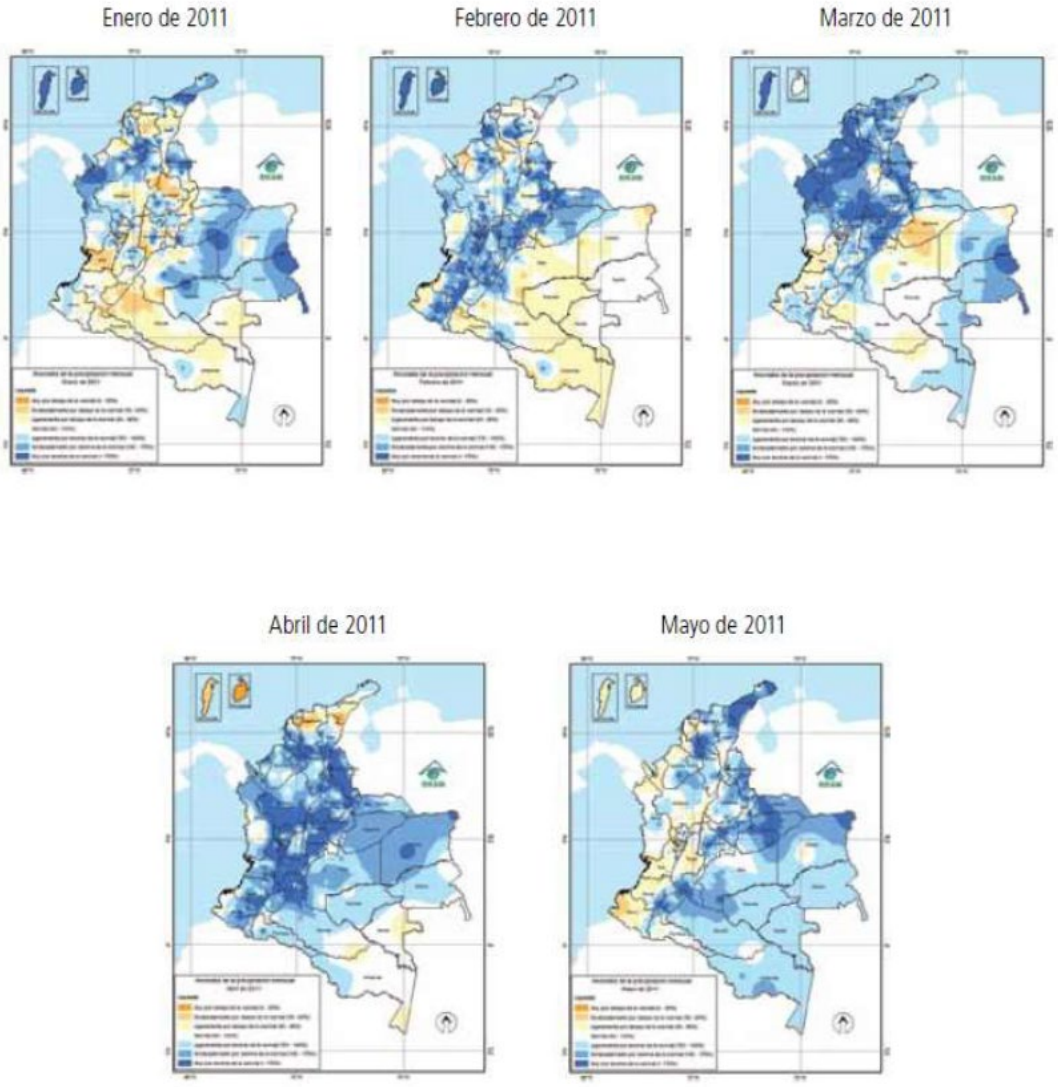


Figura 9. Mapas ilustrativos de lluvia mensuales en el año 2011.

La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA, por su sigla en inglés) ha calificado el fenómeno de la Niña para el periodo julio 2010 a febrero de 2011 en categoría fuerte, lo cual lo ubica entre los seis eventos más importantes de este tipo desde 1950.

Una de las consecuencias más graves de esta continuada, inusitada y elevada precipitación ocurrida de manera generalizada en amplias zonas del país, fue el desborde de ríos y cuerpos de agua, que inundaron en forma extensa y prolongada regiones que en condiciones típicas de aguas altas no se habrían inundado. Durante esa temporada de altas lluvias, entre septiembre de 2010 y

mayo de 2011, el número de emergencias se elevó a 2.219, conformadas por 1.233 inundaciones (55,6% del total de emergencias), 778 deslizamientos (35,1%), 174 vendavales y 24 avalanchas.

El total de personas damnificadas o afectadas a partir del Registro Único de Damnificados (RUD) por la emergencia invernal 2010-2011 fue de 3.219.23914, 73% (2.350.207) son damnificados y el restante 27% (869.032) afectados, que significa el 7,0% de la población nacional.

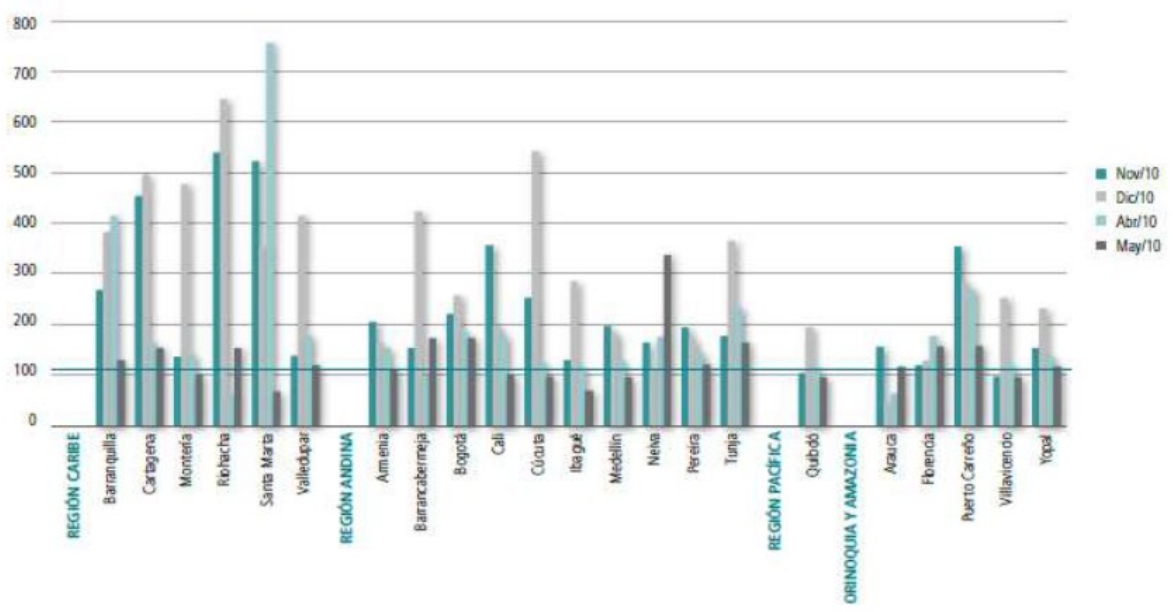


Figura 10. Porcentaje de la precipitación con respecto al promedio en capitales del país.

Bolívar y Magdalena, con Cauca y Córdoba, en su orden, fueron los departamentos con mayor número de personas registradas (29% del total) (Figura 24). Otros departamentos que presentaron alto número de afectados fueron Atlántico, Nariño, Antioquia, La Guajira, Valle del Cauca, Chocó, Sucre, Cesar y Tolima.

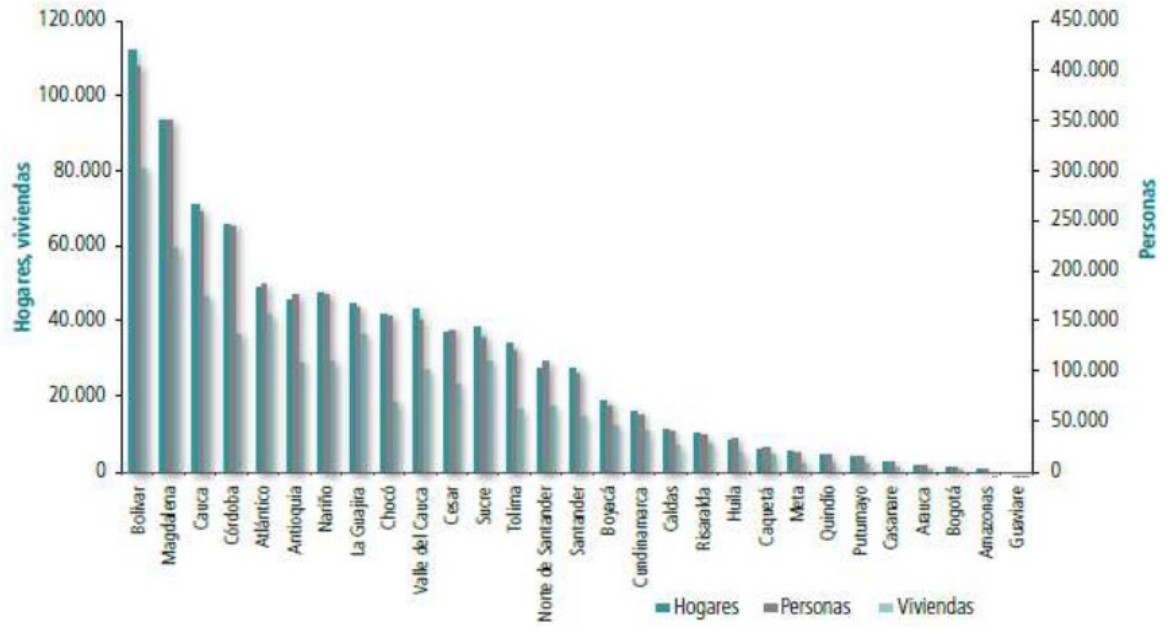


Figura 11. Personas, hogares y viviendas registrados por departamentos.

Dado lo anterior el evento ocurrido en 2010-2011 ha dejado en evidencia que, lejos de haberse reducido, ha aumentado de manera considerable la situación de vulnerabilidad del territorio nacional frente a amenazas de origen hidrometeorológico. Este fenómeno comprende varias dimensiones. En primer lugar, queda palpable la de los ecosistemas estratégicos, por la intensa, persistente y creciente deforestación y posterior quema en laderas, cambios de usos del suelo en todo el territorio nacional, desecación de humedales y alteraciones a los cursos de los ríos (en la región Caribe, la Sabana de Bogotá y los valles geográficos de los ríos Cauca, Magdalena, Sinú y otros). Segundo, la de comunidades, en muchos casos agravadas con hechos como el desplazamiento forzado que ha incrementado los riesgos en las zonas urbanas, en donde se ocupan terrenos no aptos para la vivienda. Finalmente, ha resultado vulnerable la institucionalidad, en sus distintos niveles.

Una forma relevante de asumirlo es el propósito de reducir vulnerabilidades frente a este tipo de fenómenos, transformar la experiencia en oportunidad para incorporar más aún la reducción de riesgos en los procesos nacionales y locales de desarrollo, lo cual implica, conocerlo, protegerse y evitar producirlo.

3.2.1 Tipos de inundación.

En general existen tres tipos de inundaciones: Naturales, Inducidas y Antrópicas (Ver Figura 25). Las inundaciones naturales son básicamente de dos tipos: terrestres, las cuales se presentan cuando las aguas dulces anegan territorios del interior de los continentes; y litorales o costeras, en las que las aguas marinas o lacustre-palustres invaden los sectores limítrofes con el dominio terrestre.

TIPOS DE INUNDACIONES	NATURALES	TERRESTRES	Vinculadas a la red fluvial	Torrenciales	Crecientes súbitas
				Crecientes lentas	Aumento lento del nivel del agua
				Rotura de presas naturales	Lagos, represamientos naturales
				Obstrucción de cauces	Movimientos del terreno
			No vinculadas a la red fluvial	Endorreismo	Precipitación in situ, aportes a lagos
				Hidrogeológicas	Surgencias, variaciones del nivel freático
		LITORALES	Mareales		
			Olas y ondas		
	INDUCIDAS	Obstáculos al flujo, impermeabilizaciones del suelo, deforestación			
	ANTRÓPICAS	Gestión inadecuada de obras hidráulicas			Desembalses
		Roturas y fugas			Almacenamientos, conducciones

Figura 12. Clasificación básica de las inundaciones.

El origen de las inundaciones terrestres puede ser debido al desbordamiento de corrientes fluviales o bien por el encharcamiento de zonas planas o endorreicas sin vinculación con la red fluvial, tanto por acumulación de la precipitación sin que circule sobre la superficie terrestre (precipitación in situ, sobrealimentación de un lago) como de origen hidrogeológico asociado a la elevación de la superficie freática sobre la superficie del terreno.

3.3 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

3.3.1 Delimitación de la cuenca hidrográfica

Se delimito la cuenca hidrográfica de la quebrada Iscalá mediante la utilización del software ArcGIS 10.8, partiendo de una pre localización de la cuenca con el software Google Earth Pro.

La cuenca se delimito en sus divisorias de aguas mediante un polígono de color rojo.

3.3.2 Delimitación de la red hídrica

El cauce principal y la red hídrica se obtuvo mediante la utilización del software ArcGIS 10.8.

3.3.2.1 Clasificación del cauce

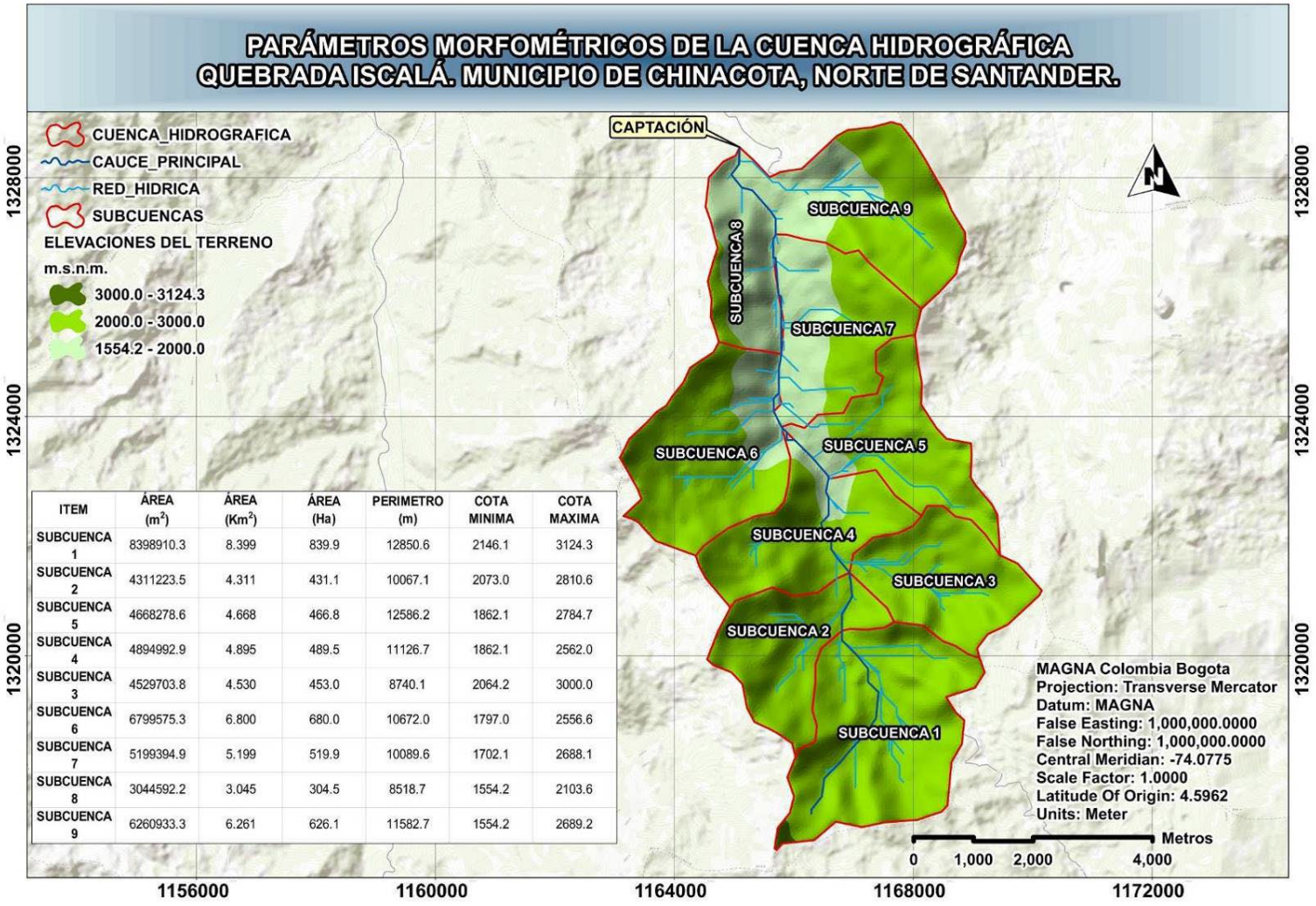
En relación a la libertad para moverse, el cauce se clasifica en no aluvial: Fondo en roca, no puede moverse.

En relación a la continuidad del flujo en el tiempo, se clasifica en Perenne: flujo permanente todo el tiempo.

En relación a la forma del cauce, se clasifica en Torrente: ríos de alta montaña.

Tabla 12. Clasificación general de las corrientes de agua (Adaptado de Veri-tech, 1998).

Propiedad	Clasificación	Características
Libertad para moverse	Aluvial	Cambia de tamaño y forma de acuerdo al caudal y a los sedimentos
	No aluvial	Fondo en roca. No puede moverse
Continuidad del flujo en el tiempo	Perenne	Flujo permanente todo el tiempo
	Intermitente	En temporadas secas el flujo desaparece
	Efímero	Sólo tiene flujo en el momento de las lluvias
Relación entre erosión y sedimentación	En degradación	El cauce se está profundizando por erosión
	En agradación	El cauce se está levantando por sedimentación
Forma del cauce	Semirecto	Sinuosidad menor a 1.1
	Sinuoso	Sinuosidad de 1.1 a 1.5
	Trenzado	Se forman trenzas e islas de depósitos dentro del cauce
	Anaramificado	Se forman varios canales independientes
	Torrente	Ríos de alta montaña
	Delta	Se forman canales dentro de los depósitos en la desembocadura
	Meándrico	La sinuosidad es mayor de 1.5



ITEM	ÁREA (m^2)	ÁREA (Km^2)	ÁREA (Ha)	PERIMETRO (m)	COTA MINIMA	COTA MAXIMA
SUBCUENCA 1	8398910.3	8.399	839.9	12850.6	2146.1	3124.3
SUBCUENCA 2	4311223.5	4.311	431.1	10067.1	2073.0	2810.6
SUBCUENCA 5	4668278.6	4.668	466.8	12586.2	1862.1	2784.7
SUBCUENCA 4	4894992.9	4.895	489.5	11126.7	1862.1	2562.0
SUBCUENCA 3	4529703.8	4.530	453.0	8740.1	2064.2	3000.0
SUBCUENCA 6	6799575.3	6.800	680.0	10672.0	1797.0	2556.6
SUBCUENCA 7	5199394.9	5.199	519.9	10089.6	1702.1	2688.1
SUBCUENCA 8	3044592.2	3.045	304.5	8518.7	1554.2	2103.6
SUBCUENCA 9	6260933.3	6.261	626.1	11582.7	1554.2	2689.2

Figura 13. Delimitación de la cuenca y parámetros morfométricos. (ArcGIS 10.

3.3.4 Análisis morfométrico de la cuenca

3.3.4.1 área de drenaje

Tabla 13. Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA							
ÍTEM	**ÁREA (m^2)**	**ÁREA (Km^2)**	**ÁREA (Ha)**	**PERÍMETRO (m)**	**PERÍMETRO (Km)**	**COTA MÍNIMA**	**COTA MÁXIMA**
QUEBRADA ISCALÁ	48107604.8	48.10760478	4810.760478	35248.26756	35.2	1554.2	3124.3

Tabla 14. Parámetros morfométricos de las subcuencas

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LAS SUBCUENCAS						
ÍTEM	**ÁREA (m^2)**	**ÁREA (Km^2)**	**ÁREA (Ha)**	**PERÍMETRO (m)**	**COTA MÍNIMA**	**COTA MÁXIMA**
SUBCUENCA 1	8398910.3	8.399	839.9	12850.6	2146.1	3124.3
SUBCUENCA 2	4311223.5	4.311	431.1	10067.1	2073.0	2810.6
SUBCUENCA 5	4668278.6	4.668	466.8	12586.2	1862.1	2784.7
SUBCUENCA 4	4894992.9	4.895	489.5	11126.7	1862.1	2562.0
SUBCUENCA 3	4529703.8	4.530	453.0	8740.1	2064.2	3000.0
SUBCUENCA 6	6799575.3	6.800	680.0	10672.0	1797.0	2556.6
SUBCUENCA 7	5199394.9	5.199	519.9	10089.6	1702.1	2688.1
SUBCUENCA 8	3044592.2	3.045	304.5	8518.7	1554.2	2103.6
SUBCUENCA 9	6260933.3	6.261	626.1	11582.7	1554.2	2689.2

Tabla 15. Parámetros morfométricos del cauce principal.

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DEL CAUCE PRINCIPAL					
ÍTEM	**LONGITUD (m)**	**LONGITUD (Km)**	**COTA MÍNIMA**	**COTA MÁXIMA**	**N° STRAHLER**
QUEBRADA ISCALÁ	12962.4	13.0	1556.0	2821.0	4

3.3.4.2 Índice de compacidad

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo que tenga igual área que ésta; en la medida que el índice se acerque más a la unidad, la forma tiende a ser más redondeada y con mayor peligro de que se produzcan avenidas máximas.

$$K = \frac{0.28\ P}{\sqrt{Ac}}$$

El cálculo permitió determinar que el índice de compacidad (K = 1.42) está incluido en el límite de la clase K2 que define la forma de la cuenca, como casi oblonga a oval oblonga; correspondiéndose con una peligrosidad medio alta de que se produzcan avenidas máximas.

Tabla 16. Referencias del índice de compacidad de Gravelius

Índice	Forma
1 – 1,25	Casi redonda a oval redonda (compacta)
1,25 – 1,5	Casi oblonga a oval oblonga
1,5 – 1,75	Casi oblonga a rectangular oblonga
>1,75	Casi rectangular (alargada)

3.3.4.3 Pendiente media de la cuenca

Sw= 18.9%

3.3..4.4 Longitud del cauce principal

Lc= 12.96 km

Lc= 12962 m

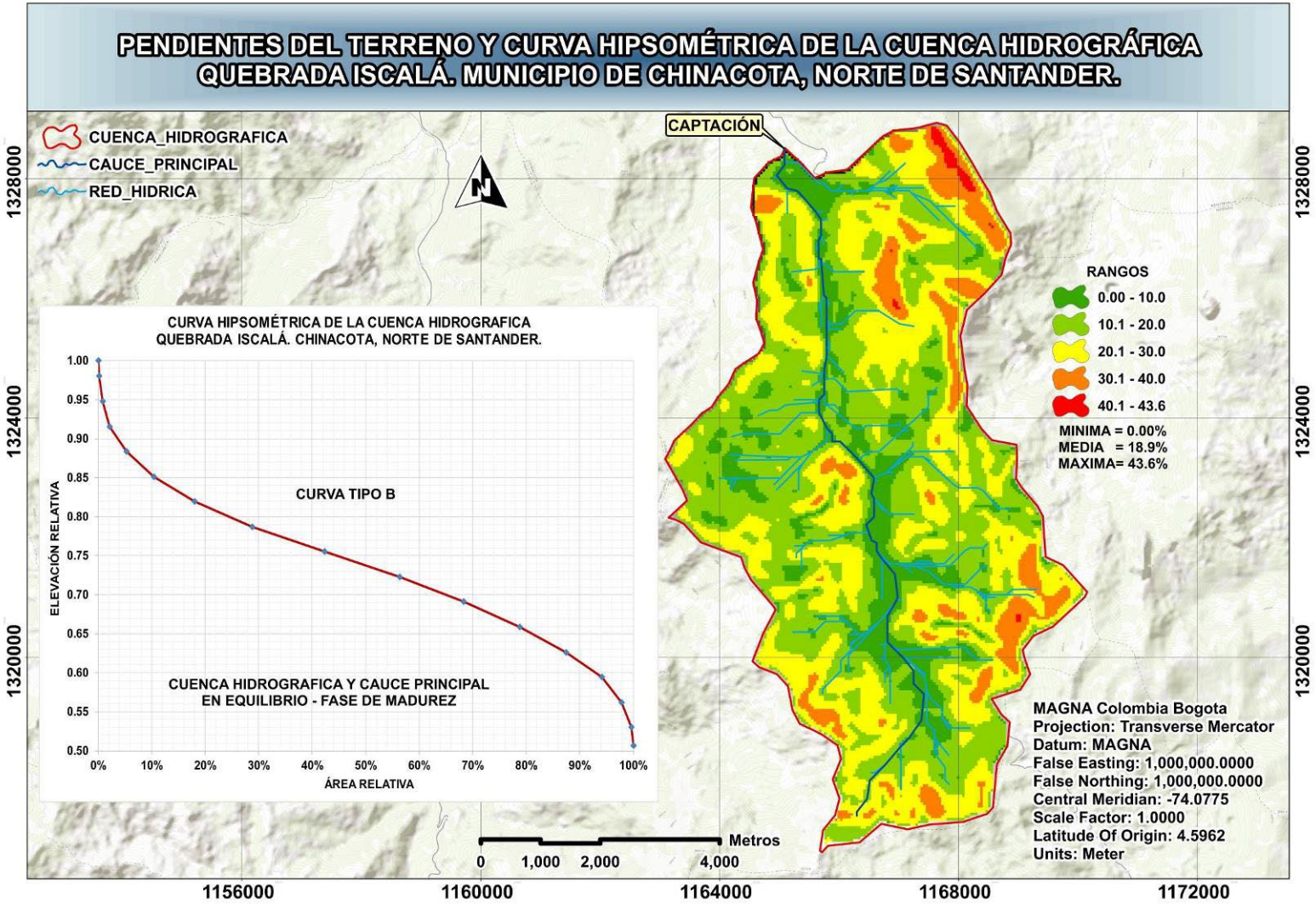
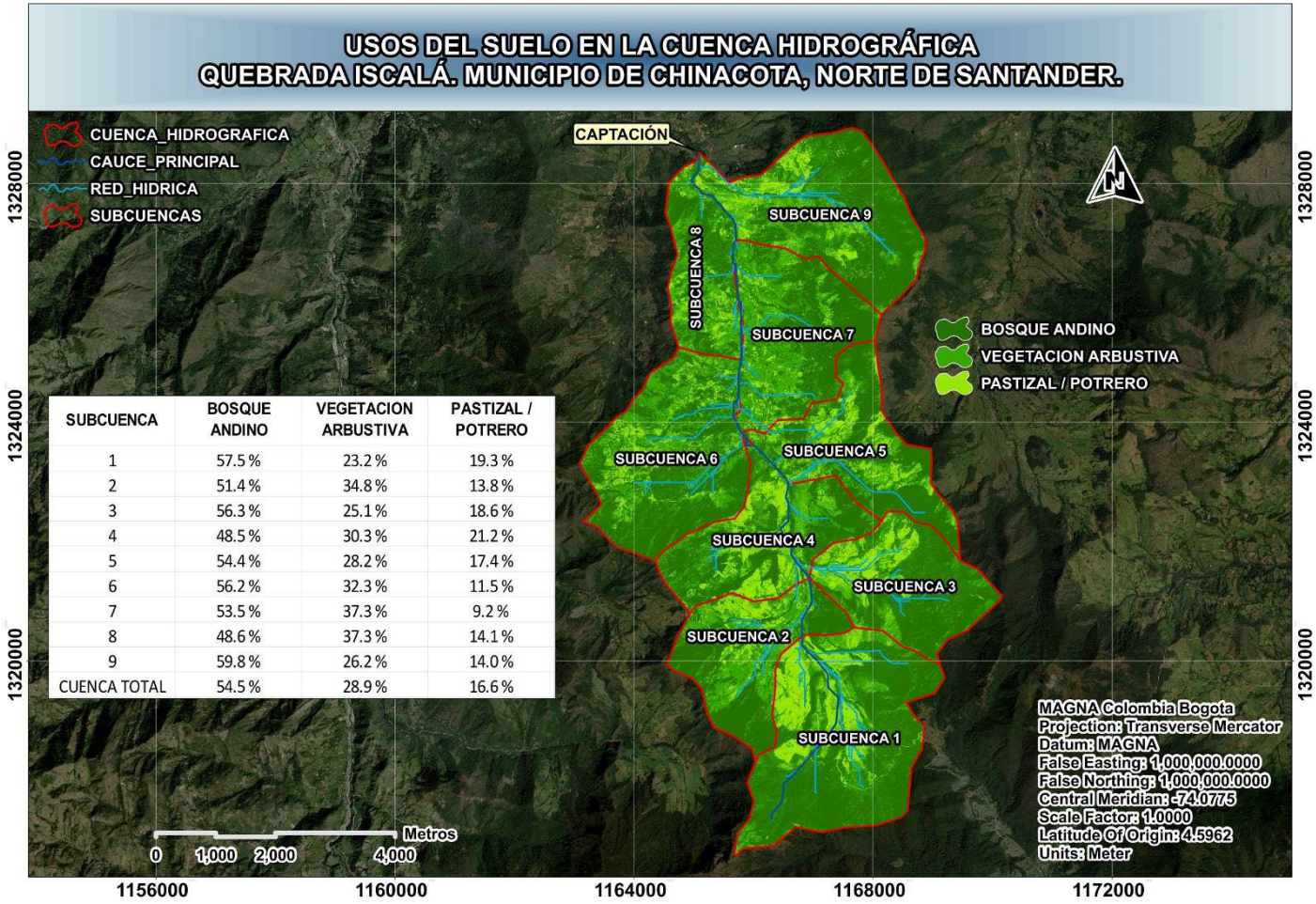

PENDIENTES DEL TERRENO Y CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA QUEBRADA ISCALÁ. MUNICIPIO DE CHINACOTA, NORTE DE SANTANDER.
CUENCA_HIDROGRAFICA
CAUCE_PRINCIPAL
RED_HIDRICA
CAPTACIÓN
RANGOS
0.00 - 10.0
10.1 - 20.0
20.1 - 30.0
30.1 - 40.0
40.1 - 43.6
MINIMA = 0.00%
MEDIA = 18.9%
MAXIMA= 43.6%
CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA HIDROGRAFICA
QUEBRADA ISCALÁ. CHINACOTA, NORTE DE SANTANDER.
CURVA TIPO B
CUENCA HIDROGRAFICA Y CAUCE PRINCIPAL
EN EQUILIBRIO - FASE DE MADUREZ
ELEVACIÓN RELATIVA
ÁREA RELATIVA
1.00
0.95
0.90
0.85
0.80
0.75
0.70
0.65
0.60
0.55
0.50
0%
10%
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
100%
Metros
0
1,000
2,000
4,000
MAGNA Colombia Bogota
Projection: Transverse Mercator
Datum: MAGNA
False Easting: 1,000,000.0000
False Northing: 1,000,000.0000
Central Meridian: -74.0775
Scale Factor: 1.0000
Latitude Of Origin: 4.5962
Units: Meter
1328000
1324000
1320000
1156000
1160000
1164000
1168000
1172000

Figura 14. Mapa de pendientes e hipsometrica. (ArcGIS 10.8)



SUBCUENCA	BOSQUE ANDINO	VEGETACION ARBUSTIVA	PASTIZAL / POTRERO
1	57.5 %	23.2 %	19.3 %
2	51.4 %	34.8 %	13.8 %
3	56.3 %	25.1 %	18.6 %
4	48.5 %	30.3 %	21.2 %
5	54.4 %	28.2 %	17.4 %
6	56.2 %	32.3 %	11.5 %
7	53.5 %	37.3 %	9.2 %
8	48.6 %	37.3 %	14.1 %
9	59.8 %	26.2 %	14.0 %
CUENCA TOTAL	54.5 %	28.9 %	16.6 %

Figura 15. Usos del suelo en la cuenca hidrográfica.

3.4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.4.1 Parámetros de diseño

Para lograr un buen diseño deben tomarse en cuenta todas las variables que puedan intervenir en la determinación de un gasto de aguas lluvias acumulándose y que pueden crear inconvenientes en la comunidad y en las infraestructuras de servicios existentes o proyectadas, sin embargo no deja de reconocerse que ello resulta difícil de evaluar y que aún con la mejor información posible, existirán criterios que primarán en el diseño de los proyectos referidos a un rango de probabilidades de ocurrencia de daños. En general se pueden considerar cinco (5) factores importantes a tenerse en cuenta.

3.4.1.1 Características de la zona

El tipo de superficie, sus pendientes, así como los porcentajes de construcción son factores que influyen sobre el grado de impermeabilidad que facilita o retarda el escurrimiento de las aguas lluvias que puedan concentrarse en un punto.

Definidas las áreas y las características de la superficie que la constituyen se procede por razones prácticas a determinar un coeficiente medio por zonas o para todo el proyecto dependiendo de su magnitud. Existen tablas que recomiendan factores de impermeabilización o escorrentía y que para nuestro proyecto indica el Coeficiente de escorrentía. Considerando que los canales drenaran el agua de escorrentía de las áreas aferentes se adopta un coeficiente de escorrentía ponderado, recomendado por el manual de drenaje para carreteras.

3.4.1.2 Intensidad - Frecuencia - Duración De Las Lluvias

Las características de las lluvias a considerar en el diseño dependen del grado de protección que se desee, lo cual, por razones económicas, se basa en la importancia del sector, en la importancia de los canales de drenaje y las vías, y los posibles daños que se puedan causar por no controlar las mismas.

Las curvas Intensidad - Frecuencia - Duración de las lluvias sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con períodos de retorno específicos.

Para el diseño hidráulico se tuvo en cuenta los datos de las estaciones meteorológicas:

Tabla 17. Estaciones meteorológicas.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS			
ESTACIÓN	**X**	**Y**	**PM**
VILLA DEL ROSARIO [16010010]	1176459.157	1356601.472	71.4
CARMEN DE TONCHALA [16025010]	1166700.865	1360007.362	80.2
LA DONJUANA 2 [16010020]	1162407.327	1342193.044	86.2
MANZANARES [16010110]	1164064.702	1333876.524	79.9
LA ESPERANZA [16015030]	1170367.318	1329135.198	64.5
RAGONVALIA [16015100]	1175884.3	1329923.411	65.5
SALAZAR [16025030]	1137553.109	1351691.754	120.8
ARBOLEDAS [16020050]	1140997.996	1337305.806	99.9
CUCUTILLA [16020080]	1144008.385	1325115.629	75.1
FCA. LA PALMITA [16015140]	1158941.5	1323483.871	91.7
ISER PAMPLONA [16015020]	1158172.269	1307342.788	46.5
TAMA PARQUE NAL [16015090]	1180559.192	1313099.137	53.2

Las curvas IDF se hallaron por el método simplificado del manual de drenaje de carreteras, el procedimiento se presenta a continuación:

Las intensidades se calculan con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

En donde:

i: es la intensidad promedio del aguacero para un periodo de retorno T específico, en mm/horas.

T: periodo de retorno en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

t: es el tiempo de duración de la lluvia, en minutos.

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados y sus valores se presentan en la Tabla 2.12 del manual de drenaje de carreteras de INVÍAS.

Tabla 2.12. - Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

3.4.1.3 Análisis de precipitaciones en la cuenca

Se empleó en el estudio la totalidad de los datos de precipitaciones máximas mensuales en 24 horas con el fin de que la muestra fuera lo más significativa posible.

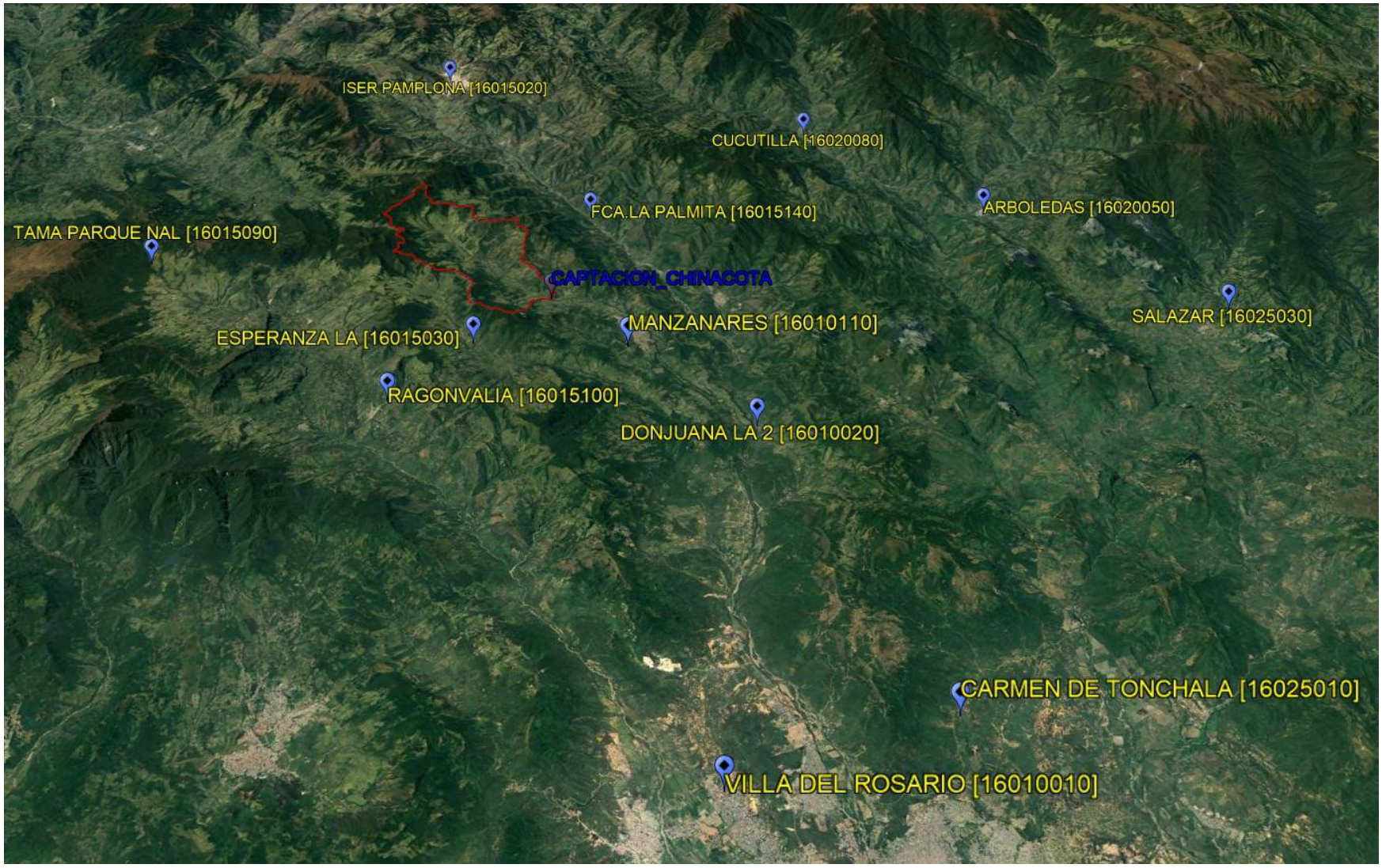


Figura 16. Localización del proyecto respecto a las estaciones meteorológicas.

Tabla 18. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación VILLA DEL ROSARIO 16010010.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2020/05/19											ESTACION : VILLA DEL ROSARIO [16010010]		
LATITUD 7.817778			TIPO EST PM				DEPTO NORTE DE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 15/01/1972		
LONGITUD -72.477778			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO VILLA DEL ROSARIO				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 522 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE VIJAGUAL						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1973	4	25		8	49	33	9	11	58	24	36	70	70
1974	32	19	7	12	26	2	4	7	39	24	33	44	44
1975	3	16	4	10	38	10	7	10	13	73	70	58	73
1976	39	20	39	59	15	7	3	13	6	74	66	21	74
1977	8	29	1	42	22	9	21	10	2	48	44	45	48
1978	2	6	24	33	14	16	4	8	9	44	13	12	44
1979	10	9	36	2	23	33	7	6	54	28	32	17	54
1980	24	33	14	15	9	5	2	10	18	28	37	12	37
1981	23	9	64	152	63	16	7	6	31	105	14	14	152
1982	22	19	42	36	32		9	21	11	37	11	20	42
1983	14	11	14	25	77	7	19	3	4	33	19	1	77
1984	56	51	10	15	29	8	8	5	23	21	57	18	57
1985	7	24	45	67	43	10	3	21	11	43	43	56	67
1986	4	15	34	31	48	34	7	17	25	24	33	29	48
1987	25	17	33	7	46	8	10	8	16	55	27	6	55
1988	2	16	6	23	12	30	7	31	57	31	67	36	67
1989	3	10	20	6	18	16	7	11	21	37	36	41	41
1990	12	43	3	66	2	6	16	16	69	84	33	36	84
1991	2	8	37	6	37	5	8	5	12	13	7	11	37
1992	1	8		122	18	9	4	12	84	12	47	24	122
1993	14	6	6	25	7	26	3	5	21	23	82	25	82
1994	13	32	21	15	4	16	2	3	30	79	29	11	79
1995	5	15	25	31	48	17	62	37	15	42	7	19	62
1996	32	19	10	16	21	7	7	18	10	56	66	7	66
1997	52	1	49	11		9	9	8	19	19	9	16	52
1998	21	44	44	43	11	2	21	12	8	14	92	92	92
1999	23	54	13	41	49	31	7	5	25	61	39	34	61
2000	56	12	12	18	13	9	9	20	29	43	37	13	56
2001		6	12	12	9	4	21	9	16	33	59	41	59
2002	42	8	37	146	109	14	7	9	12	31	16	8	146
2003	48		28	111	24	44	16	15	17	81	76	119	119
2004	11	9	8	65	32	6	20	11	50	73	45	68	73
2005	36	65	24	104	91	11	6	3	15	75	44	52	104
2006	23	6	25	25	18	9	8	4	10	48	28	3	48
2007	1	30	33	8	9	4	12	41	14	23	20	24	41
2008	15	3	24	55	30	82	33	52	16	62	38	28	82
2009	30	42	43	38	10	7	4	13	6	22	11		43
2010		57	21	10	13	74	37	14	51	36	70	134	134
2011	2	44	21	81	30	12	10	21	18	41	80	20	81
2012	30	3	27	58	49	10	6	7	48	52	7	23	58
2013	5	23	10	50	88		22		10	17	41	4	88
2014	5	12	22	5	25	1	6	3	4	89	20	26	89
2015	11	25	27	14	9	3	13	33			11	1	33
2016	4	15	42	39	17	17	10	11	12	25	40	45	45
2017	19	30	14	55	21	11	6	18	38	25	55	52	55
2018	25	34	48	26	4	21	16	6	83	51	33		83
2019	36	1	5	29	60	8	5	8	58	4	57	69	69
2020	20	14	12	5	1	14	23	41	44	40	75	1	75
2021	6	30	70	108	28	12	6	29	7	60	6	4	108
2022	36	16	51	94	65	39	9	11	51	50	38	17	94
MEDIO	14.5	16	24	30	24	10	8	11	18	40	37	23.5	67
MAXIM	56	65	70	152	109	82	62	52	84	105	92	134	152
MINIM	1	1	1	2	1	1	2	3	2	4	6	1	33

Tabla 19. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación CARMEN DE TONCHALA 16025010.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2019/01/21											ESTACION : CARMEN DE TONCHALA [16025010]		
LATITUD 750 N			TIPO EST CP				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 1968-OCT		
LONGITUD 7233 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO CUCUTA				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 285 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES				CORRIENTE QDA TONCHALA						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1969	27.2	7.1	14.2	43.2	7	16					81.8	24.5	81.8
1970	7	70.4	6	8.5	112	16.2	10.2	9.3	46.4	30.8	56.3	58.3	112
1971	55.7	40.4	20.6	13.5	53.1	4.7	13.9	55.8	26.9	24	14.6	9.2	55.8
1972	57.1	43.6	43.7	83.1	5.3	8.9	16.3	5.6	8.2	54.3	66.4	28.9	83.1
1973	1.6	26	4.7	80.8	5.9	26	8.5	22.7	84.1	49.5	34.3	49.6	84.1
1974	20	*	40.3	40	27	3	4.8	10.9	20	63	40.5	13.6	63
1975	26	11.4	8.6	44	40.1	18.3	21	20	31	60.2	40.6	73.7	73.7
1976	20.8	20	81	53.8	7	7.1	6.6	10.6	40	60	30.4	5.6	81
1977	12.8		26	25	20	8.5	64	4.4	2.3	10.5	20.6	14.1	64
1978	3	20.6	70	40.3	10	11	9.1	7.3	30	30.8	40	60	70
1979	20	18.6	15.9	19.3	70	29.3	4	44	14	66.8	45	16.7	70
1980	40	42	8	41	4	6	4.6	11	79	51	17.4	23	79
1981	5.4		35	132	70	14	3.9	4	78.4	33	40	56	132
1982	43	33	14.1	45	27	4.2	15	3	17	99	35	23	99
1983	7	38	32	85	5.2	3.4	17	6.1	3	55	28	11	85
1984	22	2.2	19.1	36	53	6	6.2	5	64	28.6	32	21.2	64
1985	3.4	23	28	47.5	13.3	8	5	36.7	13.5	63	30	32	63
1987	46	9.8	48	5	133	4.6	8	5	9	105	73	2	133
1988	26	3.9	11.1	8.5	30	36	14	55	28	78	17	28	78
1989	1.9	9.8	33	5.2	25	10.1	15	7	14	12	19	32	33
1990	7.3	40	6.1	37.8	18.6	7.1	9.5	37	26	46.6	36	20	46.6
1991	9	5.6	53	6.5	17	11.1	5.3	7	9.7	15	14	5	53
1992	14	3	2.2	130	10	7.2	9.3	13	73	20	63	56	130
1993	23	18	38	25	32	4.5	32	13	19	20	44	16	44
1994	43	9	17	88	14	6	16	3.2	28	38.4	14	4	88
1995	4.7	10	29	24	29	12	3.7	71	10	70	15	38	71
1996	19	74	15	18	36	9.2	24	10	17	52			74
1997	32	16.1	52	2.5	10	13	6	6	10	72	24	4	72
1998	38	75	6	58	51	8	17	15	6	20	54	105	105
1999	27	87	10	102	61	20	7	11	58	82	104	41	104
2000	52	30	17	11	15.4	0.6	1.1	3	8	28	35	1	52
2001	0.5	2.5	4.7	42	18.5	12.7	19	3.1	19	38	28	6.5	42
2002	39	22	52	195.4	73	7.7	6.4	20.1	36	70	11	7.4	195.4
2003	10.5	0.8	73	82	4	52.5	7.1	2	6.2	63	69	50	82
2004	5	50	35	90	75	7.4	4.1	12.9	34	42	54	20	90
2005	35.9	95	35	46	53	11.7	17	5	13	59	67.2	27.5	95
2006	57	10.5	31.4	80	11	22.1	20.8	5.3	22.7	77.2	30.5	54	80
2007	12.2	16.4	16	21.5	37	6.4	4.1	52.7	13.5	44.8	40.5	28	52.7
2008	71.5	22.2	36	29.4	68.7	5.7	15.2	63.5	17.4	79.4	57.5	35.4	79.4
2009	30	49.5	69	22.1	89.3	5.6	7.8	18.8	6.2	45.4	48.6	7.3	89.3
2010		22.2	14	44.8	31.1	14.2	70.5	29.3	41.2	46.7	91.5	83.1	91.5
2011	34	16.8	52	50.5	36.3	23	5.4	18.2	47.5	27.8	45.4	29.9	52
2012	41.5	29.8	118.4	54.3	84.7	4	9	12.8	5.3	65.2	23.5	6.5	118.4
2013	12	67.6	49.6	74.2	79.2	6.5	7.7	52.2	14.1	46.5	46.5	19.1	79.2
2014	3.7	16.2	57.2	15	23.9	4.4	6.1	5	13.1	34.3	41.1	33.4	57.2
2015	2.3	39.3	32.5	5.7	7.5	9.9	20	3	2.3	18	24.6	9.7	39.3
2016	5.3	8.2	1.6	32.5	28.7	17.6	4.3	5.2	38.5	30.1	58.3	56.7	58.3
2017	20.2	24	33.8	51.7	34.8	6	5	9.3	12.2	27.7	42.8	59.5	59.5
2018	8.5	25.4	54.4	33	9.9	13.5	12.2	3.6	9.5	66.6	68.5	35.8	68.5
2019	61.3	0.5	10.3	21.2	85.2	7.2	7.4	10.1	72.7	43.8	56.6	38.5	85.2
2020	21.3	9.6	65.5	19.6	14.8	14.8	20.6	42.2	12	63.8	126.4	3.3	126.4
2021	19.2	45	14.7	68.4	34.2	75	6.1	39	26.5	72.8	49.5	17.5	75
2022	14.2	42.3	43.7	42.8	32.8	80	32.6	9.7	91.5	51	54.7	19	91.5
MEDIO	20.1	22.1	31.4	41	29	8.9	8.75	10.35	18.2	48.1	40.55	23.75	79
MAXIM	71.5	95	118.4	195.4	133	80	70.5	71	91.5	105	126.4	105	195.4
MINIM	0.5	0.5	1.6	2.5	4	0.6	1.1	2	2.3	10.5	11	1	33

Tabla 20. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación LA DONJUANA 2 16010020.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2020/11/19										ESTACION : DONJUANA LA 2 [16010020]			
LATITUD 7.697222			TIPO EST PM				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 15/04/1973		
LONGITUD -72.601389			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO BOCHALEMA				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 770 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES Y ARAUCA				CORRIENTE PAMPLONITA						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1973	*	*	*	32	12	25	9	15	80	65	140	25	140
1974	30	10	*	*	40	10	9	4	25	62	60	10	62
1975	13	5	9	50	60	10	17	10	85	135	120	125	135
1976	25	53	17	49	8	8	7	10	23	105	90	9	105
1977	15	29	22	47	50	17	10	5	13	68	40	16	68
1978	9	42	70	60	26	11	12	13	20	43	17	10	70
1979	8	14	30	*	*	*	*	33	*	*	*	*	33
1980	32	26	10	82	15	20	10	11	30	17	14	120	120
1981	7	45	*	82	92	40	10	15	23	40	100	35	100
1982	10	20	50	73	40	7	10	2	25	70	20	22	73
1983	20	4	30	60	20	22	18	10	5	55	6	7	60
1984	15	7	5	31	38	13	14	22	60	50	150	50	150
1985	10	*	25	30	23	13	*	15	42	60	50	50	60
1986	35	70	20	80	90	20	15	8	80	27	60	30	90
1987	40	*	40	10	10	*	15	48	40	30	20	80	80
1988	*	*	*	30	40	47	70	40	80	70	132	30	132
1989	10	20	90	70	23	*	24	15	30	37	80	34	90
1990	*	60	80	50	90	15	20	90	40	60	50	50	90
1991	*	4	5	4	5	1	20	10	20	50	30	50	50
1992	*	30	*	40	10	10	20	20	50	20	40	10	50
1993	40	50	10	120	70	10	20	20	30	20	70	5	120
1994	100	10	30	20	10	30	10	30	20	70	50	10	100
1995	*	10	80	120	30	10	10	80	30	30	70	40	120
1996	20	20	20	10	40	30	60	10	30	70	60	50	70
1997	20	30	20	10	20	17	*	15	20	20	50	*	50
1998	*	55	30	50	20	15	15	*	40	50	85	55	85
1999	40	40	30	60	10	10	20	50	50	40	60	120	120
2000	50	30	50	15	30	30	70	15	80	35	70	8	80
2001	*	5	50	15	15	10	21	7	5	120	50	40	120
2002	5	25	50	130	110	15	*	10	20	30	25	20	130
2003	10	4	22	90	*	24	10	10	20	40	20	60	90
2004	20	5	10	60	30	*	*	*	*	42	60	56	60
2005	20	80	5	5	80	20	30	10	20	35	55	19	80
2006	30	35	35	52	5	13	8	20	10	*	*	*	52
2007	*	*	*	1	6.1	8	8.7	26.4	32.5	76.6	27.5	34	76.6
2008	45.7	11.6	23	19.8	25.8	15	18.9	87.8	52.3	69	32.7	13.4	87.8
2009	8.3	47.5	30	12.5	66.7	10.1	7.4	23.2	11.8	27.3	41.2	12.9	66.7
2010	*	14.7	32	75	77.5	15.4	78.5	15	74.9	64.9	74.5	43.6	78.5
2011	26.1	25.6	32	77.4	27	17.4	10.2	36.5	35.9	44.1	66.5	33.8	77.4
2012	19.1	3.9	33.4	71.2	17.9	10	6.8	7.5	67.7	58	11.9	54.3	71.2
2013	83.4	65.3	10.2	53.6	63.9	5.5	7	48.3	19.9	11.1	40.1	29.2	83.4
2014	5.3	41.7	47.8	30.1	22.3	3.1	8.3	11.1	9.5	79.4	53.1	6.9	79.4
2015	*	54.9	8.6	13.9	7.3	20.9	33.2	6.1	6.2	8.9	80.3	7.3	80.3
2016	21.7	13.5	46.9	26.8	24.6	29.9	5.8	12.4	12.5	52.9	63.2	38.4	63.2
2017	8.8	8.5	67.6	72.6	56.9	12.3	5.1	33.6	3.9	29.7	63.2	17.4	72.6
2018	19.9	19.4	46.1	58.2	14.2	9.8	15.4	21.2	25.6	52	40.5	10	58.2
2019	19.3	1.4	9.3	75.6	9.8	36.3	13.5	13.8	46.7	51.1	36.4	11.9	75.6
2020	24.8	24.6	51.8	33.6	22.3	22.3	45.3	63.6	97.5	50	33.3	7.9	97.5
2021	5.5	38.3	124.7	53.2	53.5	42	6	54.1	25.3	68.8	85.2	43.3	124.7
2022	5	64.5	38.5	50.9	37.4	34.8	8.9	21.6	82.7	76.9	42.9	3.5	82.7
MEDIO	20	25	30	50	25.9	15	13.5	15	30	50	51.55	30	80
MAXIM	100	80	124.7	130	110	47	78.5	90	97.5	135	150	125	150
MINIM	5	1.4	5	1	5	1	5.1	2	3.9	8.9	6	3.5	33

Tabla 21. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación MANZANARES 16010110.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2020/12/12										ESTACION : MANZANARES [16010110]			
LATITUD 7.612778			TIPO EST PM				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 15/09/1990		
LONGITUD -72.590833			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO CHINACOTA				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 1350 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE LEBRIJA						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1990	*	*	*	*	*	*	*	*	13.5	47.5	40.5	56.7	56.7
1991	13.5	4.5	34.7	34.7	22.5	16	12	11.6	29.3	18.8	35	66.9	66.9
1992	*	15.4	18	20	20	17.5	12.5	39.4	76	49.3	40	32.6	76
1993	12.7	8.8	9.7	37.5	62	*	19.2	9.4	30.9	9	10	9.5	62
1994	54.2	30.5	35.6	39.4	15.8	14.2	19	17.6	70.6	64.5	53.2	31.1	70.6
1995	3.8	7.4	46.8	43.3	25.4	15.6	23.4	38.9	13.5	42.4	31.6	53.2	53.2
1996	24.7	13.3	10.8	11.1	49.2	42.3	14.7	43.4	26.9	50.5	40.2	50.5	50.5
1997	20.5	20.2	40.8	20.3	43	20	18	8	34	16	19	10.2	43
1998	*	69.8	9.8	90.8	21.4	26.5	44.7	18	59.5	69.5	49.2	60.8	90.8
1999	79	30.5	59.2	80.4	31.3	21.4	38.3	32.4	56.4	48.4	19.2	69.2	80.4
2000	60.1	37.8	86.2	11.3	15.2	23.5	13.5	10	56.4	78.4	26.2	20.5	86.2
2001	6	12.7	86.2	10.5	17.6	11.7	16.7	30.5	27.2	47.3	35.8	26.8	86.2
2002	22.7	13.3	56.4	47.2	36.8	13.4	14.7	14.2	29.8	23.2	5.2	8.4	56.4
2003	2.5	40	27.3	85.8	18.2	55.8	20.3	24.2	12.4	42.6	58.7	29.5	85.8
2004	14.3	6.5	70.8	76.2	55.4	10.7	8.4	17.7	67.7	65	82.5	85.2	85.2
2005	43	84	1.5	67.5	44	27	21	12.3	30	49.5	63.5	11	84
2006	14	23.2	35.8	62.5	42.2	11.2	13.5	14.5	12.3	97.3	25	38.9	97.3
2007	6	7.3	22.3	43.9	22	*	*	*	*	*	*	*	43.9
2008	54.4	11	11.5	21.5	89.8	12.2	*	*	*	54	75.4	10.4	89.8
2009	53.3	72.7	65.7	11.5	69.8	15.4	15.1	38.3	21.9	26.2	30.5	3.9	72.7
2010	*	3.5	52.1	51.9	31.2	23.4	57.9	26.4	38.5	60.5	50.8	85.4	85.4
2011	26.6	42.2	52.1	131.6	41.1	74.1	33.4	52.5	127.2	35.5	58.5	20.9	131.6
2012	10.1	6.5	28.1	100.8	45.5	34.3	14.6	14.3	21.4	58.9	55.9	15.8	100.8
2013	3.5	49.7	12.8	35.5	97.6	26.6	11.7	41.1	56.7	18.5	80.9	29.7	97.6
2014	5.6	30.6	49.9	39.7	26.7	20.2	7.5	17.7	10.5	58.2	34.2	9.4	58.2
2015	2.5	57.8	30.5	30.4	19.6	16.1	32.9	4.5	23.1	50.4	64.3	3.4	64.3
2016	5.2	7.7	19.7	40.6	31.5	25	17.4	29.8	21.6	35.6	60.8	32.5	60.8
2017	22.1	35.4	54.5	54.5	38.1	34.1	28.4	50.5	32.9	40.1	48.7	15.6	54.5
2018	4.3	41.9	25.1	80.1	30.4	35.5	31.1	20.9	39.4	76.6	60.7	*	80.1
2019	9.1		23.4	169.1	18.5	10.2	25.3	26.6	34.5	74.1	59.2	26.7	169.1
2020	0.7	8.4	33.5	6.8	17.2	24.9	22.9	17.8	40.1	88.1	44.5	59.5	88.1
2021	11.5	16.1	44.1	28.6	58.2	36.1	22.9	56.2	19.7	70.9	77.8	23.2	77.8
2022	9	26.8	12.1	131.2	69.7	90.3	45.6	40.6	40.8	55.1	73.1	5.9	131.2
MEDIO	12.7	20.2	34.1	41.95	31.4	22.4	19.1	22.55	30.9	49.95	48.95	26.8	80.1
MAXIM	79	84	86.2	169.1	97.6	90.3	57.9	56.2	127.2	97.3	82.5	85.4	169.1
MINIM	0.7	3.5	1.5	6.8	15.2	10.2	7.5	4.5	10.5	9	5.2	3.4	43

Tabla 22. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación LA ESPERANZA 16015030.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2021/03/25										ESTACION : LA ESPERANZA [16015030]			
LATITUD 7.569722			TIPO EST CO				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 15/11/1972		
LONGITUD -72.533889			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO RAGONVALIA				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 1760 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES Y ARAUCA				CORRIENTE HONDA						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1973	1.7	0.5	8.2	23.3	13.3	32.9	16.7	40.5	25	14	61.6	12.7	61.6
1974	9.3	55	15.5	23	34.3	17.1	20.5	20.4	45.7	32	45	8	55
1975	*	6	10	50	62	36	19.9	27.3	38.8	42	41.8	11	62
1976	13.1	33.1	22.8	30.9	11	16.9	10	18.2	34.8	28.8	23	11	34.8
1977	3	0.1	9.7	14.3	31.1	0.1	15.8	13.7	14.7	28.5	12.5	2.2	31.1
1978	2	12	32	63.2	47	13.4	18.5	27	24	56.2	12	*	63.2
1980	50	18.8	5.7	44	71.5	33.3	15	25	21	37.3	19.7	35.2	71.5
1982	31.2	24.8	33.3	96	25	19.8	11.1	13.3	51	39.5	54	10	96
1983	13.5	11.4	14.8	104.1	21.9	32.8	36.7	16.6	9.4	30.8	8.9	12	104.1
1984	9.3	12	4.8	29.9	28.9	26.8	17	40	1	26.1	134.4	30.7	134.4
1985	21	4.8	50	40.8	39.2	21.3	20.2	0.6	*	47	30	51	51
1987	21.3	1.2	26.2	22	58	15	27	22	44	75	30	35	75
1988	1	7	27.5	27	19	39	15.6	49.3	44	29	80	16	80
1989	11	5	33	8.5	46.5	22	16.6	25.1	42.2	14	31	72	72
1990	9	35	27.4	57	38	22	22	21	35	70	46	40	70
1991	5	7	39	36	33	17	14	13.3	29	23.8	53	33	53
1992	6	4	2.2	20	63	27	27	30	46	30	37	29	63
1993	26	17	6	17	31	30	30	24	70.2	23	41	5	70.2
1994	24	11	18.7	23	26	11	31	37	28	40	30.1	16	40
1995	5	5	25	39	18	48	36	34	20	52	28	43	52
1996	12.2	23	23	24	29	33	30	40	28	55	73	41	73
1997	29	8	21	20	39	26	18	9	41	36	28	3	41
1998	*	56	27	27	50	33	18	23	28	40	75	34	75
1999	57	15	5	58	32	30	38	33	44	53	30	33	58
2000	28	27	33	19	13	27	16	11.7	39	48	26	20	48
2001	*	4.8	33	14	24	20	25	17.8	36	43	29	13.4	43
2002	36	14.5	23	29	52	30	17	12	29	34	5	12	52
2003	1	3	15	38.2	26.3	43.4	17.5	34.1	18	37.7	65	56.3	65
2004	75	11	11.2	66	60.5	18.2	10.3	16.5	43.2	30.4	60.6	23.3	75
2005	27	72	3	32	74.6	20.5	18.6	16.6	40	67.3	38	35	74.6
2006	21.3	25.6	35.6	35.1	57	29.5	38	21.6	20.5	42.6	18.6	42.5	57
2007	3	18	29.3	38.5	47.4	13.7	24	41.2	27.7	62.9	22	11	62.9
2008	39.3	10.5	2.6	25.2	44	19	56.7	40.4	87.5	48	26.6	14	87.5
2009	13.5	12.3	49.4	13.8	57.5	16.8	22.3	27.5	20.3	43.3	82.4	9	82.4
2010	*	10.2	41.3	64.6	32	33	65.2	30.1	33.4	48	74.3	58.9	74.3
2011	27.7	15.7	41.3	81.4	72.3	61.7	21	30.9	30.5	29	87.5	33.3	87.5
2012	13.8	9.5	37.7	81	42.9	39.3	13.1	60.4	22.4	58.4	26	7.6	81
2013	1.2	12	10.6	33.6	42	20	19	44.7	32.5	18	37.8	2.6	44.7
2014	8	9.6	27.8	46	27.5	12.8	5.6	17.3	20.6	32.5	18.1	8.5	46
2015	7	18.9	12.1	18.4	13.8	19.7	22.5	27.6	16	18	32	8.1	32
2016	5.7	11.5	20.5	34.1	31.5	26.6	17	14.8	17.7	47.1	41.9	27.1	47.1
2017	14.6	14.8	43.9	30.4	38.5	37.7	30	32	23.4	30	48	21	48
2018	25.9	11.6	65	29.2	25.4	26.6	35	23.7	40.6	62.4	34	1	65
2019	27	4.1	18.9	72.8	47	14.1	45	14.2	21.2	42	28	54	72.8
2020	7	5.2	19	4.5	20.4	39	21.4	45.9	46.9	50.5	*	13.3	50.5
2021	13.6	18.4	18.4	22.9	42.4	48.5	31.6	37.5	14.6	76.4	29.7	17.8	76.4
2022	2.8	18.3	12.3	73.2	73.7	31.4	36.2	34.8	29	32	47.6	21.5	73.7
MEDIO	13.5	11.6	22.8	30.9	38	26.6	20.5	25.1	29	40	33	18.9	63.2
MAXIM	75	72	65	104.1	74.6	61.7	65.2	60.4	87.5	76.4	134.4	72	134.4
MINIM	1	0.1	2.2	4.5	11	0.1	5.6	0.6	1	14	5	1	31.1

Tabla 23. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación RAGONVALIA 16015100.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2021/03/25										ESTACION : RAGONVALIA [16015100]			
LATITUD 7.576667			TIPO EST CP				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 15/07/2000		
LONGITUD -72.483889			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO RAGONVALIA				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 1550 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES Y ARAUCA				CORRIENTE LEON						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
2000								7.3	27	50.9	29.3	19.5	50.9
2001	0.2	12.5		10.5	29.9	27	17.3	4.6	30.8	80.6	80.2	48	80.6
2002	39.2	8.4	42.2	44.4	38	7.8	10.6	12.4	46.5	28.5	6	5.2	46.5
2003	1.3	4.6	7.8	38.8	45	27	15	12.9	13.6	27	18.5	35.5	45
2004	8	8.6	17	99.6	45	18	9.5	18	37.1	31.8	84	16.5	99.6
2005	42.6	95	14	25	57	12.2	16.8	18.2	18	26.6	35	12.5	95
2006	12.5	21.2	42	28	88.8	14	20.2	15	22	85	16	55	88.8
2007	3.3	36	39.7	37.5	28	16	17.7	26	20.5	55.5	48	6.6	55.5
2008	43	31.8	19	37.5	34.5	22.5	45.4	81	140	48	42.4	13	140
2009	9.8	24.2	22.1	11.2	94.5	21.4	23.8	13.5	23.5	17.8	45.8	2.2	94.5
2010		7.5	44.4	44.8	27.4	35.8	39.4	18.5	31.5	34.6	47	53.8	53.8
2011	32.8	16.8	44.4	87.2	44	48.4	13.5	35.4	33.1	27	88.2	27.6	88.2
2012	8.2		16.3	70.2	32	11.5	14.5	14.4	16	51	15.8	8.8	70.2
2013	3.4	14.6	6.2	23.6	45.2	14.8	14.6	34.2	47.5	9.8	47.8	4.6	47.8
2014	17.2	5.2	20	54.7	23.8	14.5	12.2	15.8	40.2	45.6	17.8	12.8	54.7
2015	16.2	13.6	39	15.6	18.2	25.6	33.7	6.8	20.7	8.8	28	14.6	39
2016	4.8	7.8	43	26.4	18.9	26.7	10.8	34.2	19.7	38	24	18	43
2017	21	20	22	15	27	18	13	21	11	36	28	23	36
2018	29	12	22	39	15	56	19	21	32	64	27	1	64
2019	15	2	24	30	26	29	10	21	33	35	22	53	53
2020	6	15	19	13	12	34	25	19	36	62	40	6	62
2021	9	11	23	20	35	25	30	39	16.8	36.9	37	10	39
2022	13	25	35	58	37	39	13	15	60	37	42	7	60
MEDIO	12.5	13.6	22.1	33.75	33.25	23.75	15.9	18.2	30.8	36.9	35	13	55.5
MAXIM	43	95	44.4	99.6	94.5	56	45.4	81	140	85	88.2	55	140
MINIM	0.2	2	6.2	10.5	12	7.8	9.5	4.6	11	8.8	6	1	36

Tabla 24. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación SALAZAR 16025030

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2019/07/19										ESTACION : SALAZAR [16025030]			
LATITUD 746 N			TIPO EST Co				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 1973-MAR		
LONGITUD 7249 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO SALAZAR				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 860 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES				CORRIENTE SALAZAR						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1952	13	10	40	10	*	*	66	25	40	10	18	50	66
1955	16.8	52.2	31	41.8	55	102.3	135.2	47.7	93.4	90.8	69.4	86	135.2
1956	62	62.9	28.4	77	64.4	74.5	24.5	25.2	72.7	83.6	93	90	93
1957	8.4	35.6	53.6	93.3	194.3	35.9	14.7	4.9	58.1	56.8	76	89.1	194.3
1958	29.9	52.8	84.5	40.6	53.1	49.9	40.5	39.8	40	109.2	101.2	54.5	109.2
1959	62.9	25.6	18.1	33.9	104	59.1	16.6	173.1	52.7	73.5	98.8	20.7	173.1
1960	21.7	55.6	112.6	41.7	124.7	99.3	39	58.3	23.3	*	61.9	129.2	129.2
1961	28.4	14.7	48.4	50.1	40.6	34.1	106.3	11.4	43.3	83.9	91.3	40	106.3
1962	73.3	55.9	124	61.9	77.4	75.1	4.6	129.7	67.6	138	98.5	95	138
1963	*	115.8	152.4	109.8	73.3	11.9	64.8	81.9	165.7	28.4	95.5	46	165.7
1964	7.2	30.8	8.5	87.9	60	53.7	43	27.5	10.8	108.2	87.4	59.4	108.2
1965	72.4	109.4	7.4	106	126.8	10.8	8.7	75.1	57.3	86.3	96	67.2	126.8
1966	1.3	17.3	44.5	15.3	43.9	62.7	92.2	55.2	92.5	122	107.8	88.8	122
1967	35	68.2	79.2	59.3	48.8	21.6	27.8	8.1	115.3	112.3	82.6	73	115.3
1968	14.8	97.6	26.5	103.6	135.5	103.5	11	36.7	80.1	145.6	122.5	59.9	145.6
1973	*	*	38.2	25	21.9	62.8	80.3	51	60	74.5	110.1	68.5	110.1
1974	27.1	30.8	43	78.6	78.3	6	22.3	47	93.5	126	112.4	35	126
1975	41	18.2	44.4	120.8	57.3	35.2	55.7	50.3	89.8	97.8	100.7	94.7	120.8
1976	51.6	50.9	23.4	112.5	90.3	4.3	8	16.3	88	146.5	42.8	42.2	146.5
1977	47.5	14.4	59	57.3	82.4	10.6	7.2	37	69.4	41.6	42.5	11.7	82.4
1978	46	79.7	65	135	80.6	154.7	57.3	50	63	81.6	39.6	99.8	154.7
1979	41.9	24.3	99.2	97.5	107.8	40.5	65.6	59.2	74.1	118.4	82	86.6	118.4
1981	23	55.7	37	61.2	88.5	29.7	23.6	90.4	63.4	45.5	100.4	112	112
1982	96.3	38.4	54	63.9	87.9	2.3	9.2	15.4	93.8	52.2	46.3	73.3	96.3
1983	88.7	20.4	45.2	69.7	23.2	24	18.5	7.5	55.5	48.8	34.4	52.1	88.7
1984	125.5	48.1	21.1	42	63.6	6.5	63	59.8	113.6	68.2	93.7	16.2	125.5
1985	64.6	6.2	28.4	66.2	44.4	18.4	148	42.2	103.8	78	94.5	73.5	148
1987	72	2.8	66.5	99.5	69.7	34.7	10.2	61	60.7	130	105	54	130
1988	42.7	24.5	23.6	78.3	40	24.5	93	105	94	74.6	68.6	47.2	105
1989	31	38.4	47.2	21	78.3	38	13.8	70	66.3	43.5	109	77	109
1990	18	70.7	9	84	77	5.4	32	66.5	70	92.5	76	76	92.5
1991	14.9	59.6	60	*	64.5	32.1	9.7	3.5	103.8	52.7	86.4	37.5	103.8
1992	7	10.7	2.5	44	80.5	11.4	41	20.5	67.2	33.5	116	66.4	116
1993	27.5	74.2	34	95	71.6	33	11.5	12.2	72	73.2	79.5	52	95
1994	28	48	32.7	51.2	83.7	4.8	42.5	45	53	47.8	109.7	102	109.7
1995	12.2	9.8	142.6	43.2	135	36.2	87.3	101	43	63.7	20.5	77.8	142.6
1996	53.2	32.5	18.5	56	39	124.5	101.5	55	70	91.6	52.2	79	124.5
1997	68.5	59	14	57	40	18	5	2.6	101.5	62.5	46.8	3.6	101.5
1998	10	138.5	35	107	104	10	30.7	46	75.7	117	59.7	71	138.5
1999	48	124	32	105	21.5	62.7	6.6	12	68.8	71	76	71.2	124
2000	37	58	75.4	21	44.3	8.8	26	42	110	80	98	23	110
2001	28	22.8	82	50	21.4	41	71.5	15	87.4	105	73.5	52.5	105
2002	21.5	72	45.2	65.2	131.5	110.5	5.7	21.5	23.5	54.5	52.5	141	141
2003	12.8	15.8	47.7	95.2	41.5	40.5	54.5	88.5	55.5	94	105.2	66.7	105.2
2004	50.3	15.7	39.5	113	66.2	3	40.4	18.2	78.7	116.6	79.3	80.3	116.6
2005	43	51.8	30.7	43.2	66	19.2	45	15.6	40	134	122.5	78.2	134
2006	54.6	32.8	100	126.5	48.2	4.4	11.9	5.8	48.5	72	58.6	39	126.5
2007	32.1	33.1	66.2	121.5	39.2	3.7	22.6	43.2	29	56	105.4	15.1	121.5
2008	72.8	71.2	54	61.3	89.2	64.3	19.4	79.2	62.4	98	101	79.7	101
2009	83.4	37.7	112	23.3	100.5	18.8	6.3	111.8	24.5	96.7	93.3	17.6	112
2010	7.5	61.5	38.5	92.6	37.3	54.2	43.6	43.5	115.7	108.1	107.7	87.1	115.7
2011	100.9	87	45.3	147.5	114.3	111.6	13.6	56	72	76	58.1	164.7	164.7
2012	33.4	11.8	87.7	*	*	*	*	*	*	104.1	130.7	66.5	130.7
2013	19.7	80.8	56.5	58.5	106.5	9.2	7.3	71.2	76	81.2	94	51.2	106.5
2014	17	71.8	57.1	85.6	59.2	5.2	4.5	20.5	45.3	65.8	107.3	84.5	107.3
2015	30.7	68.2	26.2	47.2	12	6	18.5	65	4.5	79	62.7	11.5	79
2016	24.2	24.4	61.7	46.2	22.3	28.6	26.7	19.7	26.4	113	88	49.5	113
2017	126.7	42.3	93.5	72.4	45.8	20	40.2	61.2	50	80.8	79.2	78.4	126.7
2018	20.5	46	50.8	120.5	53.9	10.7	33	8.2	93.3	112.8	80	41.8	120.5
2019	22.4	8.2	62	87.9	95.6	14.4	6	2.9	47	115.2	120	37.4	120
2020	30.5	11.7	15.1	41.3	63.4	80	104.2	45.2	130	65.8	92.2	84	130
2021	40	26.5	68	110.8	58.7	138	13	76.3	120.5	63	66.4	79.5	138
2022	8.6	6.7	63	119.1	76.4	55.1	66.3	31.1	56	139.2	86.1	47	139.2
MEDIOS	31	40.35	45.3	66.2	66	32.1	27.25	44.25	68.2	81.4	88	67.2	120
MAXIMO	126.7	138.5	152.4	147.5	194.3	154.7	148	173.1	165.7	146.5	130.7	164.7	194.3
MINIMO	1.3	2.8	2.5	10	12	2.3	4.5	2.6	4.5	10	18	3.6	66

Tabla 25. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación ARBOLEDAS 16020050

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2020/05/19											ESTACION : 16020050 ARBOLEDAS		
LATITUD 7.644 N			TIPO EST PM				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 1958-MAY		
LONGITUD -72.769 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO ARBOLEDAS				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 925 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES				CORRIENTE LEBRIJA						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1958	*	*	*	*	4	48	30	89.5	42	49	40.5	15	89.5
1959	33	13	2	37	58.5	25.5	30	20.5	35.5	29	40	5	58.5
1960	5	89	42.5	47	43	50	9	90	58	40	73	60	90
1961	6	5	21.5	80	7	10	36.5	33	38	44.5	62	25	80
1962	35	18	41	50	69	37	70	74	20	36	60	20	74
1963	11	*	*	*	80	28	45	16	35	50	30	15	80
1964	5	10	12	39	29	45	13	24	42	19	74	14	74
1965	8	80	15	53	87	40	20	*	15	60	40	70	87
1966	*	10	20	12	58	15	36	26	45	75	60	42	75
1967	19	28	20	*	60	10	36	14	75	60	41	15	75
1968	20	19	12	80	30	48	17	24	20	22	16	8	80
1969	35	28	12	80	15	14	22	30	65	49	*	*	80
1970	21	*	*	*	67	15.5	55	15	40	40	54	70	70
1971	45	35	72	56	41	14	17	*	45	38	28	20	72
1972	86	40	87	45	15	36	8	21	14	15	33	54	87
1973	2	3	*	*	*	96	85	*	*	10	100	60	100
1974	91	*	41	72	76	20	33	23	40	56	50	5	91
1975	22	20	32	65	53	25	67	36	84	68	89	110	110
1976	42	54	40	45	30	19	5	12	25	65	31	30	65
1977	*	33	33	35	67	23	20	51	35	35	40	10	67
1978	9	26	83	107	95	20	21	15	80	60	20	25	107
1979	15	17	40	54	31	43	75	53	40	55	55	30	75
1980	40	45	20	65	23	22	50	35	55	43	40	120	120
1981	45	38	28	63	55	31	30	46	45	132	35	60	132
1982	70	40	49	90	135	9	32	15	80	104	80	55	135
1983	30	14	30	50	40	49	54	*	50	40	10	95	95
1984	60	25	55	115	35	10	27	56	70	31	47	*	115
1985	30	10	40	56	50	30	19	18	50	150	50	100	150
1986	60	100	48	110	105	37	*	50	61	70	60	10	110
1987	30	*	25	33	63	5	44	85	50	140	87	40	140
1988	95	76	50	70	100	92	45	45	100	75	70	50	100
1989	50	46	40	50	50	20	60	50	130	85	69	90	130
1990	50	50	14	97	54	15	13	55	61	67	41	50	97
1991	23	90	42	42	35	38	25	27	48	34	26	17	90
1992	6	25	16	44	78	26	38	25	26	26	63	40	78
1993	55	40	10	26	45	64	15	20	68	16	50	20	68
1994	18	15	88	80	19	17	16	32	28	32	28	15	88
1995	10	15	12	23	14	130	15	28	22	68	75	53	130
1996	15	100	61	60	40	44	78	42	25	56	40	70	100
1997	30	43	43	20	40	35	15	9	55	36	21	6	55
1998	10	72	23	43	55	24	17	78	40	*	80	60	80
1999	70	24	30	95	24	50	17	49	70	80	30	85	95
2000	14	37	50	36	50	20	13	28	85	65	25	10	85
2001	15	13	50	20	40	32	24	15	45	111	57	30	111
2002	25	20	45	76	55	36	5	25	84	130	20	30	130
2003	5	20	51	82	15	50	30	25	73	50	73	30	82
2004	40	22	42	64	79	49	19	25	80	35	135	46	135
2005	40	40	10	60	95	35	31	28	53	138	64	40	138
2006	13	35	59	40	50	12	25	11	92	40	41	60	92
2007	5	13	61	40	30	10	15	103	23	112	98	16	112
2008	30	14	17	30	88	49	38	63	39	47	43	26	88
2009	32	18	89	32	45	25	15	40	25	32	85	6	89
2010	2	21	41	50	55	65	50	150	71	27	66	63	150
2011	28	18	41	76	88	29	18	58	60	27	115	95	115
2012	19	24	35	80	14	13	6	35	43	60	31	15	80
2013	7	60	14	41	40	32	16	50	58	63	400	58	400
2014	*	20	40	75	50	14	9	5	28	35	38	13	75
2015	15	30	13	15	14	15	70	*	18	30	39	20	70
2016	*	*	7	*	45	3	*	*	*	*	*	*	45
2017	*	20	72	107	82	35	30	57	25	92	51	35	107
2018	14	15	65	21	28	30	15	14	36	60	36	*	65
2019	18	41	36	45	19	14	25	19	103	15	15	21	103
2020	4	8	129	13	5	23	10	13	14	9	120	80	129
2021	15	23	35	19	14	13	14	56	65	69	68	13	69
2022	12	17	15	85	130	34	29	49	61	95	45	13	130
MEDIO	21	24	40	50	47.5	28	25	30	45	50	50	30	90
MAXIM	95	100	129	115	135	130	85	150	130	150	400	120	400
MINIM	2	3	2	12	4	3	5	5	14	9	10	5	45

Tabla 26. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación CUCUTILLA 16020080

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2020/05/19										ESTACION : 16020080 CUCUTILLA			
LATITUD 7.5341 N			TIPO EST PM				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 1955-SEP		
LONGITUD -72.7727 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO CUCUTILLA				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 1280 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES				CORRIENTE CANAL D1						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1961	4	*	20	55	10	17	30	10	35	66	46	19	66
1969	25	27	4	35	16	9	28	28	34	50	36	25	50
1970	47	17	16	18	28	30	27	20	34	40	30	23	47
1971	25	34	44	50	68	20	11	30	14	32	35	30	68
1972	34	25	33	38	23	16	5	18	38	30	30	45	45
1973	8	11	17	55	20	24	10	32	28	30	80	83	83
1974	23	35	35	40	37	19	17	17	25	33	45	*	45
1975	15	30	20	92	40	22	40	25	36	40	73	46	92
1976	23	50	25	30	106	25	10	25	28	96	54	46	106
1977	3	3	22	45	60	25	13	20	35	72	45	*	72
1978	5	30	95	54	30	22	23	33	*	40	28	30	95
1979	20	30	65	55	50	30	15	22	42	55	92	25	92
1980	20	30	15	20	20	40	15	30	33	65	30	45	65
1981	15	24	32	70	45	30	19	50	31	40	25	60	70
1982	30	20	30	60	60	10	10	10	47	55	18	20	60
1983	40	10	40	30	50	30	24	20	15	40	35	32	50
1984	27	25	8	40	20	20	20	30	40	95	30	20	95
1985	11	5	90	45	20	40	20	30	45	65	20	20	90
1986	20	50	10	50	55	40	17	40	45	50	90	16	90
1987	25	*	90	30	30	10	15	17	40	60	40	15	90
1988	*	20	20	70	20	32	20	60	75	74	47	20	75
1989	12	30	30	12	30	15	15	35	30	90	40	80	90
1990	70	50	40	42	45	15	20	90	30	40	50	60	90
1991	25	50	40	25	40	20	5	20	35	20	50	20	50
1992	20	80	10	45	30	15	15	50	10	70	120	50	120
1993	30	20	10	20	45	10	22	10	45	100	100	35	100
1994	25	56	35	35	32	30	35	36	45	25	70	20	70
1995	10	20	30	50	60	25	12	50	25	40	35	77	77
1996	33	30	40	42	30	35	30	27	35	42	75	60	75
1997	40	10	40	40	30	20	12	10	40	30	10	*	40
1998	10	60	50	45	40	30	20	35	45	70	63	43	70
1999	30	50	45	78	12	30	25	20	55	25	90	35	90
2000	20	55	60	15	30	20	13	10	60	60	35	6	60
2001	*	20	60	25	20	22	15	20	30	*	*	35	60
2002	18	20	30	35	50	40	5	*	32	60	25	20	60
2003	*	7	30	40	20	30	15	20	26	65	66	55	66
2004	43	15	20	57	65	15	20	20	60	66	30	60	66
2005	35	53	15	46	65	40	30	12	35	100	60	70	100
2006	20	20	60	35	35	25	35	100	20	97	60	26	100
2007	15	*	40	47	20	18	15	65	23	69	40	15	69
2008	37	20	13	35	50	20	39	55	39	49	42	25	55
2009	48	30	85	25	50	20	14	35	20	39	86	10	86
2010	8	23	42	59	76	32	65	60	70	40	105	82	105
2011	24	35	42	69	78	75	20	36	26	40	68	50	78
2012	15	10	50	68	47	32	20	20	20	75	43	15	75
2013	13	53	35	32	45	10	7	70	22	25	48	17	70
2014	13	25	50	63	53	6.7	4.2	9.6	5.3	54.2	45.6	20	63
2015	20.3	34.6	44.2	58	18.8	8.5	16.7	17.4	37.4	15	94.2	8.1	94.2
2016	8.2	7.8	11.9	43	31.7	13.9	7.4	15.4	11.2	68.8	70	33.3	70
2017	27.7	11.5	44.3	58	40.8	51.9	28.2	31.4	43.3	54.4	31.1	21.9	58
2018	15.5	13.3	66.7	58	33.1	31	10.5	23.3	31.5	74.2	40	1.7	74.2
2019	19.7	12	30.6	33.6	53.8	26.2	10.2	15.5	40.8	40.6	53.2	33.8	53.8
2020	6.2	6.2	37.5	33	27.2	91.7	14	41.3	32.2	55.5	73	18.5	91.7
2021	30.8	28.2	81.2	15.8	44.5	34.5	32.8	22.8	52.6	46.5	31.2	25.6	81.2
2022	51	27.6	12.1	60.3	51.2	33	22.6	29	43.7	38.7	74.5	15.5	74.5
MEDIO	20.15	25	35	43	40	25	17	26	35	52.1	45.8	25.8	74.2
MAXIM	70	80	95	92	106	91.7	65	100	75	100	120	83	120
MINIM	3	3	4	12	10	6.7	4.2	9.6	5.3	15	10	1.7	40

Tabla 27. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación FINCA LA PALMITA 16015140

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2020/05/19										ESTACION : 16015140 FCA. LA PALMITA			
LATITUD 7.5173 N			TIPO EST CO				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 2010-MAR		
LONGITUD -72.6440 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO PAMPLONITA				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 1107 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES				CORRIENTE CANAL PRINCIPAL						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
2010	*	*	*	57.5	66.3	25.8	108.8	20	38.2	85.6	76	35.6	108.8
2011	25.8	38.2	48.2	90.6	42.4	53.3	6.3	28.8	76	53.6	72.8	36.8	90.6
2015	12.8	*	44.2	*	*	*	33.2	14.5	24.7	17.5	72.8	27.2	72.8
2016	4.6	12	22	70.8	60.5	10.5	5.4	18.5	31	46.3	84.5	27	84.5
2017	14.1	14.9	28.2	28	46.2	42.7	20.3	73.7	17.8	45.3	49	14.5	73.7
2018	22	18.5	60	92.4	26.4	23.7	16.9	9.8	22.8	139.2	67	14.7	139.2
2019	15.8	5.2	30.5	32.9	100.5	23	6.3	7.7	41.8	58	56	55	100.5
2020	36.7	5.5	27.9	29	41.3	37	16.6	50	46.5	61.2	66.7	15	66.7
2021	12.6	28.8	59.8	19.8	47.2	59.4	13.4	66.4	12.8	61	46.5	39.2	66.4
2022	5.1	19.4	71.2	45.9	113.7	29.8							113.7
MEDIO	14.1	16.7	44.2	45.9	47.2	29.8	16.6	20	31	58	67	27.2	87.55
MAXIM	36.7	38.2	71.2	92.4	113.7	59.4	108.8	73.7	76	139.2	84.5	55	139.2
MINIM	4.6	5.2	22	19.8	26.4	10.5	5.4	7.7	12.8	17.5	46.5	14.5	66.4

Tabla 28. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación ISER PAMPLONA 16015020

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2020/05/19											ESTACION : 16015020 ISER PAMPLONA		
LATITUD 7.373 N			TIPO EST PM				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 1972-ABR		
LONGITUD -72.645 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO PAMPLONA				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 2340 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES				CORRIENTE BAJIRA						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1972	*	*	*	*	16.1	36.9	7.9	5.6	5.5	23	27.4	24.9	36.9
1973	15.5	2.7	9.6	33.4	19.1	23.5	13.6	26.6	25.1	19.6	20.9	7.4	33.4
1974	7.3	15.1	11.4	16	54.6	7.9	12.9	5.8	21.8	19.6	33.4	0.2	54.6
1975	2.8	16.3	19.2	40.3	38.8	13.9	5.5	14.1	15.4	61.6	25.1	24.2	61.6
1976	10.1	17.6	*	28.4	16	10	11.6	9.8	9.7	36.4	31.2	19.2	36.4
1977	1.3	1	38.6	10.1	14.6	11	11.4	7.6	12.2	21.6	15.5	0.2	38.6
1978	0.6	7.5	32.4	40.1	18.2	50	10.6	19.2	21.2	26	11	7.6	50
1979	17.5	3.7	14.1	42.3	23.2	37.7	14.2	18.3	11.8	42.7	27.9	14.6	42.7
1980	16	13.2	15.9	21.9	14.8	25.4	12.4	15.1	27.7	15.2	46.9	25	46.9
1981	1.5	6	27.6	54.5	68.6	11.1	18.9	13	27.7	21.7	16.9	5.5	68.6
1982	17.7	11.5	20.9	49.5	20.5	9.3	8.8	7.4	27.9	26.3	20	10.4	49.5
1983	5.6	5.6	38.5	60.8	32.1	23.1	20.6	13.5	12.5	20.8	3	10.6	60.8
1984	16.3	3	10.4	35.2	31.7	6.2	12.4	24.7	23	25.8	23.2	3.3	35.2
1985	9.1	5.2	37.1	28	27.5	32.1	31.5	29.6	22.3	28.3	24.5	25.3	37.1
1986	8.2	17.7	14.8	11.6	31.2	37	7.2	12	32	29.3	13.2	6.8	37
1987	5.4	0.5	11	16.1	42.5	11	8	7.6	19.3	57	23.7	2.8	57
1988	13.8	16.7	6.8	15.1	8.4	14.2	15	34.2	21.7	25.7	46.7	12.7	46.7
1989	5.1	11.6	25	7	32	13	13	9.7	26	26	16.7	29.5	32
1990	2.8	22.8	9.1	64	24.5	30.8	18	19.2	18	55.5	23.4	21	64
1991	9.8	11.9	33	18	20	7.9	10	10.4	27	24	18.8	11.7	33
1992	5.3	16	1.2	29	7.3	23.5	17.7	16.9	22	20	27	13	29
1993	12.4	13.7	11	27	45	12.9	8.7	16.7	51	10.3	33.6	7	51
1994	12	10.3	33.3	17.7	16.1	7	14	7.7	41.4	29.4	14.7	5.8	41.4
1995	34.5	15	29	32.2	35	18.7	10.2	20	16.3	22	*	23	35
1996	16.7	16.3	12.4	19.2	19.7	38.1	23	19.8	16.2	39	34.5	17.6	39
1997	6	10	10.5	11	19.4	14	3.6	6.1	11	25.5	12.5	3.5	25.5
1998	2	22	23.8	16.1	24.5	16.7	17.8	16.6	34.5	32	40.4	64.6	64.6
1999	13.4	23.7	7	40.3	13.4	23.3	7.5	27.2	27.8	36	24	13.8	40.3
2000	32.2	25.4	26.8	15.6	23	15	13	5.6	40.8	28	17	9.2	40.8
2001	0.4	14.2	26.8	11.3	16	12.2	12.7	5.5	32	23	12	42.1	42.1
2002	21.4	14.6	20.8	22.6	29.5	8.8	10	12	50	46.5	3	2	50
2003	1	7.5	48	31.9	4.9	39	12.8	17.2	9.8	50.8	31.6	23.6	50.8
2004	6.6	15.8	10.9	43.7	43.3	22.9	7	17	22.5	24.6	42	13.8	43.7
2005	21.5	32.4	3	26.5	39.7	20.7	10	6.6	63	24.8	40	2.1	63
2006	26.4	5.3	36.5	20.8	28.5	10.3	12.3	32.5	25.1	46.4	13.8	13.5	46.4
2007	9.4	9.5	20.6	12.2	9.6	18.2	13.4	24.6	4.1	40.5	30.5	5.2	40.5
2008	29.2	12.6	14.9	36.5	36.2	18	35.2	39	39	43.7	34.4	4.7	43.7
2009	16.1	7.4	14.7	8.9	52.3	7.4	18	5.5	10.8	20	28.7	1.9	52.3
2010	3.6	10.3	22.4	27.2	51.5	53.2	23.2	7.9	46	26	28.4	29.6	53.2
2011	5.4	16.5	22.4	46.8	25.9	24.6	13.6	17.5	26.4	19.7	60.5	21.7	60.5
2012	10.3	4.4	26.5	59.5	19.4	12	16.2	25.6	13.7	56.7	30.5	1.6	59.5
2013	11.6	9.4	7.4	42.2	32.2	16.4	8	38.4	15.6	9.2	18	26	42.2
2014	6.9	7.1	15.8	22	76.2	10.2	10.2	8.1	12.4	18.6	20.5	7.1	76.2
2015	20	5.3	35.8	21.8	21.1	10.7	18.6	10.3	12.6	23.6	31.7	21	35.8
2016	1.9	6.5	11.5	43.7	30.6	14	8.6	23.5	28.4	18.8	27.6	5.6	43.7
2017	8	6.5	37.8	28.4	23.5	32.9	16.1	14.8	15.7	18.8	39.9	24.5	39.9
2018	22.7	3	27.9	28.6	11.4	16.3	9.7	22.7	29.4	59.2	24.9	0.4	59.2
2019	12.5	3.1	15.5	32.2	28.2	20	10.6	9.1	28.5	41.7	20.8	4	41.7
2020	6.1	5.9	12.6	*	11.7	28.9	8.9	19.3	26.8	29.8	56.6	10.2	56.6
2021	13.4	14.3	27.7	12.8	36	19.6	11.7	30.5	13.1	21.7	11.1	9.4	36
2022	2.5	9.1	10	25.4	43.9	21.4	6.7	15.8	18.9	34.5	41.7	3.8	43.9
MEDIO	9.6	10.3	19.2	27.2	24.5	16.7	12.4	15.8	22.3	26	25	10.4	43.7
MAXIM	34.5	32.4	48	64	76.2	53.2	35.2	39	63	61.6	60.5	64.6	76.2
MINIM	0.4	0.5	1.2	7	4.9	6.2	3.6	5.5	4.1	9.2	3	0.2	25.5

Tabla 29. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación PARQUE NACIONAL TAMA 16015090

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2017/07/31											ESTACION : 16015090 TAMA PARQUE NAL		
LATITUD 0725 N			TIPO EST CP				DEPTO NORTE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 1989-ABR		
LONGITUD 7226 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO HERRAN				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 2500 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES				CORRIENTE TACHIRA						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1989	*	*	*	55.2	62	32.6	19.2	18.8	36.7	18.3	18.9	23.7	62
1990	24.3	25.3	15	45.1	30.3	37	23.4	20.6	17.6	29.6	18.3	18.6	45.1
1991	8	14.4	22.4	20.6	33.1	23	37	24	40	29	16.1	8	40
1992	4.1	5.1	2.4	21.1	14.7	51.3	35.7	18.4	48.5	11.7	27.3	6.8	51.3
1993	3.5	12	15.6	24.6	38.4	24.9	19.7	24.5	40.3	30.8	44.1	24.1	44.1
1994	14.5	13.9	32.8	23.4	20.8	15.4	38.9	17.2	69	37.4	20	9.7	69
1995	12.8	4.3	12.4	25.6	9.1	37.4	21.6	47.1	31	30.1	22	17	47.1
1996	11	25	18.4	13	30	35	28.2	22.5	35.4	37.2	45.2	14.8	45.2
1997	19.7	11.6	10	23.4	46.2	24.4	21.4	12.3	23.5	20	11	8.8	46.2
1998	3.3	*	9.6	34.9	29.3	58.2	22.7	46	20.3		36.2	29	58.2
1999	49	28.1	21.5	62.5	23.3	25.5	12.8	24	28.5	67	38.4	24.9	67
2000	13.6	30.4	19.1	21.9	44.9	19.4	35	14.2	17.3	29	25.6	17.4	44.9
2001	2.8	10.7	17.6	29	43	90.5	18.4	15.2	*	*	*	*	90.5
2007	0.2	*	30	20	30	30	21.2	37.7	30.5	50	20.4	16.2	50
2008	21.6	9.9	24.2	35	47.4	50.3	40.4	32.2	40.6	40.6	*	*	50.3
2009	*	*	*	*	13.4	24.5	34.5	27.7	23.4	37.6	25.5	11.7	37.6
2010	*	11.3	13.4	30	50.2	31.2	40.2	17.2	37.2	28.7	37	50.5	50.5
2011	16.6	34.5	44.5	40.5	40.4	40.6	41	33.2	*	18	34.5	20.4	44.5
2012	6.5	15.2	21.5	103.5	35.8	15.7	55.4	35	34.7	65.6	55	8.4	103.5
2013	4.5	52	19.4	40.6	57	40.5	35.6	40.2	32		32	35	57
2014	6.5	4.2	20	23.5	15.6	34.6	*	20.5	29.8	16.8	20	*	34.6
2015	12.3	6	28.6	38.5	30.5	28.2	52	25.2	20.5	55	30.4	40	55
2016	*	4.2	12	35.4	36	*	30	26.7	20.4	32.6	*	23.2	36
2017	26	7	35	19.6	49.2	38	44	15.8	14.4	*	*	25	49.2
2018	17.2	7.2	30.1	*	36	42.3	35	12	*	4	15.5	*	42.3
2019	*	*	*	49	*	*	33.5	20	27.3	15.2	35.5	10	49
2020	20	*	5.7	16	44	7.4	13.6	*	5	*	*	12.4	44
2022	*	*	24	26.4	37.2	43.5	24.5	30.4	33.2	74.5	*	*	74.5
MEDIOS	12.55	11.6	19.4	27.7	36	33.6	33.5	24	30.5	30.1	26.45	17.4	49.1
MAXIMOS	49	52	44.5	103.5	62	90.5	55.4	47.1	69	74.5	55	50.5	103.5
MINIMOS	0.2	4.2	2.4	13	9.1	7.4	12.8	12	5	4	11	6.8	34.6

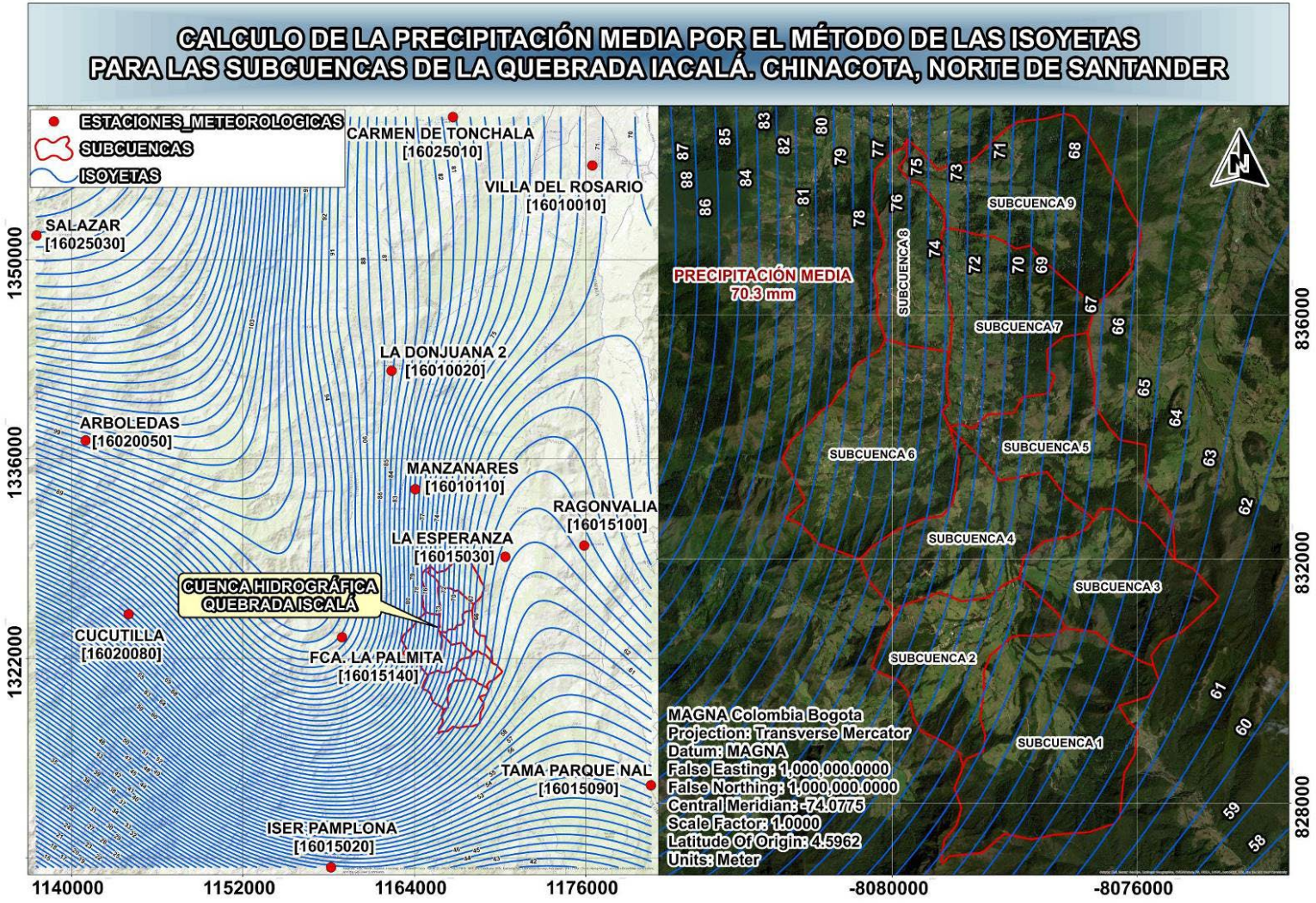


Figura 17. Calculo de la precipitación media en la cuenca hidrográfica (Isoyetas).

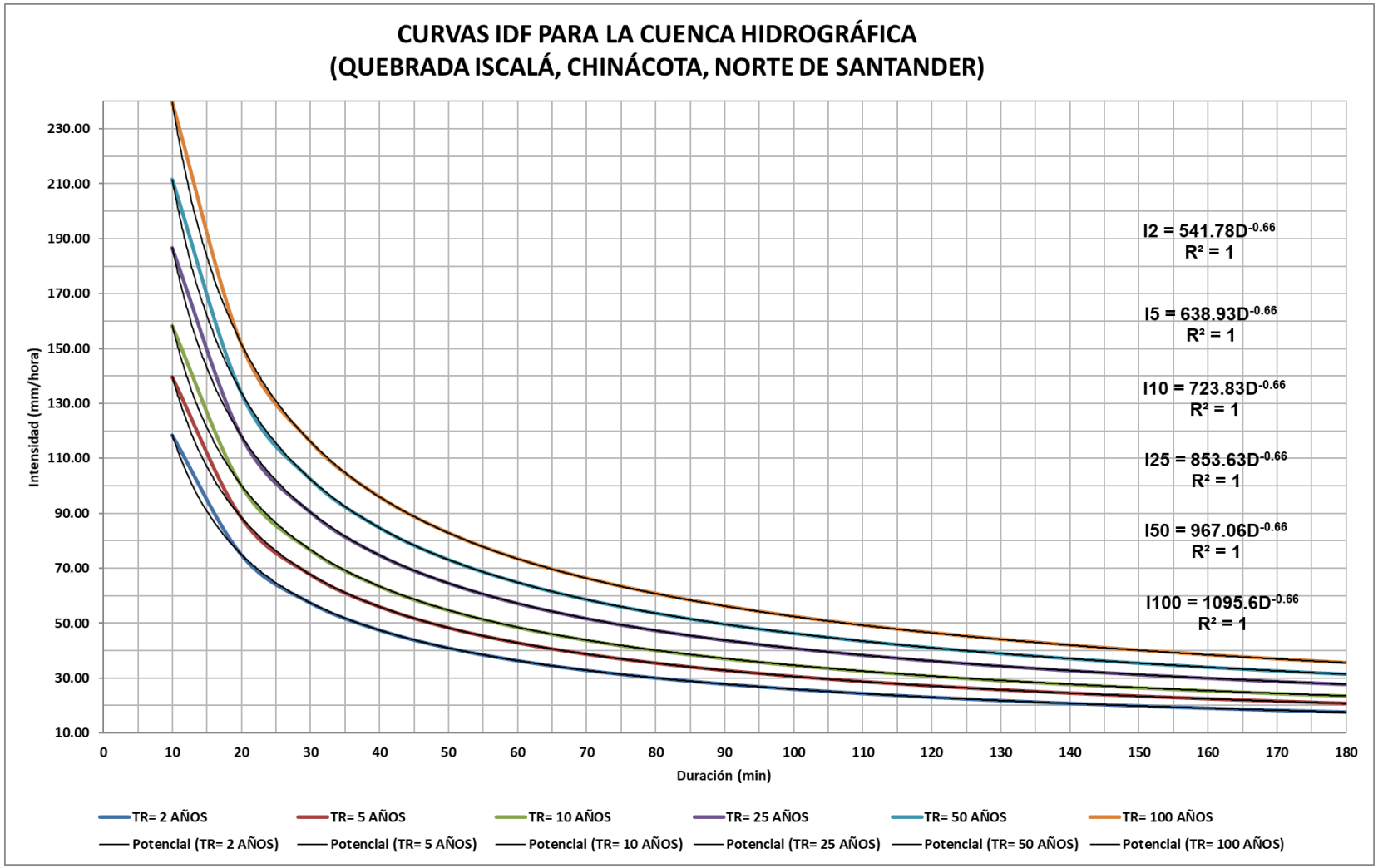


Figura 18. Curvas IDF para la cuenca hidrográfica Quebrada Iscalá

Tabla 30. Calculo de periodos de retorno.

CÁLCULOS PERIODOS DE RETORNO (SUBCUENCA 1: QUEBRADA ISCALÁ. CHINÁCOTA, NORTE DE SANTANDER)						
(min)	**2**	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
10	118.53	139.78	158.36	186.75	211.57	239.68
20	75.01	88.47	100.22	118.19	133.90	151.69
30	57.40	67.69	76.69	90.44	102.46	116.07
40	47.47	55.99	63.43	74.80	84.74	96.00
50	40.97	48.32	54.74	64.56	73.14	82.85
60	36.33	42.84	48.54	57.24	64.84	73.46
70	32.81	38.70	43.84	51.70	58.57	66.36
80	30.05	35.43	40.14	47.34	53.63	60.76
90	27.80	32.78	37.14	43.80	49.62	56.21
100	25.93	30.58	34.64	40.86	46.29	52.44
110	24.35	28.72	32.53	38.37	43.46	49.24
120	22.99	27.11	30.72	36.22	41.04	46.49
130	21.81	25.72	29.14	34.36	38.93	44.10
140	20.77	24.49	27.75	32.72	37.07	41.99
150	19.84	23.40	26.51	31.26	35.42	40.13
160	19.02	22.43	25.41	29.96	33.94	38.45
170	18.27	21.55	24.41	28.79	32.61	36.94
180	17.59	20.75	23.50	27.72	31.40	35.58

La intensidad de una lluvia se define como el volumen de agua que se precipita por unidad de tiempo y generalmente se expresa en mm/hr o lts/Ha/seg. Es conveniente recordar que 1 mm/hr = 2.78 lts/seg/ha. La intensidad de precipitación que debe usarse en la estimación del caudal pico de aguas lluvias corresponde a la intensidad media de la precipitación dada por las curvas IDF para el período de retorno de diseño.

La duración de la lluvia es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, este final puede ser el total o el momento hasta donde es apreciable la lluvia para efectos prácticos, esta duración es equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía.

La frecuencia es el inverso del período de retorno; para el proyecto se consideró períodos de retorno de 2 años, 5 años, 10 años, 25 años, 50 años y 100 años; para la obtención de caudales máximos con diferentes periodos de retorno.

Para efectos de cálculo, mediante regresión se halló ecuaciones potenciales para las curvas con los periodos de retorno indicados.

I2 (mm/hora) = $541.78D^{-0.66}$

I5 (mm/hora) = $638.93D^{-0.66}$

I10 (mm/hora) = $723.83D^{-0.66}$

I25 (mm/hora) = $853.63D^{-0.66}$

I50 (mm/hora) = $967.06D^{-0.66}$

I100 (mm/hora) = $1095.6D^{-0.66}$

D: Tiempo de concentración en minutos.

Estas ecuaciones presentan un coeficiente de correlación (R^2 = 1.00) que nos garantiza muy buena exactitud en los cálculos.

3.4.1.4 Estimación del caudal de diseño por el método del SCS.

El Soil Conservation Service de los Estados Unidos de América, SCS, desarrolló un método denominado número de curva de escorrentía CN, para calcular las abstracciones de una tormenta, las cuales incluyen la intercepción, la detención superficial y la infiltración propiamente dicha.

En este método, la profundidad de escorrentía (es decir, la profundidad efectiva de precipitación) es una función de la profundidad total de precipitación y de un parámetro de abstracción referido al número de curva de escorrentía, denominado número de curva o CN. El número de curva varía en un rango de 1 a 100, existiendo una función de las siguientes propiedades productoras de escorrentía de la hoya hidrográfica: (1) tipo de suelo hidrológico, (2) utilización y tratamiento del suelo, (3) condiciones de la superficie del terreno, y (4) condición de humedad antecedente del suelo.

3.5 CAUDALES MÁXIMOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

Para la obtención de caudales máximos con diferentes periodos de retorno para el área del proyecto, se desarrolló por el método SCS mediante la utilización del software HEC-HMS 4.6.1.

3.5.1 Cálculo de caudales máximos.

Para el cálculo de los caudales máximos se empleó el método SCS teniendo en cuenta que da buenos resultados para cuencas hidrográficas grandes.

Este método, desarrollado por el SCS, también llamado del "número de curva" consta de dos partes. En la primera de ellas se hace una estimación del volumen de escorrentía resultante de una relación precipitación-escurrimiento directo, en la segunda se determina el tiempo de distribución del escurrimiento, incluyendo el caudal pico.

El escurrimiento directo ocasionado por la precipitación máxima con una duración de una hora se calcula con la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{(P - 0.20S)^2}{P + 0.80S}$$

Dónde:

Q: escurrimiento directo (pulgadas)

P: precipitación máxima con una duración de una hora.

S: retención potencial máxima (pulgadas)

El valor de S (en pulgadas) se relaciona con el número de curva de escorrentía (CN) por la definición:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Para determinar el volumen de escurrimiento, debe hacerse una estimación del valor de CN, el cual depende de características de la cuenca tales como uso de la tierra, condiciones del suelo y condiciones de humedad de la cuenca en el momento de ocurrir, la precipitación.

Se debe tener en cuenta la precipitación acumulada los 5 días previos a la precipitación analizada, para ello se creó la siguiente tabla.

Tabla 31. Condiciones antecedentes de humedad para el método de número de curva

Clases de condiciones de humedad antecedentes	Lluvia total de los 5 días anteriores (milímetros)	
	Estación sin desarrollo vegetativo	Estación de crecimiento vegetativo
I	menos de 12,7mm	menos de 35,6mm
II	12,7 a 27,9mm	35,6 a 53,3mm
III	más de 27mm	más de 53,3mm

Se consideró que la lluvia máxima se presenta después de varias lluvias por eso se trabajó con una condición de humedad antecedente III

Los números de curva han sido tabulados por el Servicio de Conservación de Suelos en base al tipo y uso de suelo. En función del tipo de suelo se definen cuatro grupos:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento y limos agregados.

Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento y marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con alto contenido de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

La cuenca presenta características de suelo tipo C, y la cubierta del suelo predominante en la cuenca es de bosques, arbustos y suelo sin cobertura vegetal.

Los tipos de cobertura de la cuenca y porcentajes de estos se obtuvieron con el software ArcGIS empleando imágenes satelitales recientes.

Tabla 32. Numero de Curva de escorrentía para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e Ia=0.2S.

Descripción del uso de la tierra	Detalles de la descripción	Tratamiento o uso	Condición hidrológico	Grupo hidrológico de suelo			
				A	B	C	D
Tierra cultivada	baldío	filas rectas	no aplicable	77	86	91	94
	general	sin tratamientos de conservación	no disponible	72	81	88	91
	cultivos en filas	filas rectas	pobre	72	81	88	91
			bueno	67	78	85	89
		en contorno	pobre	70	79	84	88
			bueno	65	75	82	86
		en contorno y terraza	pobre	66	74	80	82
			bueno	62	71	78	81
	general	con tratamientos de conservación	no disponible	62	71	78	81
	granos pequeños	filas rectas	pobre	65	76	84	88
			bueno	63	75	83	87
		en contorno	pobre	63	74	82	85
			bueno	61	73	81	84
		en contorno y terraza	pobre	61	72	79	82
			bueno	59	70	78	81
	grano cerrado	filas rectas	pobre	66	77	85	89
	grano cerrado: legumbres o pradera de rotación	filas rectas	bueno	58	72	81	85
		en contorno	pobre	64	75	83	85
			bueno	55	69	78	83
		en contorno y terraza	pobre	63	73	80	83
			bueno	51	67	76	80
Pastizales o campo de animales			pobre	68	79	86	89
			aceptable	49	69	79	84
			bueno	39	61	74	80
		en contorno	pobre	47	67	81	88
			aceptable	25	59	75	83
			bueno	6	35	70	79
Vegas de ríos y praderas			bueno	30	58	71	78
Bosques		troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	pobre	45	66	77	83
			aceptable	36	60	73	79
			bueno	25	55	70	77
Haciendas			no disponible	59	74	82	86
Calles y carreteras		pavimentados con cunetas y alcantarillados[1]		95	95	95	95
		superficie dura		74	84	90	92
		grava		76	85	89	91
		tierra		72	82	87	89
Áreas abiertas		césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	bueno (cubierto de pasto 75%+)	39	61	74	80
			aceptable (cubierto de pasto 50% - 75%)	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios		85% impermeables	no disponible	89	92	94	95
Distritos industriales		72% impermeables		81	88	91	93
Residencial	1/8 acre o menos	65% impermeable		77	85	90	92
	1/4 acre	38% impermeable		61	75	83	87
	1/3 acre	30% impermeable		57	72	81	86
	1/2 acre	25% impermeable		54	70	80	85
	1 acre	20% impermeable		51	68	79	84
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc.				95	95	95	95

El número de curva se pondero con los porcentajes de cobertura de suelo en la cuenca hidrográfica dividida en subcuencas.

Tabla 33. Calculo del CN para las subcuencas

Area Total = 144.562 Km^2

CUENCA TOTAL				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	42.6	61.58	70	4310.83
BOSQUE JOVEN	38.4	55.51	72	3996.85
CULTIVOS/GANADO	19.0	27.47	71	1950.14
∑ =	100.00	144.562		10257.82
		CN PONDERADO =		**70.96**

CN(III)=	**84.89**

Area Total = 17.320 Km^2

SUBCUENCA 1				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	23.8	4.12	70	288.55
BOSQUE JOVEN	46.8	8.11	72	583.61
CULTIVOS/GANADO	29.4	5.09	71	361.54
∑ =	100.00	17.320		1233.70
		CN PONDERADO =		**71.23**

CN(III)=	**85.06**

Area Total = 9.042 Km^2

SUBCUENCA 2				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	12.6	1.14	70	79.75
BOSQUE JOVEN	58.2	5.26	72	378.90
CULTIVOS/GANADO	29.2	2.64	71	187.46
∑ =	100.00	9.042		646.11
		CN PONDERADO =		**71.46**

CN(III)=	**85.20**

Area Total = 8.896 Km^2

SUBCUENCA 3				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	20.4	1.81	70	127.04
BOSQUE JOVEN	55.3	4.92	72	354.21
CULTIVOS/GANADO	24.3	2.16	71	153.48
∑ =	100.00	8.896		634.73
		CN PONDERADO =		**71.35**

CN(III)=	**85.14**

Area Total = 13.065 Km^2

SUBCUENCA 4				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	47.8	6.25	70	437.17
BOSQUE JOVEN	37.8	4.94	72	355.59
CULTIVOS/GANADO	14.4	1.88	71	133.58
∑ =	100.00	13.065		926.34
		CN PONDERADO =		**70.90**

CN(III)=	**84.86**

Area Total = 5.960 Km^2

SUBCUENCA 5				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	11.6	0.69	70	48.39
BOSQUE JOVEN	56.0	3.34	72	240.29
CULTIVOS/GANADO	32.4	1.93	71	137.09
∑ =	100.00	5.960		425.77
		CN PONDERADO =		**71.44**

CN(III)=	**85.19**

Area Total = 741.636 Km^2

SUBCUENCA 6				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	41.9	310.75	70	21752.19
BOSQUE JOVEN	31.2	231.39	77	17817.07
CULTIVOS/GANADO	26.9	199.50	79	15760.51
∑ =	100.00	741.636		55329.77
		CN PONDERADO =		**74.61**

CN(III)=	**87.11**

Area Total = 1197.715 Km^2

SUBCUENCA 7				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	26.2	313.80	70	21966.10
BOSQUE JOVEN	41.2	493.46	72	35529.02
CULTIVOS/GANADO	32.6	390.46	71	27722.31
∑ =	100.00	1197.715		85217.43
		CN PONDERADO =		**71.15**

CN(III)=	**85.01**

Area Total = 1476.064 Km^2

SUBCUENCA 8				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	77.3	1141.00	70	79869.81
BOSQUE JOVEN	18.7	276.02	72	19873.72
CULTIVOS/GANADO	4.0	59.04	71	4192.02
∑ =	100.00	1476.064		103935.56
		CN PONDERADO =		**70.41**

CN(III)=	**84.55**

Area Total = 813.103 Km^2

SUBCUENCA 9				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	63.4	515.51	70	36085.52
BOSQUE JOVEN	28.8	234.17	72	16860.51
CULTIVOS/GANADO	7.8	63.42	71	4502.97
∑ =	100.00	813.103		57448.99
		CN PONDERADO =		**70.65**

CN(III)=	**84.70**

Area Total = 452.612 Km^2

SUBCUENCA 10				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	41.8	189.19	70	13243.43
BOSQUE JOVEN	42.9	194.17	72	13980.29
CULTIVOS/GANADO	15.3	69.25	71	4916.73
∑ =	100.00	452.612		32140.44
		CN PONDERADO =		**71.01**

CN(III)=	**84.93**

Area Total = 705.819 Km^2

SUBCUENCA 11				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	55.8	393.85	70	27569.28
BOSQUE JOVEN	32.7	230.80	72	16617.80
CULTIVOS/GANADO	11.5	81.17	71	5763.01
∑ =	100.00	705.819		49950.08
		CN PONDERADO =		**70.77**

CN(III)=	**84.78**

Area Total = 1222.434 Km^2

SUBCUENCA 12				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	56.5	690.68	70	48347.27
BOSQUE JOVEN	35.8	437.63	72	31509.46
CULTIVOS/GANADO	7.7	94.13	71	6683.05
∑ =	100.00	1222.434		86539.77
		CN PONDERADO =		**70.79**

CN(III)=	**84.79**

Area Total = 1016.980 Km^2

SUBCUENCA 13				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	47.3	481.03	70	33672.21
BOSQUE JOVEN	37.6	382.38	72	27531.68
CULTIVOS/GANADO	15.1	153.56	71	10903.04
∑ =	100.00	1016.980		72106.93
		CN PONDERADO =		**70.90**

CN(III)=	**84.86**

Area Total = 645.327 Km^2

SUBCUENCA 14				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	45.9	296.21	70	20734.36
BOSQUE JOVEN	29.9	192.95	72	13892.60
CULTIVOS/GANADO	24.2	156.17	71	11088.01
∑ =	100.00	645.327		45714.97
		CN PONDERADO =		**70.84**

CN(III)=	**84.82**

Area Total = 437.391 Km^2

SUBCUENCA 15				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	49.8	217.82	70	15247.47
BOSQUE JOVEN	30.6	133.84	72	9636.61
CULTIVOS/GANADO	19.6	85.73	71	6086.74
∑ =	100.00	437.391		30970.82
		CN PONDERADO =		**70.81**

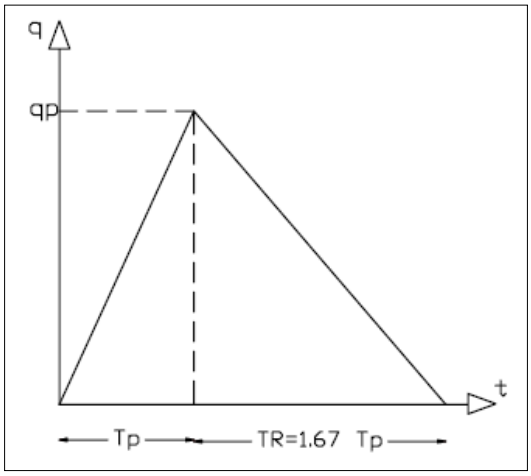
CN(III)=	**84.80**

Area Total = 318.452 Km^2

SUBCUENCA 16				
Cobertura	**Porcentaje**	**Area (Km^2)**	**CN II**	**CN II*Área**
BOSQUE DENSO	64.5	205.40	70	14378.13
BOSQUE JOVEN	28.0	89.17	72	6420.00
CULTIVOS/GANADO	7.5	23.88	71	1695.76
∑ =	100.00	318.452		22493.89
		CN PONDERADO =		**70.64**

CN(III)=	**84.69**

El siguiente paso consiste en construir el hidrograma SCS generado por la precipitación, cuyo modelo es el siguiente.



Se debe calcular el caudal pico generado por la tormenta

$$q_P = 0{,}208\frac{A \times Q}{T_P}\left(m^3/s\right)$$

El tiempo pico se calcula con la siguiente ecuación:

$$T_P = \frac{t_r}{2} + t_P$$

tp = 0.6 Tc

tr es la duración de la tormenta base.

El tiempo de concentración se halla con la siguiente ecuación:

$$T_c = \frac{\left(\frac{10}{6}\right) L^{0.80} (2540 - 22.86\ CN)^{0.70}}{14104\ CN^{0.70}\ S^{0.5}}$$

T: Tiempo de concentración, en horas (h)

CN: Numero de curva del SCS.

L: Longitud del cauce principal, en metros por (m/m)

3.5.1.1 cálculos

El cálculo del caudal se obtuvo con el software HEC-HMS 4.6.1 del cuerpo de Ingenieros del ejército de Estados Unidos. Los parámetros ingresados al software son los calculados anteriormente.

Para ingresar la lluvia de diseño al software se crearon los hietogramas para la lluvia con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años partiendo de las curvas IDF con estos periodos de retorno, el método empleado en la construcción del hietograma fue el de bloque alterno.

Tabla 34. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=2 años por el método de bloque alterno

CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL MÉTODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=2 AÑOS						
Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Intensidad (mm/hora)	P (mm)	ΔP (mm)	ΔT (min)	P (mm)
15	0.25	90.70	22.67	22.67	0 - 15	1.63
30	0.50	57.40	28.70	6.03	15 - 30	1.88
45	0.75	43.92	32.94	4.24	30 - 45	2.24
60	1.00	36.33	36.33	3.39	45 - 60	2.86
75	1.25	31.35	39.19	2.86	60 - 75	4.24
90	1.50	27.80	41.70	2.51	75 - 90	22.67
105	1.75	25.11	43.94	2.24	90 - 105	6.03
120	2.00	22.99	45.98	2.04	105 - 120	3.39
135	2.25	21.27	47.86	1.88	120 - 135	2.51
150	2.50	19.84	49.61	1.75	135 - 150	2.04
165	2.75	18.63	51.24	1.63	150 - 165	1.75
180	3.00	17.59	52.78	1.54	165 - 180	1.54

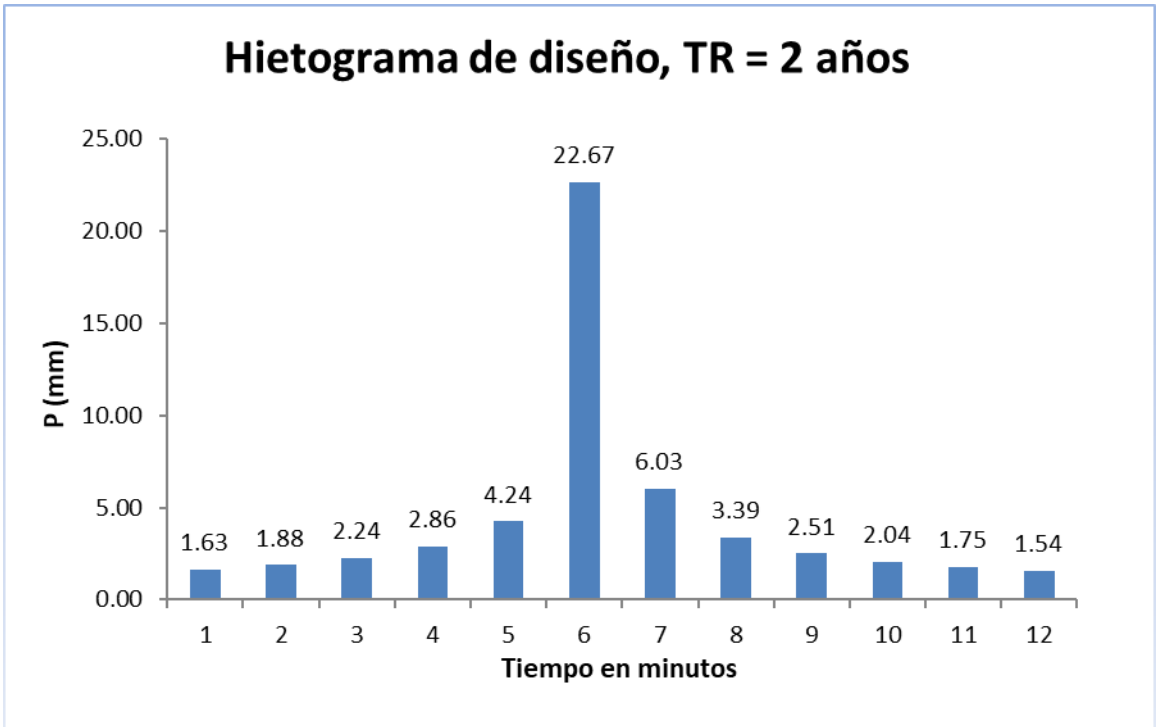


Tabla 35. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=5 años por el método de bloque alterno

CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL MÉTODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=5 AÑOS						
Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Intensidad (mm/hora)	P (mm)	ΔP (mm)	ΔT (min)	P (mm)
15	0.25	106.96	26.74	26.74	0 - 15	1.93
30	0.50	67.69	33.85	7.11	15 - 30	2.22
45	0.75	51.80	38.85	5.00	30 - 45	2.65
60	1.00	42.84	42.84	3.99	45 - 60	3.38
75	1.25	36.98	46.22	3.38	60 - 75	5.00
90	1.50	32.78	49.18	2.96	75 - 90	26.74
105	1.75	29.61	51.82	2.65	90 - 105	7.11
120	2.00	27.11	54.23	2.41	105 - 120	3.99
135	2.25	25.09	56.44	2.22	120 - 135	2.96
150	2.50	23.40	58.50	2.06	135 - 150	2.41
165	2.75	21.97	60.43	1.93	150 - 165	2.06
180	3.00	20.75	62.24	1.81	165 - 180	1.81

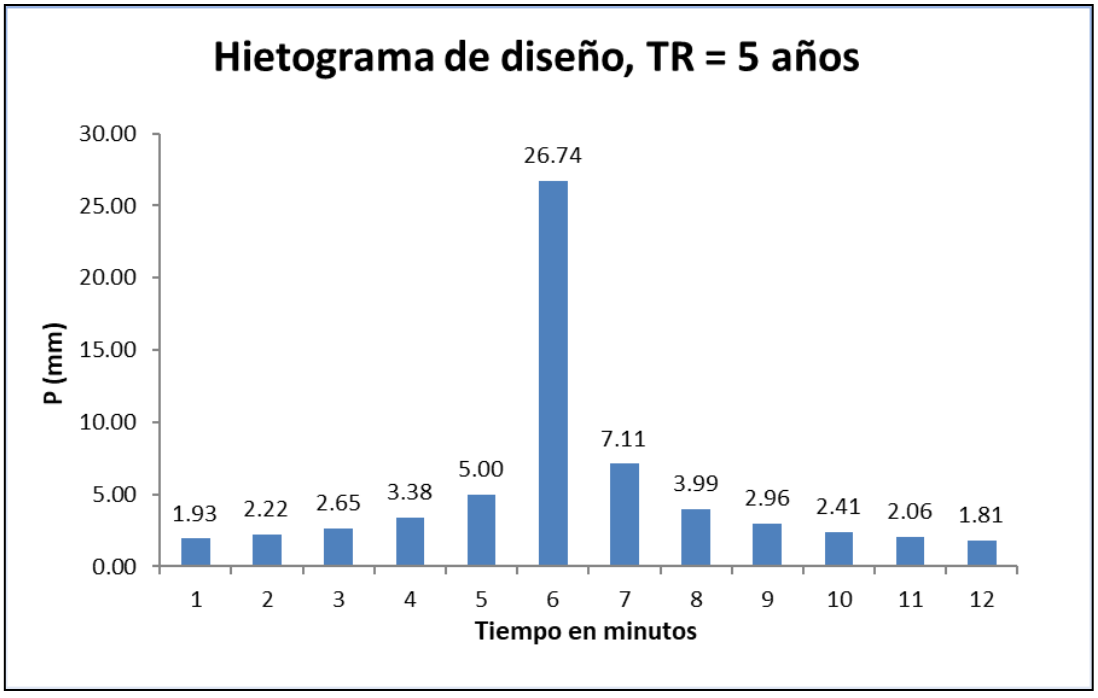


Tabla 36. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=10 años por el método de bloque alterno

CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL MÉTODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=10 AÑOS						
Tiempo (min)	**Tiempo (horas)**	**Intensidad (mm/hora)**	**P (mm)**	**ΔP (mm)**	**ΔT (min)**	**P (mm)**
15	0.25	121.18	30.29	30.29	0 - 15	2.18
30	0.50	76.69	38.34	8.05	15 - 30	2.51
45	0.75	58.68	44.01	5.67	30 - 45	3.00
60	1.00	48.54	48.54	4.52	45 - 60	3.83
75	1.25	41.89	52.36	3.83	60 - 75	5.67
90	1.50	37.14	55.71	3.35	75 - 90	30.29
105	1.75	33.55	58.71	3.00	90 - 105	8.05
120	2.00	30.72	61.43	2.73	105 - 120	4.52
135	2.25	28.42	63.94	2.51	120 - 135	3.35
150	2.50	26.51	66.28	2.33	135 - 150	2.73
165	2.75	24.89	68.46	2.18	150 - 165	2.33
180	3.00	23.50	70.51	2.06	165 - 180	2.06

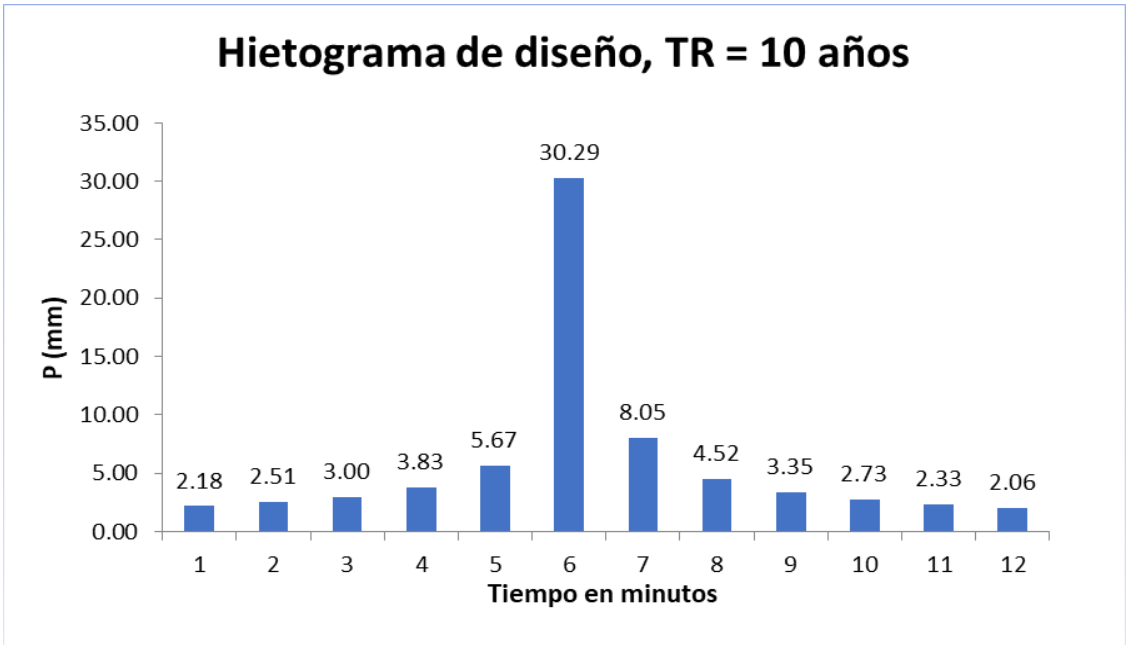


Tabla 37. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=25 años por el método de bloque alterno

CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL MÉTODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=25 AÑOS						
Tiempo (min)	**Tiempo (horas)**	**Intensidad (mm/hora)**	**P (mm)**	**ΔP (mm)**	**ΔT (min)**	**P (mm)**
15	0.25	142.91	35.73	35.73	0 - 15	2.57
30	0.50	90.44	45.22	9.49	15 - 30	2.96
45	0.75	69.21	51.91	6.68	30 - 45	3.54
60	1.00	57.24	57.24	5.33	45 - 60	4.51
75	1.25	49.40	61.75	4.51	60 - 75	6.68
90	1.50	43.80	65.70	3.95	75 - 90	35.73
105	1.75	39.56	69.23	3.54	90 - 105	9.49
120	2.00	36.23	72.45	3.22	105 - 120	5.33
135	2.25	33.52	75.41	2.96	120 - 135	3.95
150	2.50	31.26	78.16	2.75	135 - 150	3.22
165	2.75	29.36	80.74	2.57	150 - 165	2.75
180	3.00	27.72	83.16	2.42	165 - 180	2.42

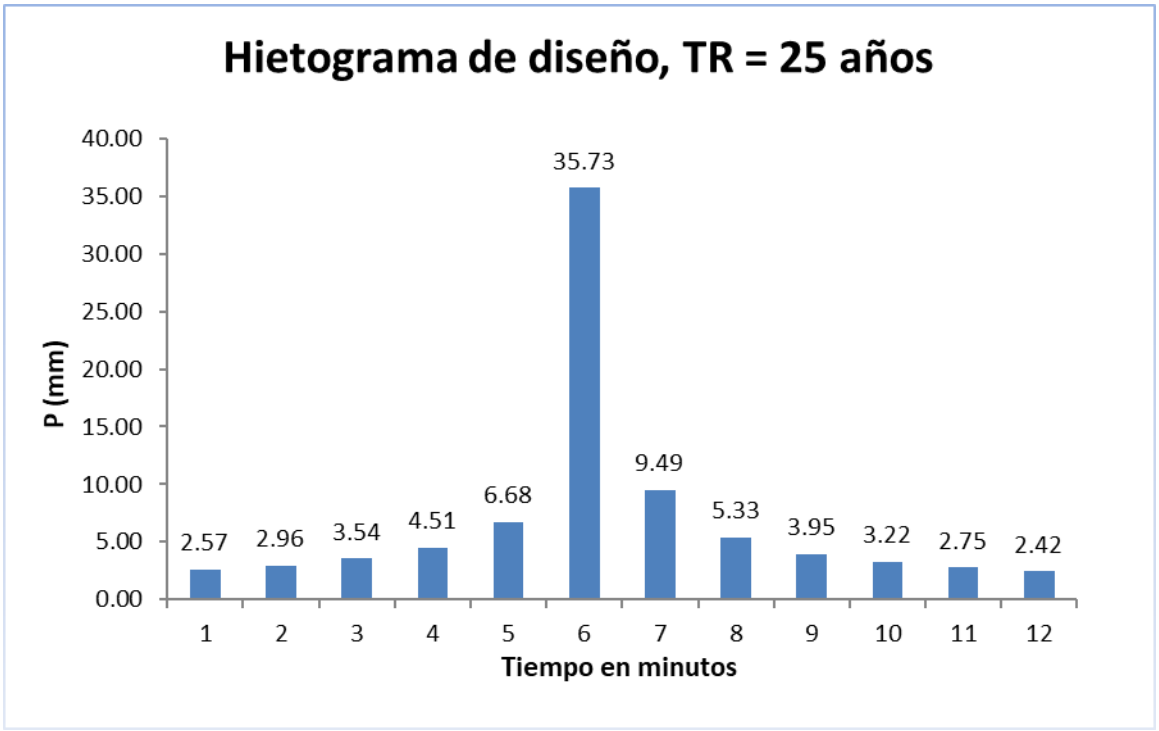


Tabla 38. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=50 años por el método de bloque alterno

CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL MÉTODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=50 AÑOS						
Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Intensidad (mm/hora)	P (mm)	ΔP (mm)	ΔT (min)	P (mm)
15	0.25	161.89	40.47	40.47	0 - 15	2.92
30	0.50	102.46	51.23	10.76	15 - 30	3.35
45	0.75	78.40	58.80	7.57	30 - 45	4.00
60	1.00	64.84	64.84	6.04	45 - 60	5.11
75	1.25	55.96	69.96	5.11	60 - 75	7.57
90	1.50	49.62	74.43	4.47	75 - 90	40.47
105	1.75	44.82	78.43	4.00	90 - 105	10.76
120	2.00	41.04	82.08	3.64	105 - 120	6.04
135	2.25	37.97	85.43	3.35	120 - 135	4.47
150	2.50	35.42	88.55	3.12	135 - 150	3.64
165	2.75	33.26	91.46	2.92	150 - 165	3.12
180	3.00	31.40	94.21	2.75	165 - 180	2.75

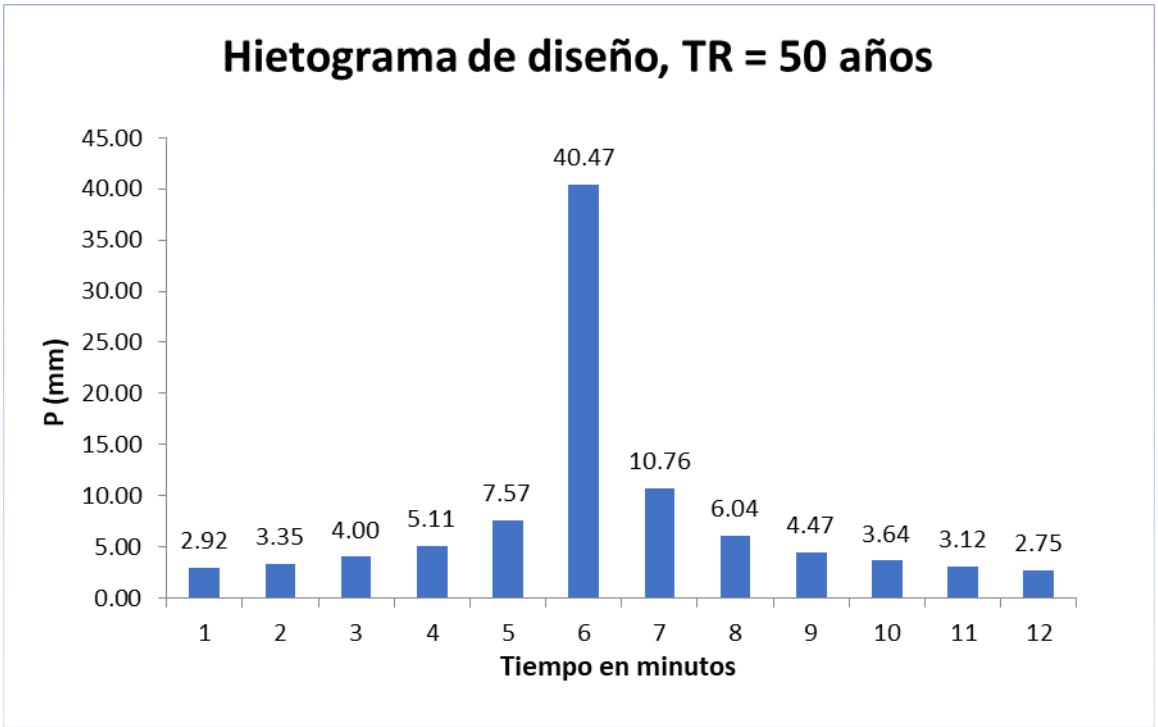
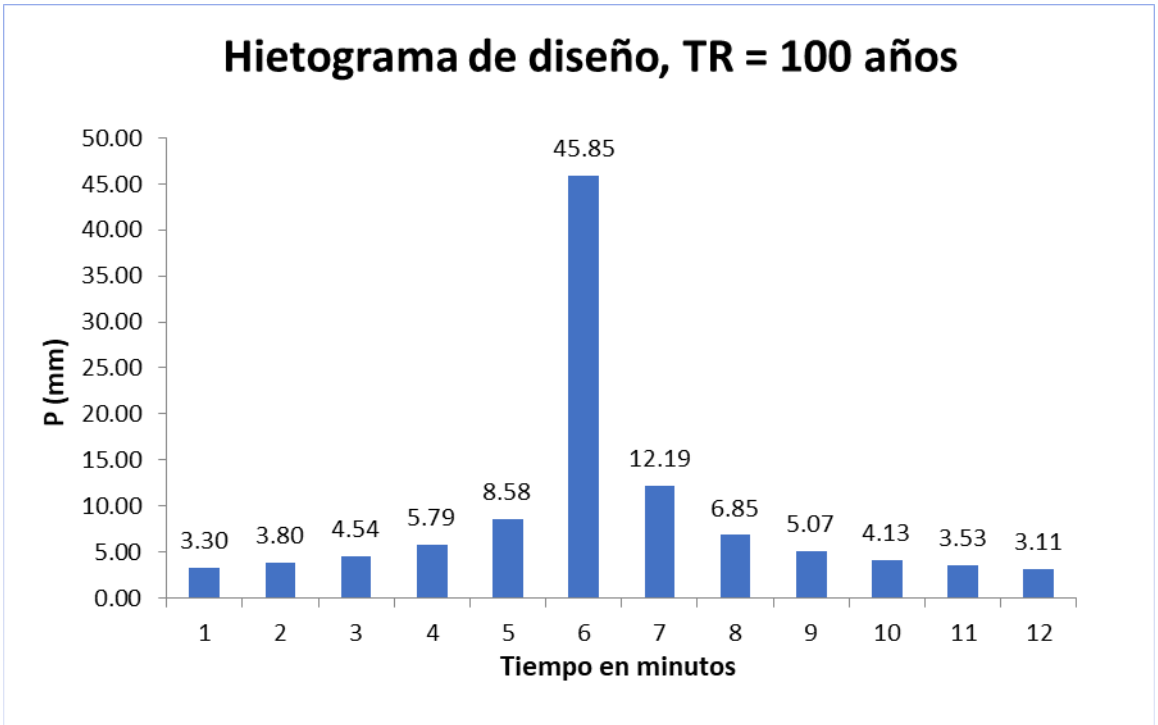


Tabla 39. Cálculo del hietograma de diseño para Tr=100 años por el método de bloque alterno

CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL METODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=100 AÑOS						
Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Intensidad (mm/hora)	P (mm)	ΔP (mm)	ΔT (min)	P (mm)
15	0.25	183.41	45.85	45.85	0 - 15	3.30
30	0.50	116.08	58.04	12.19	15 - 30	3.80
45	0.75	88.82	66.62	8.58	30 - 45	4.54
60	1.00	73.46	73.46	6.85	45 - 60	5.79
75	1.25	63.40	79.25	5.79	60 - 75	8.58
90	1.50	56.21	84.32	5.07	75 - 90	45.85
105	1.75	50.78	88.86	4.54	90 - 105	12.19
120	2.00	46.49	92.99	4.13	105 - 120	6.85
135	2.25	43.02	96.79	3.80	120 - 135	5.07
150	2.50	40.13	100.32	3.53	135 - 150	4.13
165	2.75	37.68	103.62	3.30	150 - 165	3.53
180	3.00	35.58	106.73	3.11	165 - 180	3.11



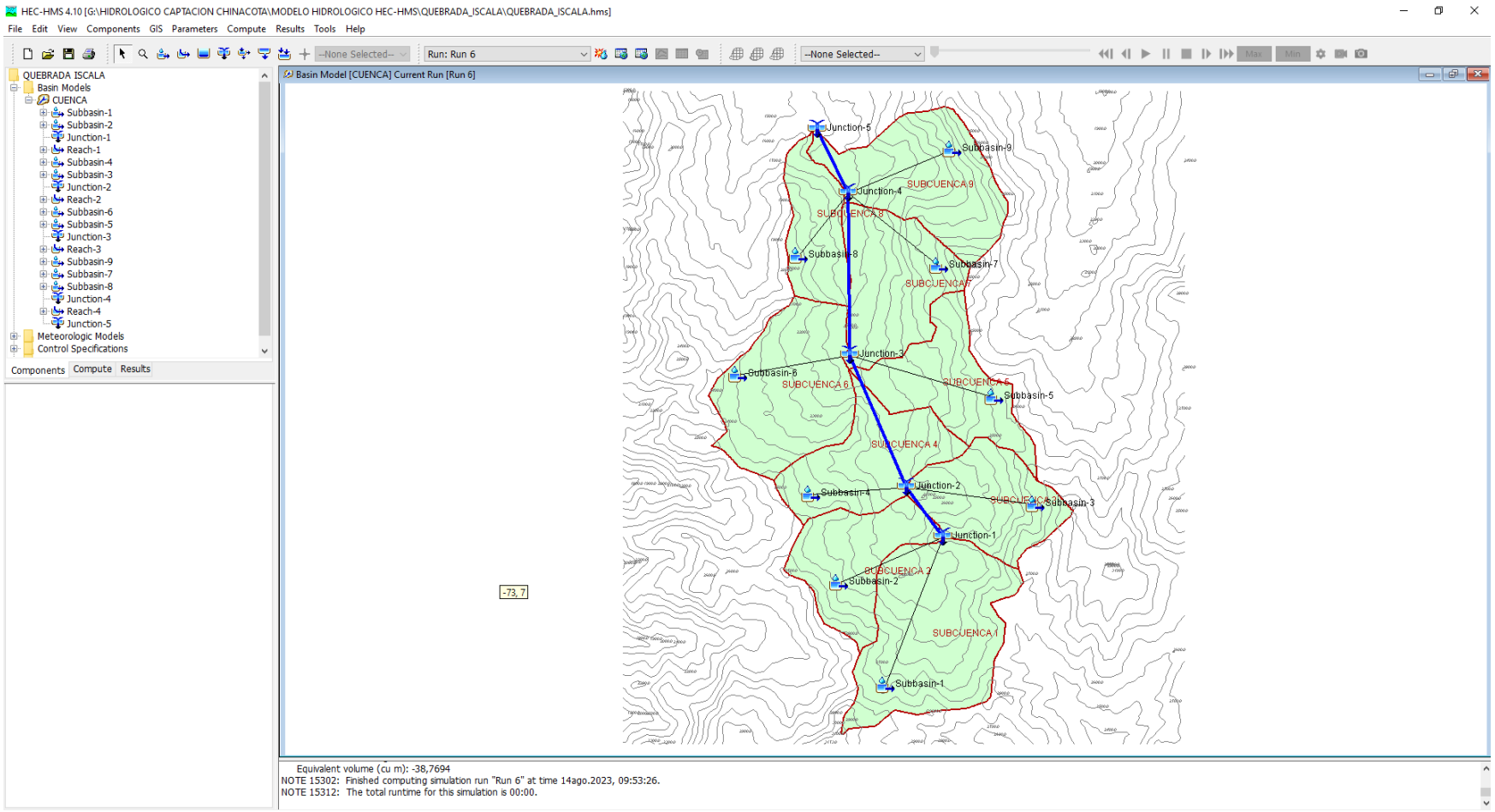


Figura 19. Modelo hidrológico en HEC-HMS 4.6.1

RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

Tabla 40. Caudales obtenidos para los periodos de retorno.

CAUDALES OBTENIDOS QUEBRADA ISCALÁ MUNICIPIO DE CHINÁCOTA, N/S.	
PERIODO DE RETORNO	Q (m3/s)
TR = 2 AÑOS	26.7
TR = 5 AÑOS	41.7
TR = 10 AÑOS	56.7
TR = 25 AÑOS	82.3
TR = 50 AÑOS	106.9
TR = 100 AÑOS	136.9

3.6 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA ZONA EN ESTUDIO.

3.6.1 Procedimiento de cálculo.

El análisis hidráulico se realizó mediante modelación en el Software HEC-RAS 6.0 (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) del cuerpo de ingenieros del ejército de Estados Unidos.

Este software está diseñado para el modelamiento hidráulico de cauces de drenaje naturales y artificiales mediante la solución de la ecuación general de la energía obteniendo las láminas de agua y parámetros hidráulicos de las secciones que se introducen mediante el siguiente procedimiento:

- Entre una sección y otra, se resuelve la ecuación de la energía (Bernoulli) para obtener las alturas de escurrimiento

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^{\,2}}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^{\,2}}{2g} + h_e$$

Dónde:

Y_1, Y_2 = Altura de agua en las secciones transversales 1 y 2

Z_1, Z_2 = Cota de terreno las secciones transversales 1 y 2

V_1, V_2 = velocidades promedio de la sección

α_1, α_2 = coeficientes de ajuste de velocidades

g = aceleración de la gravedad

h_e = pérdida de carga

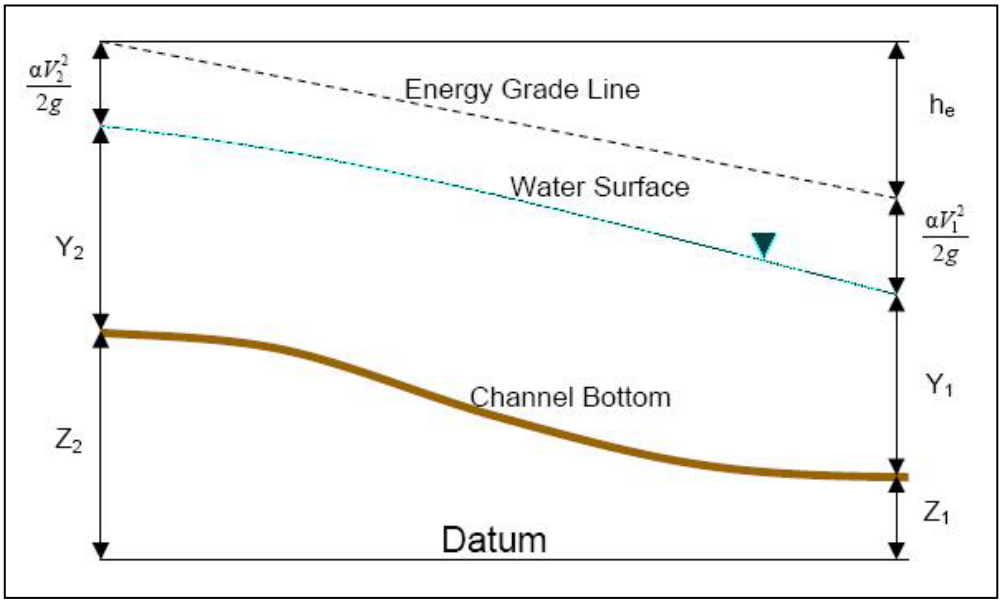


Figura 20. Perfiles de Flujo en el modelo HEC – RAS.

- La pérdida de carga (h_e) es considerada como la suma de la pérdida friccional entre dos secciones y la diferencia entre cargas de velocidad entre secciones ponderadas por un coeficiente de pérdida por contracción o expansión.

$$h_e = L\overline{S}_f + C\left|\frac{\alpha_2 V_2^{\,2}}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^{\,2}}{2g}\right|$$

Dónde:

L = largo representativo del tramo

S_f = pendiente de fricción representativa entre dos secciones

C = coeficiente de pérdida por expansión o contracción

- Dado que el modelo es unidimensional es necesario utilizar sólo una altura de velocidad, este coeficiente compatibiliza las diferencias entre las alturas de velocidad de las distintas subsecciones
- Se define en función de las áreas de flujo y la capacidad de conducción

$$\alpha = \frac{(A_t)^2\left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2}\right]}{(K_t)^3}$$

- Se define la capacidad de conducción de una subsección como el caudal dividido por la raíz de la pérdida de carga, esto se introduce en la ecuación de Manning.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{S_f}}(m^3/s)$$

$$K = \frac{1}{n}AR^{2/3}(m^3/s)$$

Dónde:

K	=	capacidad de transporte de una subdivisión
n	=	coeficiente de Manning de una subdivisión
A	=	área de flujo de una subdivisión
R	=	radio hidráulico de una subdivisión

- La pérdida friccional se evalúa como la ponderación de la pendiente friccional representativa entre dos secciones por la distancia representativa L entre ellas.

$$S_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2$$

$$Pérdida \quad friccional = L \cdot \overline{S}_f$$

3.6.2 Modelación hidráulica.

3.6.2.1 Secciones transversales del cauce

Se modelaron 37 secciones transversales del cauce con el objetivo de cubrir toda la longitud que tiene incidencia en la zona afectada.

La geometría del cauce se obtuvo con el software ArcGIS 10.8 mediante el procesamiento de la topografía suministrada para el estudio.

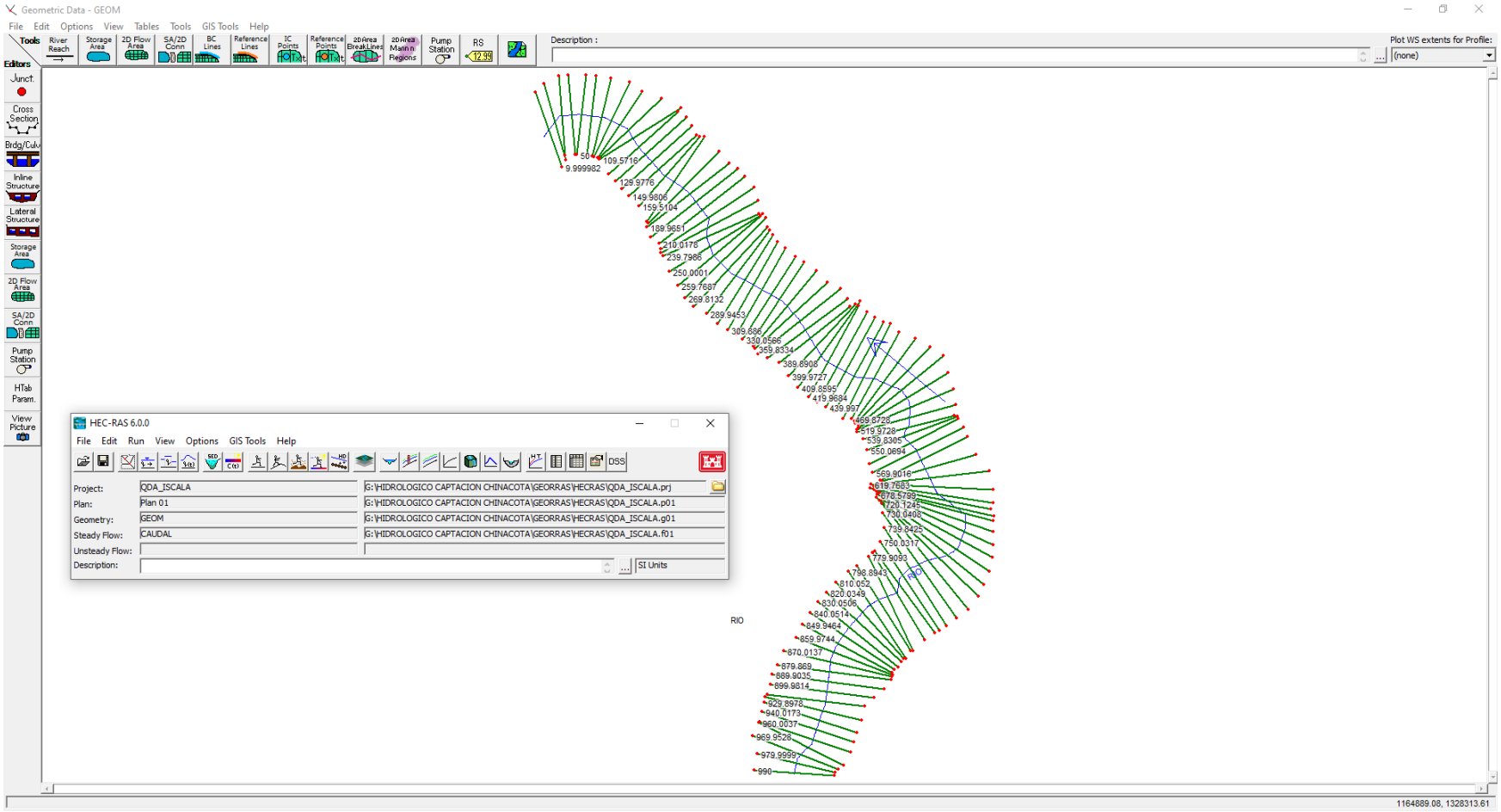


Figura 21. Modelación en el software Hec-RAS 6.0

3.6.2.2 Coeficiente de Manning

El coeficiente n de Manning se calculó por el método de Cowan:

$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)\, m_5$

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	n_5	1.00
	Apreciable		1.15
	Severo		1.30

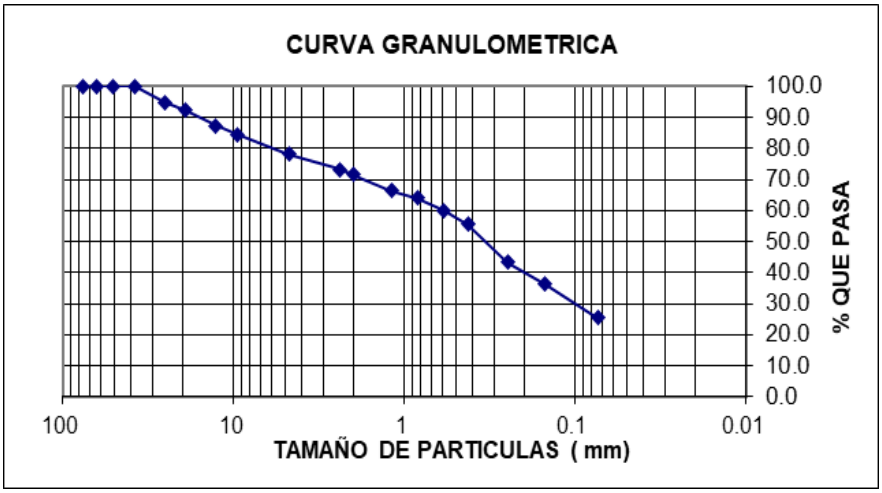


Figura 22. Curva granulométrica del material de arrastre en el fondo de la quebrada Iscalá (Fuente: Estudio geotécnico suministrado).

Tabla 41. Calculo de la N de Manning.

CALCULO N MANNING (MÉTODO DE COWAN)	
n_0 =	0.025
n_1 =	0.010
n_2 =	0.010
n_3 =	0.015
n_4 =	0.015
m_5 =	1.00
n =	**0.075**

3.6.3 Caudales.

El cauce se modeló con los caudales obtenidos en el estudio hidrológico para diferentes periodos de retorno por el método SCS.

Tabla 42. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno.

CAUDALES OBTENIDOS QUEBRADA ISCALÁ MUNICIPIO DE CHINÁCOTA, N/S.	
PERIODO DE RETORNO	Q (m3/s)
TR = 2 AÑOS	26.7
TR = 5 AÑOS	41.7
TR = 10 AÑOS	56.7
TR = 25 AÑOS	82.3
TR = 50 AÑOS	106.9
TR = 100 AÑOS	136.9

3.6.4 Láminas de agua y parámetros hidráulicos

Se obtuvo las láminas de agua y parámetros hidráulicos para las secciones analizadas, los parámetros más significativos son la velocidad de flujo, el número de Froude, el área hidráulica y el ancho superficial; los cuales serán empleados en el cálculo de socavación de la estructura de protección de taludes.

Los resultados se encuentran en el anexo de cálculos hidráulicos.

3.6.5 Socavación general.

Es la generada por el descenso del lecho del rio, ocasionado por aumento en la velocidad y capacidad de arrastre de la corriente cuando se presenta una crecida.

Esta erosión de fondo está directamente ligada al equilibrio presentado entre el aporte de sólidos a la corriente y la capacidad de ésta para transportarlos.

La socavación se obtuvo a partir del método de Líschtvan-Levediev (Maza, 1967), considerando que el arrastre de las partículas de fondo se presentará cuando la velocidad real media de la corriente (Vr) supere la velocidad erosiva (Ve).

Entonces la altura de socavación está dada por la expresión para suelos granulares:

$$Hs = \left[\frac{\alpha H_0^{5/3}}{0.68\, Dm^{0.28} \beta \psi} \right]^{\left(\frac{1}{1+X}\right)}$$

Dónde:

$$\alpha = \frac{Qd}{H_m^{5/3} Be \mu}$$

H_S = Desnivel entre la superficie del agua, al pasar la avenida y el fondo erosionado.

Ho = Desnivel entre la superficie del agua, al pasar la avenida, y el nivel del fondo original (medido antes de la avenida).

H_S, Ho = Se miden en cada sección vertical donde se desea hacer el cálculo.

H_m = Tirante medio medido entre la superficie del agua al pasar la avenida y el fondo original. Se obtiene de dividir el área hidráulica entre el ancho de la superficie libre *Be*.

Be = Ancho libre de la superficie al presentarse la avenida

Qd = Gasto del diseño

Dm = Diámetro medio; si el material del fondo es friccionante.

γ_s = Peso volumétrico seco; si el material es cohesivo.

x = Exponente en función de Dm o γ_S según el tipo de material del fondo.

ψ = Coeficiente que depende de la concentración del material transportado en suspensión.

β = Coeficiente, depende del período de retorno del gasto de diseño.

μ = Coeficiente que depende de la contracción del cauce.

3. 6.5.1. Cálculo del diámetro medio de las partículas del lecho del rio.

El diámetro medio de las partículas se calculó con la granulometría del material de arrastre del fondo del rio mediante la siguiente expresión.

$Dm = 0.01 \sum di*pi$

Tabla 43. Calculo del diámetro medio de las partículas.

Calculo del diametro medio de las particulas			
Tamiz Nº	Diametro de particula di (mm)	Porcentaje retenido Pi	di*Pi
10	254.00	0.00	0.00
7	177.80	0.00	0.00
5	127.00	0.00	0.00
3	76.20	0.00	0.00
2 1/2	63.50	0.00	0.00
2	50.80	0.00	0.00
1 1/2	38.10	0.00	0.00
1	25.40	5.20	132.08
3/4	19.05	2.56	48.77
1/2	12.70	4.99	63.37
3/8	9.53	2.78	47.53
4	4.75	6.45	13.21
8	2.36	4.85	15.22
10	2	1.65	9.70
16	1.18	5.05	1.95
20	0.85	2.40	4.29
30	0.6	4.09	1.44
40	0.425	4.49	0.70
60	0.250	12.08	1.12
100	0.149	7.18	1.80
200	0.075	10.80	0.54
fondo	0.030	25.43	0.76
		∑ =	**342.48**
Dm =	**3.42**	**mm**	

3.6.5.2 Aumento de la socavación por efecto de las curvas.

El aumento de la socavación por efecto de las curvas se calculó con la ecuación de Maza y García.

Ys (Tramo Curvo) = kYs(Tramo Recto)

Donde k depende del radio de curvatura y del ancho del cauce W.

Maza y García presentaron los siguientes valores de k que dependen del radio de curvatura y el ancho del cauce.

Tabla 44. Valores de coeficiente k para el cálculo del aumento de la socavación en curvas.

W/*r*	Coeficiente *k*
0.5	3.0
0.33	2.57
0.25	2.20
0.20	1.84
0.16	1.48
0	1.27

3.5.5.3 Cálculo de la socavación total

Tabla 45. Calculo de la socavación total para los periodos de retorno

Abscisa	TR (años)	Q (m^3/s)	Ancho superficial Be (m)	Tirante medio Hm (m)	P (%)	β	α	Tirante inicial Ho (m)	Tirante final Hs (m)	Sg (m)	r (m)	w/r	K	Sg (Curva) (m)
K 0+500.0	2.0	26.70	12.75	0.76	2.00%	1.17	3.30	1.12	1.95	0.83	90.00	0.14	1.60	1.32
K 0+500.0	5.0	41.70	13.65	0.98	2.00%	1.17	3.14	1.40	2.47	1.07	90.00	0.15	1.50	1.60
K 0+500.0	10.0	56.70	14.54	1.17	2.00%	1.17	3.02	1.65	2.93	1.28	90.00	0.16	1.48	1.89
K 0+500.0	25.0	82.30	21.56	1.14	2.00%	1.17	3.08	2.06	3.89	1.83	90.00	0.24	2.18	3.99
K 0+500.0	50.0	106.90	27.28	1.16	2.00%	1.17	3.08	2.35	4.56	2.21	90.00	0.30	2.40	5.31
K 0+500.0	100.0	136.90	31.23	1.18	2.00%	1.17	3.35	2.52	5.28	2.76	90.00	0.35	2.60	7.18

Aunque el calculo de la socavación presenta valores altos según el estudio de suelos a una profundidad variable entre 1.50m y 3.00m se encuentra una capa de lecho rocoso, por lo cual loa socavación se limita a la profundidad del primer estrato de suelo correspondiente al material de arrastre de la quebrada Iscalá.

3.6 AMENAZA POR INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIALES

3.6.1 Amenaza por inundación.

La amenaza por inundación se determinó con la altura de lámina de agua obtenida de la modelación en HEC-RAS para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, se obtuvo un plano del sitio demarcando el nivel de inundación que puede alcanzar el rio.

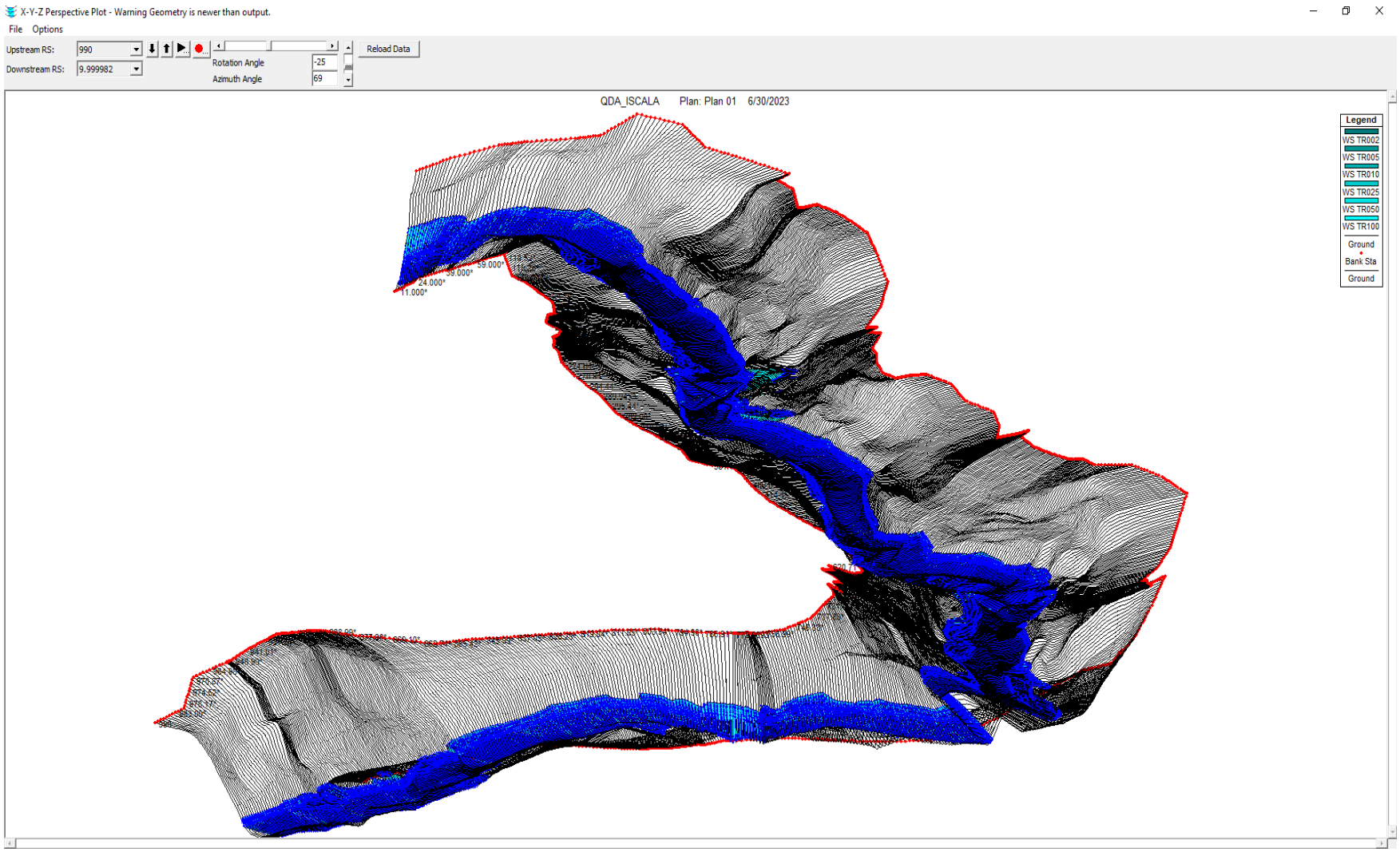
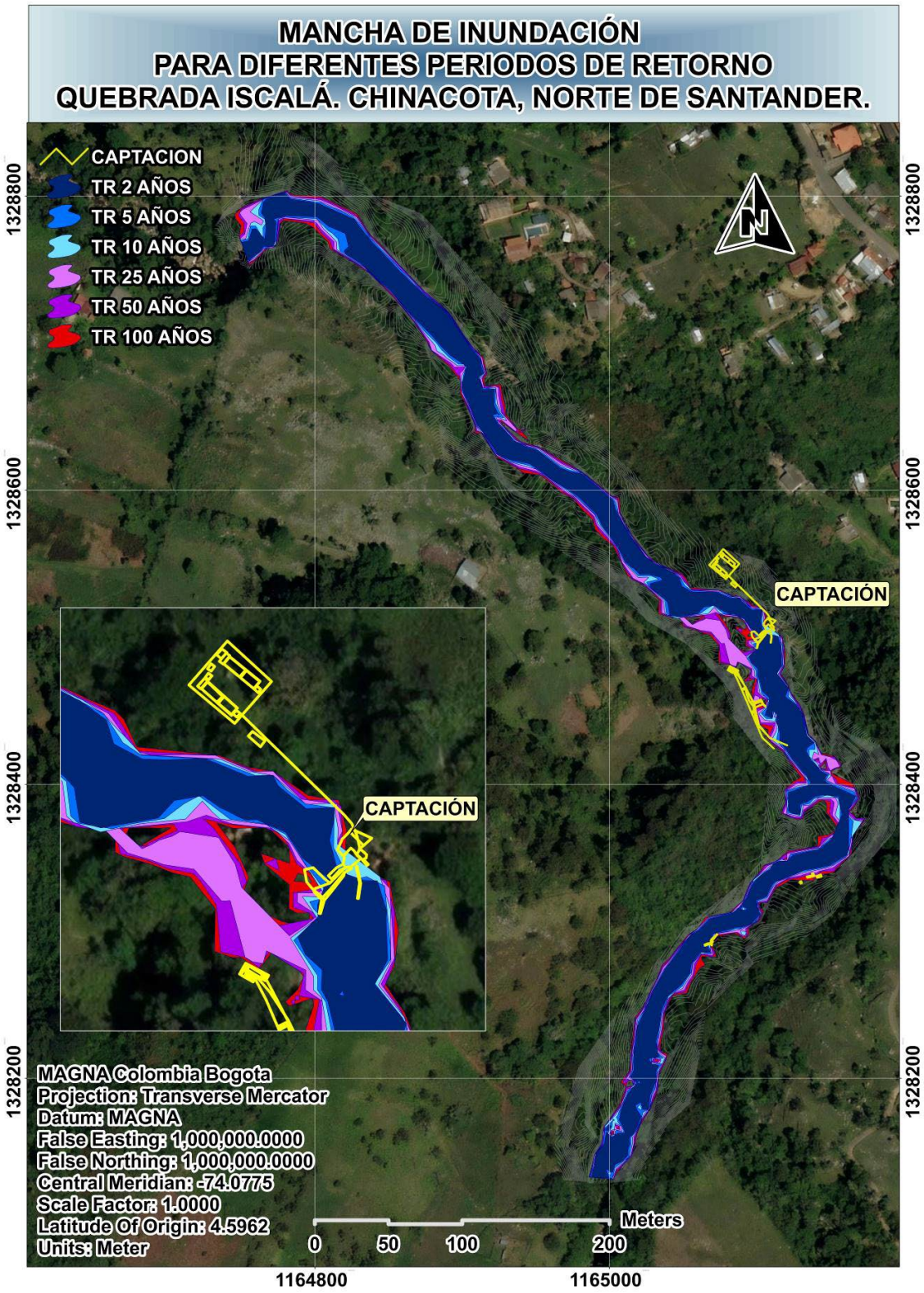


Figura 23.Modelo hidráulico en HEC-RAS 6.0 para los periodos de retorno.


MANCHA DE INUNDACIÓN
PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO
QUEBRADA ISCALÁ. CHINACOTA, NORTE DE SANTANDER.
CAPTACION
TR 2 AÑOS
TR 5 AÑOS
TR 10 AÑOS
TR 25 AÑOS
TR 50 AÑOS
TR 100 AÑOS
CAPTACIÓN
CAPTACIÓN
1328800
1328600
1328400
1328200
MAGNA Colombia Bogota
Projection: Transverse Mercator
Datum: MAGNA
False Easting: 1,000,000.0000
False Northing: 1,000,000.0000
Central Meridian: -74.0775
Scale Factor: 1.0000
Latitude Of Origin: 4.5962
Units: Meter
0
50
100
200
Meters
1164800
1165000

CONCLUSIONES

- Para realizar el análisis de precipitaciones de la zona se emplearon los datos de las estaciones meteorológicas: BOCATOMA RIO ZULIA 16020140, SARDINATA 16035030, CORNEJO 16020190, GRAMALOTE 16020010, LOURDES 16030080, SANTIAGO CAIMITO 16020030, del IDEAM ubicadas en zonas cercanas al sitio en estudio, esto hace que los datos de estas estaciones ofrezcan la suficiente confianza.

- Se delimito la cuenca hidrográfica perteneciente a la quebrada Iscalá tomando como sumidero el sitio objeto del estudio y se obtuvieron parámetros morfométricos necesarios para el cálculo de los caudales en los periodos de retorno seleccionados. El análisis morfométrico se hizo con el software ArcGIS 10.8.

- Se obtuvo el caudal para los periodos de retorno con el software HEC-HMS 4.6.1.

- Se modelo en el software HEC-RAS 5.0.7 la topografía de la quebrada suministrada, obteniéndose las láminas de agua en el sitio objeto del estudio para cada periodo de retorno.

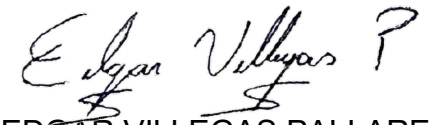
- No se presenta desbordamiento del cauce, la amenaza por inundación es baja, el riesgo existente por este concepto para las edificaciones e infraestructura cercana es bajo.

- La profundidad de socavación promedio es de 2.00m, teniendo en cuenta que el primer estrato de suelo corresponde a material de arrastre de la quebrada con profundidad variable entre 1.50m y 3.00m sobre un estrato rocoso.

- Mediante el uso de imágenes satelitales se obtuvieron los usos del suelo en la cuenca hidrográfica, esto mediante el procesamiento de las imágenes en el software ArcGIS 10.8

- Se calculo la curva de duración de caudales de la quebrada Campo Alicia y se determino el caudal del 95% del tiempo como caudal de la quebrada Iscalá en la captación del acueducto del municipio de Chinacota.

Atentamente,



EDGAR VILLEGAS PALLARES

Ingeniero Civil
Especialista en Estructuras
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental

BIBLIOGRAFÍA

MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 2009

HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ. Hidráulica Fluvial Fundamentos y Aplicaciones Socavación. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2017.