

**MODELAMIENTO DE ZONAS DE INUNDACIÓN POR MEDIO DE LAS
HERRAMIENTAS HEC-RAS, GEO-RAS Y ARCGIS, PARA EL SECTOR
COMPRENDIDO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE CORRALES- PAZ DE RIO A LO
LARGO DEL RIO CHICAMOCHA, EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

PRESENTADO POR:

WILFREDY MORA MARIÑO

RENE GILBERTO OCHOA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLOGICA

SECCIONAL SOGAMOSO

2016

**MODELAMIENTO DE ZONAS DE INUNDACIÓN POR MEDIO DE LAS
HERRAMIENTAS HEC-RAS, GEO-RAS Y ARCGIS, PARA EL SECTOR
COMPRENDIDO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE CORRALES- PAZ DE RIO A LO
LARGO DEL RIO CHICAMOCHA, EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

PRESENTADO POR:

WILFREDY MORA MARIÑO

RENE GILBERTO OCHOA

Trabajo de grado para optar al título de ingenieros geólogos

DIRECTOR:

ESP. HERMAN HERRERA SALAMANCA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLOGICA

SECCIONAL SOGAMOSO

2016

TABLA DE CONTENIDO

pág.

Contenido

1	INTRODUCCION	11
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
3	FORMULACION DEL PROBLEMA	13
4	OBJETIVOS.....	14
4.1	OBJETIVO GENERAL	14
4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
5	LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL PROYECTO	15
6	ALCANCE.....	16
7	LIMITACIONES	17
8	JUSTIFICACION.....	18
8.1	JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	18
8.2	JUSTIFICACIÓN TÉCNICO-CIENTÍFICA.....	18
9	MARCO DE REFERENCIA	19
9.1	CRITERIOS DE DISEÑO HIDROLÓGICO	19
9.2	ESTUDIO HIDROLÓGICO	19
9.3	MODELO HEC-RAS	21
10	METODOLOGIA.....	22
11	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	23
12	MAPAS TEMATICOS.....	24
12.1	GEOLOGIA	24
12.1.1	FORMACIÓN FLORESTA (DF).....	24
12.1.2	FORMACIÓN CUCHE (CC).....	25
12.1.3	FORMACIÓN GIRÓN (JG)	25
12.1.4	FORMACIÓN TIBASOSA (KIT)	26
12.1.5	CONJUNTO INFERIOR (KIT1)	26
12.1.6	CONJUNTO SUPERIOR (KIT2).....	27
12.1.7	FORMACIÓN UNE (KIU)	27
12.1.8	FORMACIÓN CHIPAQUE (KSC)	27
12.1.9	FORMACIÓN LA LUNA (KSL)	28
12.1.10	FORMACIÓN PLAENERS (KSGP).....	29
12.1.11	FORMACIONES LABOR Y LOS PINOS (KSGPI).....	29

12.1.12 FORMACIÓN ARENISCA TIERNA (KSGT).....	29
12.1.13 FORMACIÓN GUADUAS (KPGG).....	29
12.1.14 FORMACIÓN ARENISCAS DE SOCHA (PGARS).....	30
12.1.15 FORMACIÓN ARCILLAS DE SOCHA (PGAS).....	31
12.1.16 FORMACIÓN PICACHO (PGP).....	32
12.1.17 FORMACIÓN CONCENTRACIÓN (PGC).....	33
12.1.18 DEPÓSITOS CUATERNARIOS.....	34
12.1.19 GLACIARES (QM).....	34
12.1.20 COLUVIALES (QC).....	34
12.1.21 ALUVIALES (QAL).....	35
13 GEOMORFOLOGÍA.....	36
13.1 DESLIZAMIENTOS EN CUÑA.....	39
13.2 TERRAZA ALUVIAL.....	39
13.3 COLINA RESIDUAL.....	42
13.4 GLASIS DE ACUMULACIÓN.....	42
13.5 GLASIS DE EROSIÓN.....	42
13.6 CIMA.....	42
13.7 LOMA DENUDADA.....	42
13.8 LOMA RESIDUAL.....	43
13.9 SIERRA RESIDUAL.....	43
13.10 PLANICIE COLINADA DENUDADA.....	43
13.11 PLANO O LLANURA DE INUNDACIÓN.....	43
13.12 TERRAZA DE ACUMULACIÓN.....	44
13.13 SIERRA ANTICLINAL.....	44
13.14 VALLE COLUVIO -ALUVIAL.....	44
13.15 SIERRA DE BARRERAS ESTRUCTURALES.....	44
13.16 PLANO ALUVIAL CONFINADO.....	45
13.17 PLANO O LLANURA DE INUNDACIÓN.....	45
13.18 LADERA ESTRUCTURAL.....	45
13.19 LADERA: EROSIONADA.....	45
13.20 MISCELÁNEO EROSIONADO.....	46
13.21 CONCLUSIONES DE LA GEOMORFOLOGIA.....	46
14 GENERACION DE MAPAS DE PENDIENTES.....	48
14.2. ANALISIS DE RESULTADOS.....	50
15 GENERACION DE MAPAS DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL.....	51
15.2 ANALISIS DE RESULTADOS.....	53
16 CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CUENCA DEL CHICAMOCHA.....	54
16.1 MORFOLOGÍA DE LA CUENCA DEL CHICAMOCHA.....	55
17 METODO DE GUMBEL.....	62
17.1 INTERVALO DE CONFIANZA.....	65

18	ESTUDIO HIDROLOGOGICO	66
18.1	PRECIPITACIÓN ANUAL	66
18.2	METODO DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN TASCO	68
18.3	PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACIÓN BETEITIVA PARA 22 AÑOS.....	69
18.4	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN BETEITIVA	69
18.5	METODO DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN BETEITIVA	70
18.6	PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACIÓN GAMEZA PARA 30 AÑOS.....	71
18.7	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN GAMEZA	72
18.8	METODO DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN GAMEZA	73
18.9	PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACIÓN BELENCITO PARA 30 AÑOS	74
18.10	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN BELENCITO	72
18.11	METODO DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN BELENCITO	75
18.12	PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACIÓN MONGUA PARA 30 AÑOS.....	76
18.13	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN BELENCITO	77
18.14	METODO DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN DE MONGUA.....	78
19	TEMPERATURA	79
20	HUMEDAD RELATIVA.....	81
21	BRILLO SOLAR	83
22	EVAPORACIÓN (MM).....	85
23	GENERACIÓN DE ISOYETAS.....	87
23.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS ISOYETAS	88
24	GENERACIÓN DE CURVAS DE INTENSIDAD, DURACION Y FRECUENCIA PARA CADA UNA DE LAS ESTACIONES.	93
25	LAS INUNDACIONES.....	98
25.1	INUNDACIONES DINÁMICAS O RÁPIDAS:	98
25.2	INUNDACIONES ESTÁTICAS O LENTAS:	98
25.3	INUNDACIONES PLUVIALES:	98
25.4	INUNDACIONES FLUVIALES:	99
25.5	INUNDACIONES POR OPERACIONES INCORRECTAS DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA O ROTURA:	99
26	LICNIMETRIA DEL RIO CHICAMOCHA.....	100
27	MODELAMIENTO PARA ESTIMACIÓN DE INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES EN HEC-GEORAS Y HECRAS	104
27.1	DESCRIPCIÓN DEL MODELO	104
27.2	FASE 1.....	105
27.3	FASE 2.....	107
27.3.1	<i>Nuevo proyecto.....</i>	<i>107</i>
27.3.2	<i>INGRESO DE LOS DATOS GEOMETRICOS.....</i>	<i>108</i>
27.3.3	<i>PERPECTIVA X-Y-Z RIO CHICAMOCHA</i>	<i>108</i>

27.3.4	<i>CAPTURA DE DATOS DE CAUDAL Y CONDICIONES DE FRONTERA</i>	109
27.3.5	<i>DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS</i>	110
27.4	FASE 3.....	110
27.4.1	<i>VISUALIZACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</i>	110
27.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS INUNDACIÓN 20AÑOS Y 5 AÑOS	111
27.6	ANÁLISIS DE RESULTADOS INUNDACIÓN 20AÑOS Y 5 AÑOS	112
28	CONCLUSIONES	129
29	ANEXOS	133

LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1.UBICACIÓN ZONA DE ESTUDIO	15
FIGURA 2.METODOLOGIA DEL PROYECTO	22
FIGURA 3. IMAGEN PLANCHAS TOPOGRAFICA 1:25000 ZONA DE ESTUDIO	23
FIGURA 4.IMAGEN MAPA DE GEOLOGIA	24
FIGURA 5.IMAGEN MAPA GEOMORFOLOGICO	36
FIGURA 6.METOLOGIA PARA GENERACIÓN DE PENDIENTES	48
FIGURA 7.IMAGEN DE PENDIENTES	49
FIGURA 8.PORCENTAJE DE AREA ESTABLECIDO PARA LAS PENDIENTES	49
FIGURA 9.METODOLOGÍA USO Y COBERTURA VEGETAL.....	51
FIGURA 10.IMAGEN DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL	52
FIGURA 11 IMAGEN DE DELIMITACION CUENCA CHICAMOCHA	54
FIGURA 12.METODOLOGÍA DE LA PENDIENTE MEDIA	57
FIGURA 13.IMAGEN MAPA DE PENDIENTE MEDIA.....	58
FIGURA 14.METODOLOGÍA ORDEN DE LOS RÍOS	59
FIGURA 15. IMAG (calculo 2014)EN ORDEN DE LA CUENCA SEGÚN STRAHLER	60
FIGURA 16.METODOLOGÍA PARA EL MÉTODO DE GUMBEL	62
FIGURA 17.PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACION TASCO.....	66
FIGURA 18.PRECIPITACIÓN MEDIA MESUAL DE LA ESTACION TASCO	67
FIGURA 19.PRECIPITACIÓN MAXIMA 24 HORAS Y MINIMA 24 HORAS EN LA ESTACIÓN TASCO	69
FIGURA 20.PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACIÓN BETEITIVA	70
FIGURA 21.PRECIPITACIÓN MEDIA MESUAL DE LA ESTACIÓN BETEITIVA.....	70
FIGURA 22.PRECIPITACIÓN MAXIMA 24 HORAS Y MINIMA 24 HORAS EN LA ESTACIÓN BETEITIVA.....	71
FIGURA 23.PRECIPITACION ANUAL ESTACION GAMEZA	71
FIGURA 24.PRECIPITACIÓN MEDIA MESUAL DE LA ESTACIÓN GAMEZA	72
FIGURA 25.PRECIPITACIÓN MAXIMA 24 HORAS Y MINIMA 24 HORAS EN LA ESTACIÓN GAMEZA.....	72
Figura 26.FIGURA 11.PRECIPITACION ANUAL ESTACION BELENCITO	74
FIGURA 28.PRECIPITACIÓN MAXIMA 24 HORAS Y MINIMA 24 HORAS EN LA ESTACIÓN BELENCITO	74
FIGURA 29.PRECIPITACION ANUAL ESTACIÓN MONGUA.....	76
FIGURA 30.PRECIPITACIÓN MEDIA MESUAL DE LA ESTACIÓN MONGUA	76
FIGURA 31.PRECIPITACIÓN MAXIMA 24 HORAS Y MINIMA 24 HORAS EN LA ESTACIÓN MONGUA	76
FIGURA 32.TEMPERATURA MEDIA MENSUAL PARA LA ESTACION BELENCITO	78
FIGURA 33. VALORES MINIMOS, MEDIOS Y MAXIMOS DE TEMPERATURA EN LA ESTACIÓN BELENCITO	78
FIGURA 34. HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL PARA LA ESTACION BELENCITO.....	80
FIGURA 35.VALORES MINIMOS, MEDIOS Y MAXIMOS DE HUMEDAD RELATIVA EN LA ESTACIÓN BELENCITO	80

FIGURA 37.VALORES MINIMOS, MEDIOS Y MAXIMOS DE BRILLO SOLAR EN LA ESTACIÓN BELENCITO	82
FIGURA 38. EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL PARA LA ESTACION BELENCITO.....	82
FIGURA 39.VALORES MINIMOS, MEDIOS Y MAXIMOS DE EVAPORACIÓN DE LA ESTACIÓN BELENCITO	84
FIGURA 40.METODOLOGIA PARA LA GENERACIÓN DE ISOYETAS	87
FIGURA 41.IMAGEN MAPA DE ISOYETAS T=5 AÑOS	88
FIGURA 42.IMAGEN MAPA DE ISOYETAS T=10 AÑOS	89
FIGURA 43.IMAGEN MAPA DE ISOYETAS T=20 AÑOS	90
FIGURA 44.IMAGEN MAPA DE ISOYETAS T=50 AÑOS	91
FIGURA 45.IMAGEN MAPA DE ISOYETAS T=100 AÑOS	92
FIGURA 46.CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA ESTACION TASCO	94
FIGURA 47.CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA ESTACION GAMEZA.....	95
Figura 48.CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA ESTACION BETEITIVA	96
Figura 49.CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA ESTACION MONGUA	97
Figura 50.CAUDALES MÁXIMOS MEDIOS ESTACIÓN PUENTE COLORADO	99
FIGURA 52.CAUDALES MÁXIMOS MEDIOS ESTACIÓN PUENTE CHAMEZA	100
FIGURA 53.CAUDALES MÁXIMOS ANUALES ESTACIÓN PUENTE CHAMEZA	100
FIGURA 54.CAUDALES MÁXIMOS MEDIOS ESTACIÓN PAZ DE RIO	101
FIGURA 55.CAUDALES MÁXIMOS ANUALES ESTACIÓN PAZ DE RIO	101
FIGURA 56.METODOLOGIA SIMULACIÓN	105
FIGURA 57.MENU DE INICIO DEL PROYECTO "chicamocha	107
FIGURA 58.GEOMETRIA DEL RIO CHICAMOCHA	108
FIGURA 59.SECCION TRANSVERSAL DEL RIO CHICAMOCH.....	109
FIGURA 60.CALCULO DE LOS DATOS EN HECRAS	110
FIGURA 61.IMAGEN MAPA DE INUNDACIÓN 5 Y 20 AÑOS	111
FIGURA 62.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN 20 Y 5 AÑOS	111
FIGURA 63.VISUALIZACION DE LA INUNDACION A 5 AÑOS.....	111
FIGURA 64. IMAGEN MAPA DE INUNDACIÓN 50 AÑOS	112
FIGURA 65.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN 50 Y 100 AÑOS	112
FIGURA 66.VISUALIZACION DE LA INUNDACION A 50 AÑOS.....	117

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	pág.
FOTO 1 FORMACION GUADAS COORDENADAS (LOCALIZACION E 1148385, N 1140753).....	30
FOTO 2 FORMACION ARENICAS DEL SOCHA COORDENADAS (LOCALIZACION E 1143945, N 1148543).....	31
FOTO 3 FORMACION ARCILLAS DEL SOCHA COORDENADAS (LOCALIZACION E 1150580, N 1138911).....	32
FOTO 4 FORMACION PICACHO COORDENADAS (LOCALIZACION E 1139827, N 1145787)	33
FOTO 5 FORMACION CONCENTRACION (LOCALIZACION E 1145868, N 1149264)	34
FOTO 6. CUATERNARIO COLUVIALES COORDENADAS (LOCALIZACION E 1142146, N 1138739) ...	35
FOTO 7. LADO IZQUIERDO SUPERIOR SE OBSERVAN LAS ARCILLAS DEL SOCHA Y ESCARPES FORMADOS POR LA FORMACIÓN PICACHO Y LA PARTE INFERIOR VEMOS EXPLOTACIONES DE CARBÓN UBICADAS EN LA FORMACIÓN GUADUAS COORDENADAS (E 1142488, N 1147921)	38
FOTO 8. DEZLIZAMIENTO EN CUÑA COORDENADAS (E 1137315, N 1136131)	39
FOTO 9. CUATERNARIO ALUVIAL COORDENADAS (E 1137773, N 1134127)	40
FOTO 10. ESCARPE DE LA FORMACION PICACHO COORDENADAS (E 1145744, N 1140104)	41
FOTO 11. LADERA DE EROSION COORDENADAS (E 11151286, N 1137884)	47

LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA 1.RANGOS DE PENDIENTE PARA SUCEPTIBILIDAD SEGÚN FAO.....	48
TABLA 2.CLASIFICACION DE CUENCAS EN BASE A SU ÁREA SEGÚN CAMPOS	55
TABLA 3.CLASIFICACION DE KC SEGUN FAO	56
TABLA 4.ESTADISTICAS ZONALES DE LA PENDIENTE EN LA CUENCA DE ESTUDIO.....	57
TABLA 5.ORDEN DE LOS RIOS.....	60
Tabla 6.VARIABLES PARA FORMULA DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN TASCO	68
Tabla 7.VARIABLES PARA FORMULA DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN BETEITIVA.....	71
Tabla 8.VARIABLES PARA FORMULA DE GUMBEL ESTACIÓN GAMEZA	73
Tabla 9.VARIABLES PARA FORMULA DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN BELENCITO.	76
Tabla 10.VARIABLES PARA FORMULA DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN MONGUA	78
Tabla 11.PERIODOS DE RETORNO PARA GENERAR ISOYETAS	87
Tabla 12.DATOS DE DURACION ESTACION TASCO	93
Tabla 13.DATOS DE DURACION ESTACION GAMEZA.....	94
Tabla 14.DATOS DE DURACION ESTACION BETEITIVA.....	95
Tabla 15.DATOS DE DURACION ESTACION MONGUA	96
TABLA 16.TABLA DE RUGOSIDAD PARA HEC-RAS.....	106

INTRODUCCION

Los fenómenos climáticos son un factor principal en la modelación y continua transformación de la superficie terrestre, estos dependiendo de cada región afectan de manera diferente y traen consecuencias nefastas en el desarrollo de una localidad según su intensidad y duración. Las inundaciones son unos de los riesgos naturales que producen mayor número de pérdidas tanto humanas como materiales. Este estudio, se focaliza precisamente sobre el fenómeno de las inundaciones, el cual ha sido recurrente, debido a altas precipitaciones como factor detonante.

El recurso hídrico, es esencial para todos los seres vivos y su dinámica se convierte en una fuerza importante que nos ofrece constantemente grandes beneficios, aunque existen momentos y sitios en los cuales se pueden generar inundaciones con impactos adversos que traen como consecuencias pérdidas económicas, ambientales y sociales en las poblaciones ubicadas próximas a los ríos.

El sector de los municipios de Corrales y Paz del Rio, en el río Chicamocha, Departamento de Boyacá, ha sido afectado periódicamente por inundaciones, por lo que se hace necesario contar con información que satisfaga la necesidad de dar predicciones del riesgo asociado a esta amenaza hidrológica.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de muchos de los planes y esquemas de ordenamiento territorial (POT), no se cuenta actualmente con información relevante que permita hacer el debido seguimiento a sucesos naturales adversos tales como los incrementos de niveles y caudales de los afluentes hídricos de 3 y 4 orden, según la clasificación hídrica de Strahler¹, para cada una de las diferentes épocas del año. Para ello se propone la implementación de herramientas de modelación hidrológica que permitirá la toma de decisiones en la ordenación del territorio y planificación del mismo y especialmente en la gestión del riesgo.

Desde épocas inmemorables hasta hoy en día, el 77% de los desastres y afectaciones a la población mundial han estado relacionados con fenómenos hidrometeorológicos². Las inundaciones representan uno de los mayores peligros naturales para el desarrollo sostenible y Colombia por su riqueza hídrica es un país altamente propenso a los desastres, donde las inundaciones son uno de los eventos más frecuentemente registrados. En Boyacá existen muchas zonas altamente propensas a verse afectadas a la inundación como es el caso del municipio de Paz del Río y Corrales debido al desbordamiento del río Chicamocha por lo que se hace necesario, la elaboración de un modelo de inundación en tiempo real, acorde a la dinámica hídrica y cambios de caudal, centrado en la necesidad de la predicción del riesgo, asociada a la amenaza hidrológica y así constituir un documento base para la planeación urbana de estos municipios (y alrededor del cual debe hacerse), de manera organizada y con criterios técnicos para generar (se) una distribución de los futuros asentamientos urbanos, garantizando condiciones seguras de vida para las generaciones venideras.

¹number, Strahler. «Strahler Analysis .» *fiji.sc/Strahler_Analysis*. 2012.

² Aristizabal Murillo, Mauricio Gómez. «Modelos hidrológicos e hidráulicos de zonificación de la amenaza por inundación en la Dorada Caldas.» 2012.

2 FORMULACION DEL PROBLEMA

Los municipios de Paz de Río y Corrales dadas las complejidades geológicas, tectónicas y topográficas de la región donde se asientan , influenciados por los agentes atmosféricos, se han visto afectados en diferentes ocasiones por desbordamientos de los ríos que han cobrado vidas humanas y causado pérdidas económicas; una de las catástrofes más fuertes que ha sufrido estos municipios en los últimos años se presentó en abril del 2012, con el desbordamiento de los ríos Soapaga y Chicamocha, producto de la ola invernal que golpeó gran parte del territorio nacional.

Por lo tanto se hace necesario realizar un estudio en relación con las inundaciones, para ayudar a prever este tipo de fenómenos, en zonas donde el riesgo al que está expuesta la comunidad es latente³.

³ boyaca, excelsio periodico virtual. *excelsio*. 22 de abril de 2012.
<http://www.excelsio.net/2012/04/inundaciones-no-cesan-en-boyaca.html>.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un modelamiento de zonas de inundación por medio de las herramientas Hec-ras, Geo-ras y ArcGis, para en el sector comprendido entre los municipios de Corrales- Paz de Rio a lo largo del rio Chicamocha, en el departamento de Boyacá.

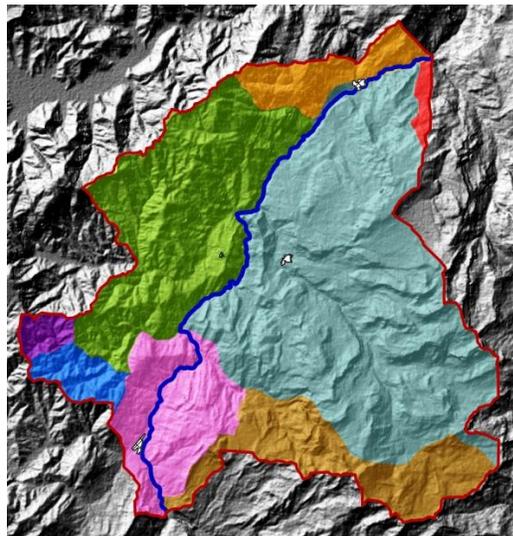
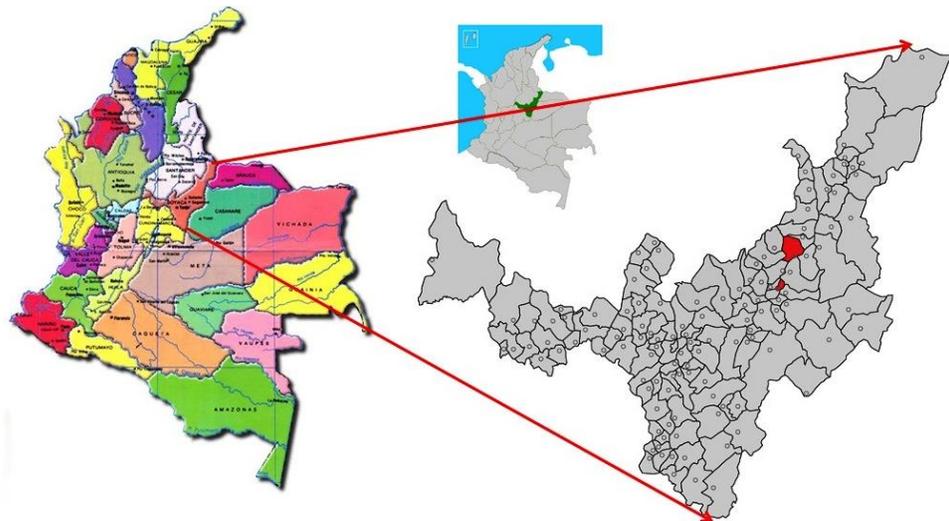
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar, analizar y validar información secundaria de la zona, estableciendo un registro histórico de la evolución del fenómeno de las inundaciones.
- Realizar un estudio hidrológico
- Realizar trabajo de campo para identificar los puntos donde se generan las mayores inundaciones, con el fin de identificar y delimitar las zonas que sean foco de riesgo dentro del sector.
- Procesar la información primaria y secundaria en plataforma SIG, y generar mapa de huella de inundación.
- Establecer las recomendaciones, alternativas de medidas y obras; para la reducción del riesgo, en sectores críticos por inundaciones, en el área de estudio.

4 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

El área de estudio se encuentra localizada en Colombia, en el departamento de Boyacá entre los municipios de Paz de Rio, Tasco y Corrales en las coordenadas (ESTES =1135000,1150000; NORTES=1135000, 1150000), con una superficie de 300 Km², en el cañón del Chicamocha.

FIGURA 1.UBICACIÓN ZONA DE ESTUDIO



FUENTE: [HTTP://COLOMBIASINPALABRAS.BLOGSPOT.COM](http://COLOMBIASINPALABRAS.BLOGSPOT.COM), EOT MUNICIPIO DE CORRALES; 2015

5 ALCANCE

El presente estudio hará un análisis hidrometeorológico, usando herramientas de modelamiento, que producirá un mapa de Amenaza por Inundación a escala 1:25000, el cual será dejado a disposición de los municipios de Paz del Rio, Tasco y Corrales como (una base) insumo para la actualización del plan de ordenamiento territorial y base en el diseño de los respectivos planes de contingencia y manejo del riesgo.

6 LIMITACIONES

La ejecución del proyecto puede verse afectada por los siguientes factores:

La disponibilidad, calidad y cantidad de datos.

La baja variación espacial, caso en el cual resultaría poco eficiente la aplicación

7 JUSTIFICACION

El presente trabajo se justifica en dos aspectos, el social enfocado hacia los habitantes del sector de los municipios de Corrales a Paz del Rio, otro técnico-científico enfocado a la actualización técnico-metodológica en el marco académico de la escuela de Ingeniería Geológica, en el ámbito de procesamiento de datos geoespaciales y ambientales para los efectos de la producción de resultados válidos.

7.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Este trabajo consideró la necesidad de identificar el riesgo al que están o pueden estar expuestos los habitantes del sector rivereño de los municipios de Corrales y Paz del Rio por fenómenos de inundación causados por el rio Chicamocha y afluentes, aportando a la población un estudio técnico que permita a las autoridades municipales prevenir y mitigar el riesgo en caso de presentarse un fenómeno de inundación.

7.2 JUSTIFICACIÓN TÉCNICO-CIENTÍFICA

Debido a la recurrencia de los eventos de inundación, surge la necesidad de implementar y divulgar metodologías adecuadas para el estudio de riesgos por inundación y adaptadas a las condiciones regionales, se dan a conocer sus alcances, limitaciones y recomendaciones que puedan ser de utilidad para investigaciones posteriores y dejar un precedente que permita mejorar los resultados del proyecto.

8 MARCO DE REFERENCIA

En el presente marco teórico se exponen las diferentes metodologías empleadas en el modelamiento por inundación.

8.1 CRITERIOS DE DISEÑO HIDROLÓGICO

Los criterios de diseño hidrológico son los que permiten determinar las metodologías más adecuadas según la información disponible, el objeto de estudio y los resultados esperados.

8.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO

El análisis hidrológico tiene como punto de partida la delimitación de la cuenca dentro de la cual se localiza la zona de estudio cuyo eje es el Río Chicamocha de tal manera que a partir de ésta, se determinen los parámetros morfométricos correspondientes, para posteriormente ser utilizados en la simulación de inundación con el software hec-ras.

Se requiere hacer el estudio hidrológico de los cursos de agua que están en la cuenca del Chicamocha. Para el caso de Paz de Río y Corrales, es necesario el máximo detalle posible por las vidas humanas y la posible afectación de la infraestructura. Para el estudio hidrológico se analizará la información meteorológica de 7 estaciones pluviométricas y 3 estaciones con información hidrométrica, y para que tenga un énfasis más determinístico, se incluirán las estaciones limítrofes a la zona de estudio⁴

Uno de los objetivos del Estudio Hidrológico en los municipios de Corrales y Paz de Río es Calcular los caudales para cada uno de los cauces y tramos considerados en la investigación, a partir de datos de precipitación existentes. Los caudales calculados están asociados a los eventos de lluvia utilizados y pueden, por lo tanto, clasificarse en función de su probabilidad de ocurrencia. También se analizará la precipitación diaria, mensual y anual, los datos hidrométricos como caudales

⁴ Gutiérrez Gutiérrez, Andrea Yojana, y Jesús Molano Acelas. «Estudio de riesgo por inundación debido a amenazas geoclimáticas a lo largo de la cuenca de Río Chiquito en el municipio de Firavitoba Boyacá.» 2011

diarios, mensuales y anuales, y caudales máximos instantáneos anuales, Para así determinar las características climáticas de la zona en estudio, principalmente las pluviométricas, que es el factor más relevante

8.3 MODELO HEC-RAS

El modelo HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos “U.S. Corp. of Engineers, Hydrological Engineering Center, HEC” es uno de los modelos más utilizados a nivel mundial para estudios hidráulicos de flujo uniforme, unidimensional y permanente, su popularidad se debe a su flexibilidad en la creación de escenarios hidráulicos, a su rapidez en los cálculos, su fácil manejo y operación.

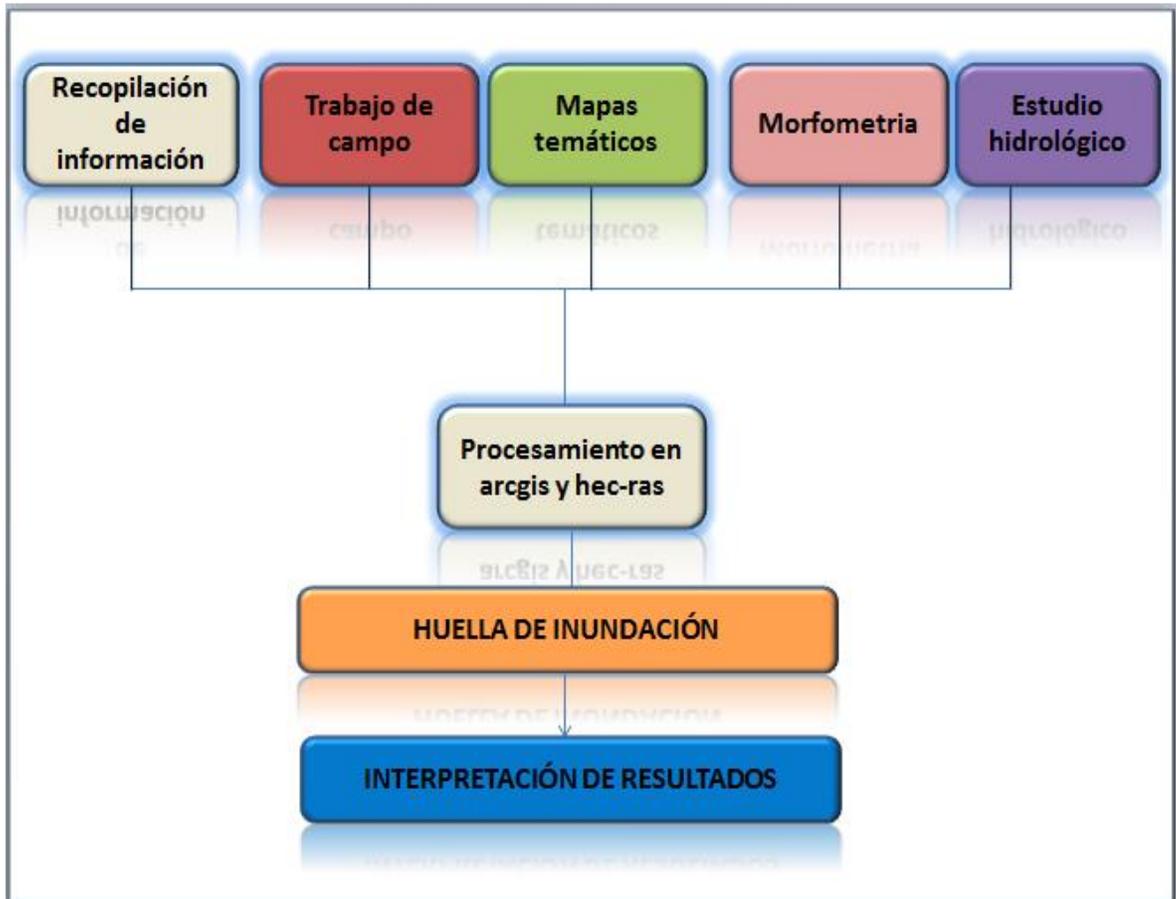
El modelo HEC-RAS es capaz de modelar perfiles de superficies de agua de regímenes de flujo mixto, subcrítico y torrencial. Este tipo de modelos no ha sido desarrollado para cuencas de alta pendiente como es el caso de las cuencas de la zona andina Colombiana, sin embargo, se estima que en el caso de estudio donde se cuenta con pendientes altas se está trabajando al límite de las capacidades del modelo, por tanto, para la zona los resultados serán aceptables, lo cual deberá ser tenido en cuenta a la hora de analizar e interpretar los resultados.

El modelo HEC-RAS permite realizar una ejecución de los perfiles de flujo mixto, que incluye y combina los resultados del perfil supercrítico y del perfil subcrítico. Para lo cual se requiere de una topografía detallada del cauce, con la cual es posible estimar de forma confiable los perfiles de flujo que circulan por el cauce. El modelo hidráulico requiere adicionalmente de unas condiciones de borde y de unas condiciones iniciales, ya que se trata de un esquema de solución por diferencias finitas⁵.

⁵ Engineers, us army corps of. us army corps of engineers. s.f. <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>.

9 METODOLOGIA

FIGURA 2.METODOLOGIA DEL PROYECTO



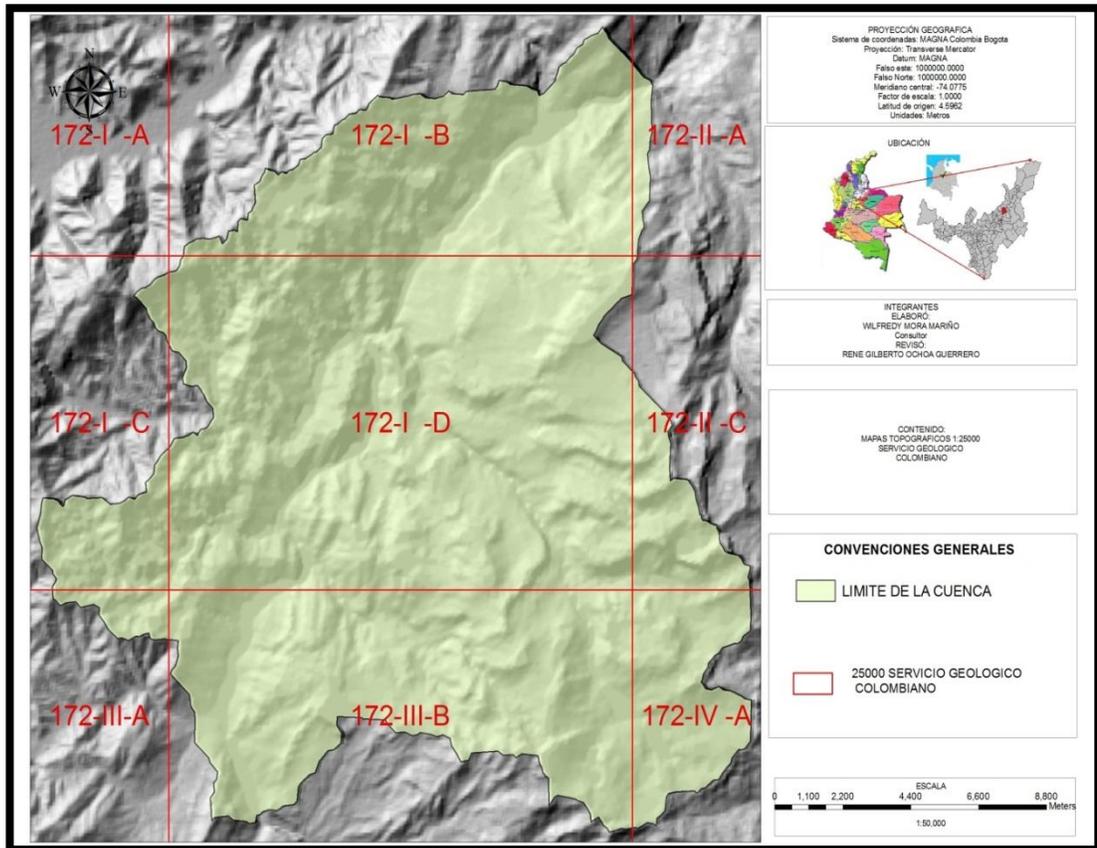
FUENTE: LOS AUTORES DEL PROYECTO; 2016

10 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la estructuración del informe, se adelantó, la recopilación y análisis de la siguiente información:

- Datos Meteorológicos y Climatológicos, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, para periodos comprendidos entre los años de 1970 hasta 2014.
- Análisis procesamiento e Interpretación de Imágenes de teledetección.
- Mapas topográficos a escala 1:25.000 IGAC, correspondientes a las planchas: 172-I-B, 172-IIA, 172-I-C, 172-I-D, 172-II-C, 172-III-A, 172-III-B, 172-IV-A como lo muestra la figura 3.

FIGURA 3. IMAGEN PLANCHAS TOPOGRAFICA 1:25000 ZONA DE ESTUDIO

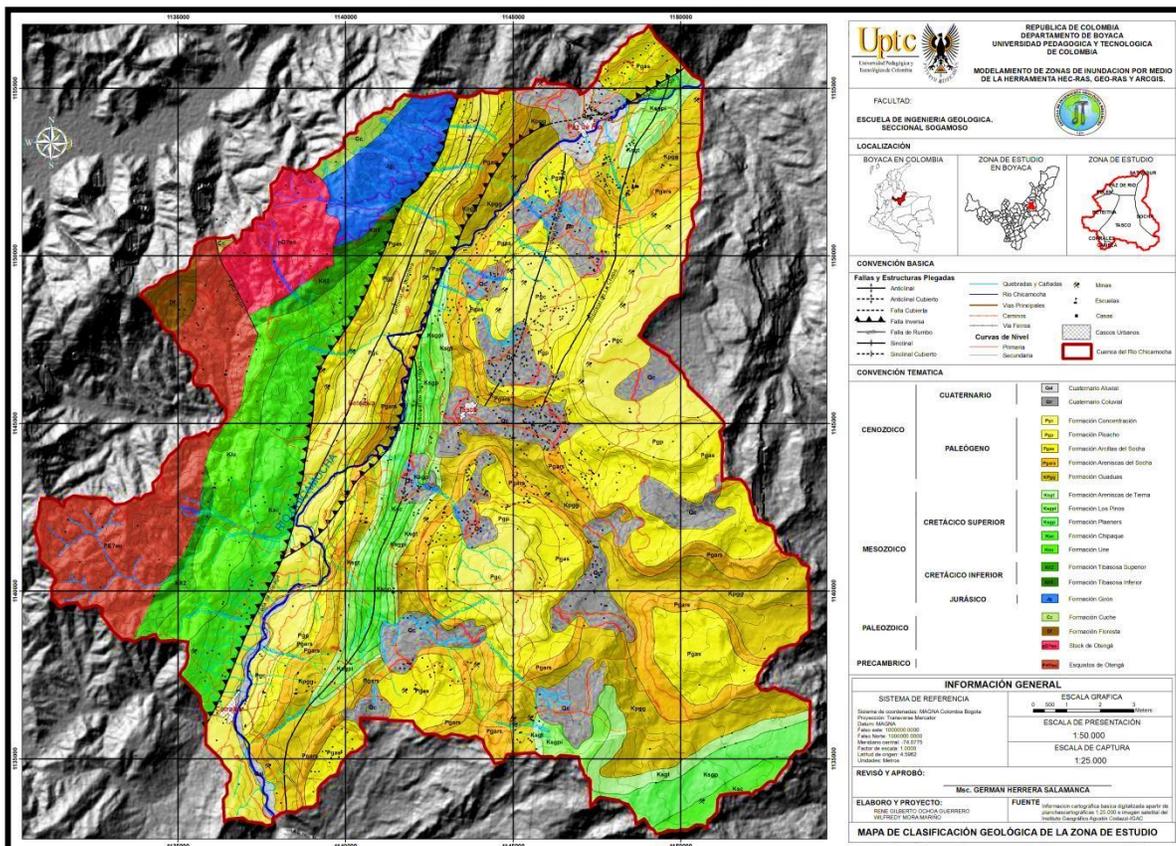


FUENTE: LOS AUTORES; 2016

11 MAPAS TEMÁTICOS

11.1 GEOLOGÍA

FIGURA 4. IMAGEN MAPA DE GEOLOGIA



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

12.1.1 FORMACIÓN FLORESTA (DF)

El término Floresta fue utilizado por Olsson & Caster (1937), bajo la denominación de Series del Floresta para designar la secuencia comprendida entre las unidades metamórficas y el Grupo Girón. Posteriormente, Botero ascendió el término al rango de formación, para representar tres conjuntos sedimentarios: el inferior, areno conglomerático de 30 m de espesor; el intermedio, arcillolítico, de tonos amarillentos a morados, con un espesor de 530 m, y el superior, arenoso, de 150 m de espesor. Esta unidad reposa de manera discordante sobre rocas metamórficas o concordantemente sobre la Formación Tíbet. Su límite superior con la Formación

Cuche es localmente discordante, según Botero (1950) Cediell (1969) denominó como Miembro Floresta a una sucesión que descansa concordantemente sobre el Miembro Tíbet y está cubierta en forma concordante y transicional por la Formación Cuche, y considera un espesor variable entre 40 y 400m. Mojica & Villarroel (1984) utilizan el término Formación Floresta, para designar la sucesión que descansa concordantemente sobre la Formación Tíbet y se ve cubierta de manera transicional por la Formación Cuche, con un espesor aproximado de 500 m.

En la Formación Floresta se encontraron varios niveles fosilíferos, constituidos principalmente por braquiópodos, briozoos, crinoideos y trilobites⁶sarmiento (2008)

12.1.2 FORMACIÓN CUCHE (CC)

El nombre y rango de la unidad lito estratigráfica Formación Cuche se debe a Botero (1950), con el cual se designa a una sucesión de capas de arcillolitas de colores blanco amarillento y morado que se encuentran reposando unas veces concordantemente y otras discordantemente sobre la Formación Floresta; están cubiertas de forma discordante por la Formación Girón, y alcanzan espesores entre 300 y 400 m. el contacto entre las formaciones Floresta y Cuche, en el tope de un conjunto arenoso de 200 m de espesor; sin embargo, él considera este límite como transicional y lo coloca donde se presenta un mayor predominio de arcillolitas de colores morado y blanco amarillento. (geologia 2015)

12.1.3 FORMACIÓN GIRÓN (JG)

Este término Girón fue creado por Hettner (1892), bajo la denominación de Series del Girón, para designar a una sucesión de areniscas, limolitas rojas y conglomerados, que se hallan expuestas al oeste de Bucaramanga, cuya edad se consideró inicialmente del Cretácico. Actualmente, la denominación original de Hettner incluye las formaciones Bocas, Jordán, Girón y Tambor.

⁶

geologia, *sarmiento*. 25 de 02 de 2002.

Aflora en dos franjas alargadas localizadas al oriente y al occidente del Macizo de Floresta; la oriental es de 37 km de largo por 2 a 3 km de ancho y otra occidental, de 7 km de largo por 0,5 km de ancho. La franja oriental de esta unidad litoestratigráfica presenta una morfología escarpada la Formación Girón se puede subdividir en tres conjuntos. El inferior, de unos 200 m de espesor, compuesto por arenitas y conglomerados de cuarzo, estos últimos formados por bloques, guijarros y guijos de cuarcitas, arenitas y limolitas rojizas, en una matriz arenosa limolítica, de color morado; el intermedio, de 150 m de espesor, constituido por limolitas rojas, con intercalaciones de conglomerados de cuarzo, con guijarros y guijos de cuarcitas y arenitas, en capas muy gruesas, de 2 a 3 m de espesor; el conjunto superior alcanza un espesor de 150 m, y está compuesto por arenitas y conglomerados, de características similares a las del conjunto inferior, estratificación plana no paralela y entrecruzada. Las secciones delgadas de cuatro muestras de arenitas colectadas en la base de la Formación Girón⁷

12.1.4 FORMACIÓN TIBASOSA (KIT)

El nombre y el rango de la unidad litoestratigráfica formación Tibasosa fueron Propuestos por Renzoni (1981), para representar la sucesión litológica que aflora en la Formación Tibasosa se ha dividido en dos conjuntos. El Conjunto Inferior (Kit1) correspondiente al Miembro Basal (Kit4) de Renzoni y el Conjunto Medio Superior (Kit2) correspondiente al Miembro Calcáreo Inferior (Kit3), Miembro Arenáceo Intermedio (Kimt2) y al Miembro Calcáreo Superior (Kmt1) de Renzoni. Además, Renzoni (1981) considera que la Formación Tibasosa⁸

12.1.5 CONJUNTO INFERIOR (KIT1)

El Conjunto Inferior consta de una sucesión de cuarzo arenitas de grano fino, medio y grueso hasta conglomerática, con colores que varían desde gris claro a blanco, gris verdoso rojizo por meteorización, cemento silíceo, en capas medias a gruesas,

⁷ geología, sarmiento. 25 de 02 de 2002.

⁸ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

con láminas inclinadas tangenciales e intercalaciones esporádicas de lodolitas arenosas, grises verdosas y amarillentas, cuyos espesores Varían entre 20 y 30 cm

12.1.6 CONJUNTO SUPERIOR (KIT2)

El Conjunto Superior (Kit2) tiene un espesor total de 481 m Para efectos de su descripción, se ha dividido en cuatro segmentos que de base a tope son: Segmento a: 84 m de calizas grises oscuras en capas delgadas a gruesas con intercalaciones de areniscas calcáreas y lodolitas calcáreas. Segmento b: 118 m de limolitas y lodolitas grises oscuras a grises verdosas con intercalaciones de caliza gris oscura en capas de 1 a 2 m. Segmento c: 85 m de cuarzo arenitas color gris claro en capas medias a gruesas con intercalaciones de lodolitas negras y calizas gris oscuras en capas delgadas.⁹

12.1.7 FORMACIÓN UNE (KIU)

El nombre Une fue dado por Hubach (1931), para referirse a la secuencia arenítica que aflora en la carretera Bogotá - Villavicencio, entre Chipaque y Cáqueza que representa la parte media del Grupo Villeta. Renzoni (1962) utiliza este término con categoría de formación.

La Formación Une aflora tanto en el lado oriental como en el occidental del área estudiada, y descansa concordantemente sobre las formaciones Fόμεque y Tibasosa la Formación Une consta de una alternancia de cuarzoarenitas de grano fino a medio, grises claras a blancas, cemento silíceo, bien seleccionadas, en capas delgadas a muy gruesas, y lodolitas grises oscuras a negras, en capas delgadas, plano paralelas, cuyos espesores varían entre 0,60 m y más de 10 m. El espesor total medido para la Formación Une¹⁰

12.1.8 FORMACIÓN CHIPAQUE (KSC)

El término Chipaque fue empleado por primera vez por Hubach (1931) bajo la

⁹ geología, sarmiento. 25 de 02 de 2002.

¹⁰ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

Denominación de Conjunto Chipaque y, posteriormente, como Formación Chipaque, para representar la parte superior del Grupo Villeta. Según su autor, el techo de la Formación Chipaque lo forma la caliza de Chipaque, Consta en su parte inferior de una sucesión de capas delgadas de lodolitas negras, con estratificación plano paralela y, ocasionalmente, ondulosa, con intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino, grises oscuras a amarillentas y rojizas, por meteorización, cemento silíceo, en capas delgadas y gruesas, plano paralelas y no paralelas; este conjunto alcanza un espesor de 114,40 m. La parte media, con un espesor de 62,05 m, está constituida por lodolitas negras, en capas muy delgadas, plano paralelas, con intercalaciones frecuentes de calizas grises, oscuras a negras, en capas delgadas y gruesas, plano paralelas y fosilíferas. La parte superior, con un espesor de 50 m, está compuesta, principalmente, por lodolitas grises oscuras a negras, estratificadas, en capas muy delgadas. El espesor total de esta unidad lito estratigráfica, es de 226,45 m.

12.1.9 FORMACIÓN LA LUNA (KSL)

Según Julivert (1968), el término La Luna Limestone fue introducido por Garner (1926), negra esta formación presenta dos segmentos uno de *30 metros de cuarzoarenitas*, color gris oscuro, en estratos delgados a medios, estratificación plano paralela a plano no paralela, con algunos niveles de cuarzoarenitas calcáreas. Este segmento se puede considerar como una lengüeta de la Formación Arenisca Dura, la cual se *ha observado en la parte nororiental de la plancha e infra* yace a los Plaeners. Esta unidad supra yace concordantemente a las lodolitas gris oscuras a negras de la Formación Chipaque.

90 metros de limolitas calcáreas gris claras oscuras en capas delgadas a medias (de 5 a 20 cm de espesor), con intercalaciones frecuentes de lodolitas grises oscuras a negras, en capas delgadas físciles y esporádicas intercalaciones de calizas gris oscuras en capas medias. También son frecuentes en la parte inferior y superior, algunos paquetes chert negro y niveles de limolitas con microfósiles.¹¹

¹¹ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

12.1.10 FORMACIÓN PLAENERS (KSGP)

El término Plaeners con el carácter de unidad lito estratigráfica fue introducido por Hubach (1931), bajo la denominación de “Horizonte de Plaeners” y, posteriormente, “Miembro Plaeners”. Hubach (1957b) emplea este nombre para referirse a la parte media de la Formación Guadalupe Superior, la cual fue dividida en Arenisca Dura en esta unidad presenta limolitas silicias con intercalaciones de areniscas, en la parte inferior areniscas de grano fino a medio, cuarzosas

12.1.11 FORMACIONES LABOR Y LOS PINOS (KSGPI)

la Formación Los Pinos presentan espesores de 94,90 y 101,20 m, respectivamente, constituida por lodolitas y arcillolitas gris oscuras con intercalaciones de cuarzoarenitas y calizas fosilíferas de pocos metros de espesor La Formación Los Pinos se observó descansando concordantemente sobre la Formación La Luna sobre la Formación Arenisca de Labor y sobre la Formación Plaeners . La Formación Los Pinos está limitada al tope por la Formación Arenisca Tierna en contacto concordante.¹²

12.1.12 FORMACIÓN ARENISCA TIERNA (KSGT)

Este término Arenisca Tierna se debe a Hubach (1957a), quien lo utilizó con la categoría de miembro, para representar el techo del Grupo Guadalupe se observó que los paquetes de arenitas son granos crecientes y calcáreos, especialmente en la parte superior de la unidad. En el área, la Formación Arenisca Tierna se observó reposando concordantemente sobre la Formación Los Pinos y por debajo de la Formación Guaduas en contacto concordante y neto.

12.1.13 FORMACIÓN GUADUAS (KPGG)

¹² geología, sarmiento. 25 de 02 de 2002.

Alvarado & Sarmiento (1944) denominan Formación Guaduas, en la región de Paz de Río, a la sucesión litológica comprendida entre el techo de la arenisca calcárea, fosilífera, de la Formación Ermitaño y el primer conjunto grueso de areniscas de la Formación Socha Inferior. El término Formación Guaduas se emplea en el presente trabajo para designar la secuencia litológica, que descansa sobre la Formación Arenisca Tierna y limitada al tope por una gruesa secuencia de arenita de la Formación Arenisca de Socha, equivalente a la Formación Socha Inferior

La parte media, con un espesor de 120,40 m, está compuesta por arcillolitas grises oscuras a negras, en capas delgadas, con esporádicas intercalaciones de cuarzo arenitas de grano fino, grises claras, amarillento y rojizo por meteorización, cemento silíceo, matriz arcillosa, en capas delgadas y medias

La parte superior, de 172 m de espesor, está constituida por arcillolitas grises claras a oscuras, algunas carbonosas, en capas delgadas, con nódulos lodo líticos hacia el tope e intercalaciones frecuentes de cuarzoarenitas de grano fino, gris clara a blanca, en parte amarillenta y rojiza por meteorización, con manchas de óxido de hierro, cemento silíceo y matriz arcillosa, en capas muy delgadas y gruesas, que forman sucesiones que alcanzan espesores que varían entre 5 y 15 m. Dentro de esta secuencia superior se intercalan dos capas de carbón de 0,20 m y 0,30 m.¹³

FOTO 1 FORMACION GUADAS COORDENADAS (LOCALIZACION E 1148385, N 1140753)



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

12.1.14 FORMACIÓN ARENISCAS DE SOCHA (PGARS)

¹³ geología, sarmiento. 25 de 02 de 2002.

El nombre de Formación Areniscas de Socha para designar a una gruesa secuencia de areniscas que reposa concordantemente sobre la Formación Guaduas, a la que inicialmente Alvarado & Sarmiento (1944) denominaron Socha Inferior. Está compuesta por una sucesión de capas de cuarzo arenitas de grano fino a medio, blancas, grises pardas y grises amarillentas, cemento silíceo, en capas delgadas a muy gruesas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas grises claras y rojizas, que forman sucesiones con espesores que varían entre 2,30 y 9,40 m.¹⁴

FOTO 2 FORMACION ARENICAS DEL SOCHA COORDENADAS (LOCALIZACION E 1143945, N 1148543)



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

12.1.15 FORMACIÓN ARCILLAS DE SOCHA (PGAS)

Se propone el nombre Formación Arcillas de Socha para designar la sucesión estratigráfica comprendida entre la Formación Areniscas de Socha y la Formación Picacho, y se establece su localidad tipo en Socha Viejo, donde alcanza un espesor de 400 m¹⁵

¹⁴ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

¹⁵ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

FOTO 3 FORMACION ARCILLAS DEL SOCHA COORDENADAS (LOCALIZACION E 1150580, N 1138911)



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

La unidad está compuesta en su parte inferior y media, por una sucesión de capas de arcillolitas grises claras a oscuras, que por meteorización dan tonalidades amarillentas y rojizas. Son frecuentes las intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino, grises claras, que por meteorización adquieren coloraciones amarillentas y rojizas, con cemento silíceo y estratificadas en capas delgadas y gruesas, plano paralelas; estos niveles arenosos alcanzan espesores que varían entre 0,75 y 26 m.

La parte superior, con un espesor de, consta predominantemente de arcillolitas Grises oscuras, que se tornan amarillentas y rojizas por meteorización. Presenta Concreciones limolíticas, e intercalados ocurren cuatro conjuntos de 8 y 10 m de

Espesor, formados por cuarzo arenitas de grano fino, en matriz arcillosa, color gris claro a blanco, friable y estratificada, en capas muy gruesas.

12.1.16 FORMACIÓN PICACHO (PGP)

El nombre de Formación Picacho fue dado por Alvarado & Sarmiento (1944) para designar un conjunto potente de areniscas que descansa sobre la Formación Socha Superior compuesto por una sucesión de cuarzo arenitas de grano Medio hasta conglomerático, grises claras a blancas, con tonalidades amarillentas y rojizas por meteorización, friables, con cemento silíceo, en capas gruesas a muy

gruesas, con juegos a pequeña y mediana escala de láminas inclinadas; dentro de este conjunto se presentan escasas intercalaciones de arcillolitas grises claras, oscuras y rojizas, con espesores que oscilan entre 0,50 y 2,50 m. El conjunto medio está constituido por una sucesión de arcillolitas grises claras, con un espesor de 30 m. El conjunto superior compuesto por 21,50 m de arenita media a¹⁶ gruesa de cuarzo, gris clara a blanca, friable, en capas muy gruesas, mayores de 2 m de espesor, con lentes de conglomerados, compuestos principalmente por cuarzo.

FOTO 4 FORMACION PICACHO COORDENADAS (LOCALIZACION E1139827, N 1145787)



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

12.1.17 FORMACIÓN CONCENTRACIÓN (PGC)

El nombre y rango de la unidad lito estratigráfica Formación Concentración Fueron dados por Alvarado & Sarmiento (1944), para designar una sucesión de arcillolitas comúnmente yesíferas y areniscas de grano fino a grueso, con estratos de hierro oolítico, que descansa sobre la Formación Picacho¹⁷

¹⁶ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

¹⁷ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

FOTO 5 FORMACION CONCENTRACION (LOCALIZACION E1145868, N 1149264)



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

12.1.18 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

En el área estudiada se diferenciaron los siguientes tipos de depósitos cuaternarios:

12.1.19 GLACIARES (QM)

Depósitos glaciares se presentan en el extremo noroeste y constan de una serie de morrenas, formadas por bloques angulares, de arenitas y conglomerados, en una matriz areno arcillosa, sin ninguna selección.

12.1.20 COLUVIALES (QC)

Con el término coluviales se incluyen los depósitos de talud y derrubios; están Constituidos por acumulaciones de materiales de composición heterogénea y de tamaño variable, predominantemente bloques angulares.¹⁸

¹⁸ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

FOTO 6. CUATERNARIO COLUVIALES COORDENADAS (LOCALIZACION E 1142146, N 1138739)



FUENTE: LOS AUTORES; 2015

12.1.21 ALUVIALES (QAL)

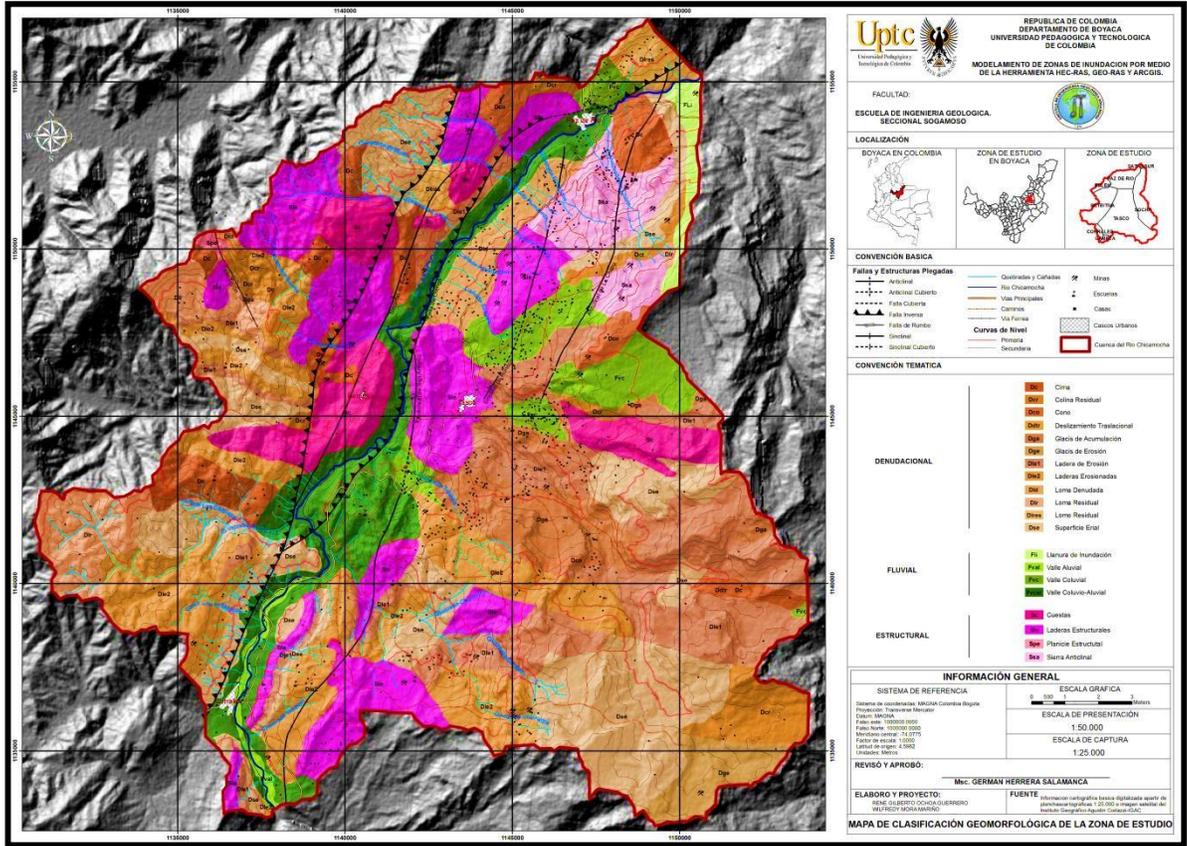
Depósitos aluviales se ubican hacia las márgenes de los drenajes principales y consisten de bloques redondeados a subredondeados, principalmente de arenitas,

En una matriz areno arcillosa. Presentan una morfología plana.¹⁹

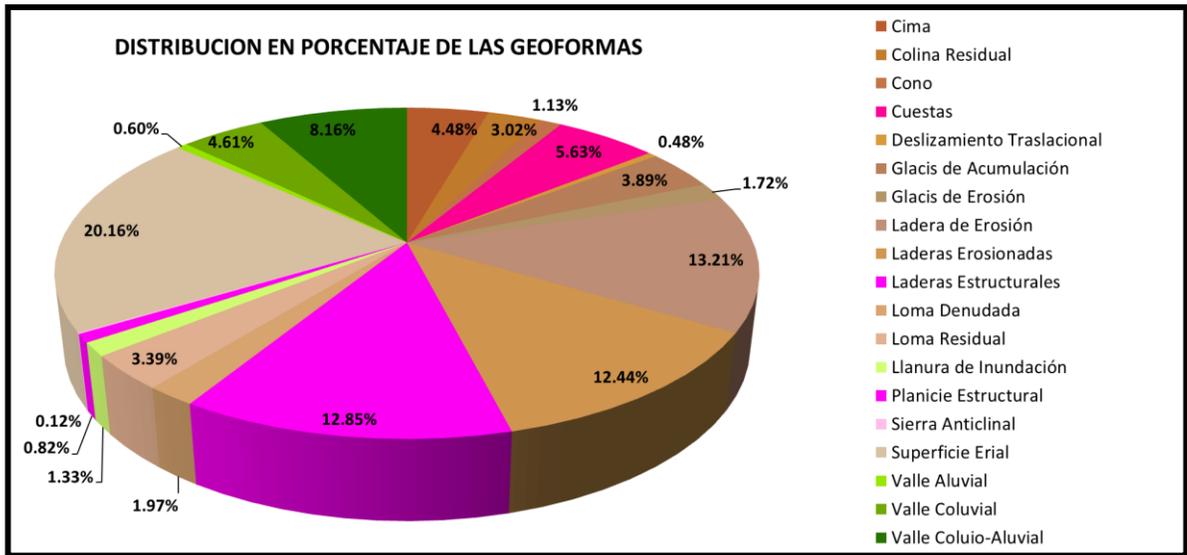
¹⁹ geología, sarmiento. 25 de 02 de 2002

13 GEOMORFOLOGÍA

FIGURA 5. IMAGEN MAPA GEOMORFOLÓGICO



FUENTE: LOS PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL BETEITIVA, TASCO, CORRALES Y PAZ DE RIO, AJUSTADO POR LOS AUTORES.



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

La geoforma que predomina en la cuenca de estudio es la superficie erial con una extensión del 20.16 % del área total de la zona que equivale a 68.21 Km² casi un cuarto de su extensión total.

Los municipios de Corrales y Paz de Rio corresponden a una zona de “laderas medias de montaña” con alturas promedio entre 2400 y 3000 m.s.n.m., en el relieve se presentan zonas planas formadas por el Río Chicamocha hasta zonas escarpadas correspondientes a las rocas de mayor resistencia a la erosión; también se presenta zonas onduladas

Con gran influencia de la erosión sobre el modelado del paisaje, se encuentran aflorando formaciones rocosas duras como es el caso de Areniscas de Socha, formación Picacho, las cuales marcan los principales escarpes que se observan en el área de estudio contrastando las geoformas ligeramente onduladas de las formaciones blandas como el Guaduas, Arcillas de Socha y Concentración²⁰

²⁰ geología, sarmiento. 25 de 02 de 2002

FOTO 7. lado izquierdo superior se observan las arcillas del socha y escarpes formados por la formación picacho y la parte inferior vemos explotaciones de carbón ubicadas en la formación guaduas coordenadas (E 1142488, N 1147921)



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Depósitos cuaternarios representan otras geofomas que cubren las laderas de las principales micro cuencas por debajo de los escarpes rocosos, los cuales tienen una gran vulnerabilidad a presentar fenómenos de Remoción en masa ante la presencia de eventos detonantes como las precipitaciones fuertes y los sismos o terremotos

Por otra parte se puede observar depósitos cuaternarios de origen aluvial en forma de terrazas a lo largo del Río Chicamocha. Las formaciones blandas presentan erosión laminar, erosión en surcos y erosión en cárcavas y estoraques, como se puede observar en las formaciones Guaduas, Arcillas de Socha y Concentración. Estos procesos morfo dinámicos son:

Los procesos degradacionales (erosión), que son los que contribuyen al desgaste de la capa superficial del terreno.²¹

²¹ geología, sarmiento. 25 de 02 de 2002

Los procesos agradacionales, (Depósitos de Avalancha), que son los que se encargan de modificar el relieve mediante al transporte y deposición de materiales.

13.1 DESLIZAMIENTOS EN CUÑA

Ubicados en la formación Picacho con una de altura de 15m y de ancho 18m aproximadamente.

FOTO 8. DESLIZAMIENTO EN CUÑA COORDENADAS (E 1137315, N 1136131)



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

13.2 TERRAZA ALUVIAL

Tamaños de cantos de 60cm de diámetro matriz arcillosa de color amarillo pequeños cantos subangulares 0-3cm secuencia FUS, geoformas relacionadas con la litología y tectónica de la zona. También se encuentran las formas de tipo estructural que son debidas a la dinámica interna de la corteza terrestre (Laderas estructurales, escarpes de falla, etc.).²²

²² geología, sarmiento. 25 de 02 de 2002

FOTO 9. CUATERNARIO ALUVIAL COORDENADAS (E 1137773, N 1134127)



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Para lograr determinar las unidades geomorfológicas, se tuvo en cuenta la composición de las rocas, la pendiente del terreno y los fenómenos morfodinámicos. El orden a seguir en la descripción geomorfológica es el siguiente:

Unidad geomorfológica I: Esta unidad resalta por formar pendientes fuertes y escarpes prominentes y destacados y formar colinas empinadas fácilmente diferenciales. Duras como son, formación Socha Inferior y formación Picacho Este tipo de geomorfología es típico de las formaciones arenosas y duras como son, formación Socha Inferior y formación Picacho

El drenaje presente es una red dendrítica de paralelo a sub paralelo, escorrentía por vías más cortas, material homogéneo. ²³

²³ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

FOTO 10.ESCARPE DE LA FORMACION PICACHO COORDENADAS (E 1145744, N 1140104)



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Esta geomorfología se caracteriza por presentar una topografía suave, ondulada debido al predominio de materiales arcillosos en su constitución. Tiene un patrón de drenaje dendrítico o subdendrítico. En esta unidad se pueden observar con más facilidad todos los procesos erosivos en aquellos lugares donde la vegetación es inexistente, identificándose con facilidad canales y cárcavas. Estas geoformas son típicas de las formaciones Areniscas de Socha, Girón, Tibasosa, Belencito y Une.

Morfológicamente está representada por una serie de lomas de baja altura, redondeadas en las partes donde las arcillas se encuentran interestratificadas con niveles duros de areniscas. El drenaje es dendrítico denso; su permeabilidad baja y su vegetación escasa obliga a las aguas de escorrentía a buscar caminos variados lo que origina erosión tanto

Laminar como en canales que se aprecian con facilidad en la zona estudiada.

Esta geomorfología corresponde a los depósitos cuaternarios que el río Chicamocha y sus cuencas ha originado durante las diferentes etapas de su evolución, depositando materiales originando una morfología típica, tales como terrazas y depósitos fluviales fácilmente identificables.²⁴

²⁴ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

13.3 COLINA RESIDUAL

Elevación del terreno de 30 metros sobre su nivel de base local, con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas y de forma convexa y pendiente inclinada a abrupta, se asocian a conglomerados y a suelos residuales de espesor superior de 3 metros .

13.4 GLASIS DE ACUMULACIÓN

Superficie de acumulación de longitud corta de formas cóncavas y suavemente inclinadas, su génesis se asocia a la acumulación de material fino en zonas bajas de procesos erosivos laminar. Se presenta con espesores de 3 a 10 metros.²⁵

13.5 GLASIS DE EROSIÓN

Superficie Leve a moderada en ella la se presenta Erosión laminar y se genera una Denostación gradual de los materiales arrastrados a lo largo de las laderas por acción de la escorrentía

13.6 CIMA

Cresta convexa plana y amplia, se presenta como franjas alargadas que bordean algunas divisorias de agua, de pendiente plana e inclinada, con anchos entre 200 a 800 metros, limitadas por laderas cuya inclinación puede ser moderada, estas zonas han sido aprovechadas para asentamientos de población.

13.7 LOMA DENUDADA

Prominencia topográfica con una altura menor de 200 metros sobre el nivel de base local, de morfología alomada y elongada, con relieve relativo baja, de laderas cortas a muy cortas, de forma convexa, cuyas pendientes varían entre muy inclinadas a muy abruptas. Su origen está asociado a intensa meteorización y de erosión

²⁵ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

diferencial, estas geoformas generan movimientos en masa y procesos erosivos intensos.

13.8 LOMA RESIDUAL

Prominencia topográfica con una altura menor de 200 metros sobre el nivel de base local, de morfología alomada y elongada, con relieve relativo baja, de laderas cortas a muy cortas, de forma

Convexa, cuyas pendientes varían entre muy inclinadas a muy abruptas, constituidas de suelos residuales con espesor superior a 3 metros, localmente pueden estar cubiertos por delgados depósitos de material coluvial.

13.9 SIERRA RESIDUAL

Prominencia topográfica de morfología montañosa y elongada de laderas largas, convexas, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen los procesos de meteorización intensa en rocas de origen sedimentario, asociadas con suelos sedimentarios, asociada con suelos residuales con espesores mayores a tres metros .²⁶

13.10 PLANICIE COLINADA DENUDADA

Superficie erosiva suavemente ondulada de paisaje colinado, con índice de relieve bajo, desarrolla pendientes muy inclinadas, con laderas cortas de forma recta a cóncava, predomina el patrón de drenaje dendrítico.

13.11 PLANO O LLANURA DE INUNDACIÓN

²⁶ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

Franja de terreno plana, de morfología baja y ondulada eventualmente inundable, se presenta bordeando los cauces fluviales y se limita localmente por escarpes de terraza, presenta formas U y V y cono aluviales menores.²⁷

13.12 TERRAZA DE ACUMULACIÓN

Plano elongado de morfología plana a suavemente ondulada y modelada sobre sedimentos aluviales, que se presentan en forma pareada a lo largo del cauce de un río al cual limitan por escarpes de diferente altura, su origen se relaciona con procesos erosivos y acumulación aluvial dentro de antiguas llanuras de inundación.

13.13 SIERRA ANTICLINAL

Sierra elongada de morfología colinada a alomada de cimas o cresta agudas o redondeadas, que siguen el eje anticlinal, formado por el arqueamiento o combadura de los estratos o capas que se inclinan divergentemente a partir de su eje. Conforman laderas estructurales inclinadas a muy abruptas, rectas o convexas y de longitudes largas.

13.14 VALLE COLUVIO -ALUVIAL

Acumulaciones aluvio-torrenciales, formadas por flujos de sedimentos heterométricos Moderada, Torrencial, con litología Variable con Disección y avalanchas ²⁸

13.15 SIERRA DE BARRERAS ESTRUCTURALES

²⁷ geología, sarmiento. 25 de 02 de 2002

²⁸ geología, sarmiento. 25 de 02 de 2002

Sierras elongadas de morfología alomada de laderas irregulares a escalonadas cortas, definidas por la disposición estructural vertical o casi vertical de secuencias sedimentarias. Es característico el avanzado estado erosional de las laderas. ²⁹

13.16 PLANO ALUVIAL CONFINADO

(Blind valley) Plano aluvial de pendiente plana a suavemente inclinada el cual se encuentra limitado por elevaciones, a manera de un valle cerrado. Es producto del bloqueo temporal de un cauce fluvial, generado por fallamiento³⁰

13.17 PLANO O LLANURA DE INUNDACIÓN

Franja de terreno plana, de morfología baja y ondulada eventualmente inundable. Se presenta bordeando los cauces fluviales y se limita localmente por escarpes de terraza. Se constituye de sedimentos finos producto de la sedimentación durante eventos de inundación fluvial. Estas zonas de inundación se encuentran en río Chicamocha

13.18 LADERA ESTRUCTURAL

Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) a favor de la pendiente del terreno. De longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas. En esta geoforma no está asociada a ninguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, monoclinal, entre otros).

13.19 LADERA: EROSIONADA

²⁹ Geología, Ítalo 12 de 01 1994

Superficie en descenso, de morfología regular a irregular a Cada una de las pendientes, de sentido contrario, que limita lateralmente un valle o una montaña y la cual presenta pérdida de cobertura vegetal

13.20 MISCELÁNEO EROSIONADO

El relieve es complejo encontrándose sectores con pendientes de 12-25% Con Alturas entre los 2.200 y 2.900 m. Sobre el nivel del mar. La vegetación natural ha sido destruida en su totalidad.

13.21 CONCLUSIONES DE LA GEOMORFOLOGIA

En la zona de estudio las unidades geomorfológicas se originan por, topografía y tipo de proceso, encontrándose lo siguiente: Montañas y Colinas Estructurales Planicie estructural y Formas de Origen Deposicional con las geoformas características. Ambiente Morfo genético Denudacional donde se observan Montañas Cuestas y colinas erosiónales: Se encuentran

conformadas por laderas de erosión, laderas en general, lomeríos y colinas, las cuales se diferencian entre sí por el substrato rocoso del que se componen, la forma específica que los caracteriza y los fenómenos activos que la afectan; diferencias que se manifiestan en el grado de cobertura vegetal y en la utilización de las tierras.

³¹

³¹ Geología, sarmiento 12 de 01 2002

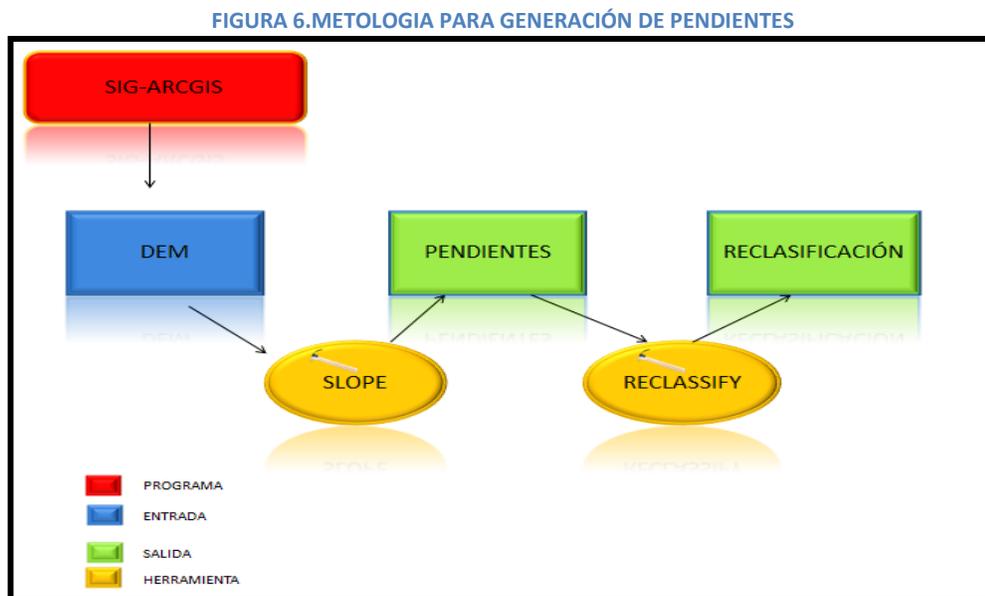
FOTO 11.LADERA DE EROSION COORDENADAS (E 1115128, N 1137884)



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

14 GENERACION DE MAPAS DE PENDIENTES

La pendiente se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor se expresa en grados de 0° a 90° o en porcentaje y para llevar a cabo la identificación de las pendientes en la zona de estudio se sigue la metodología de la figura 6.



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

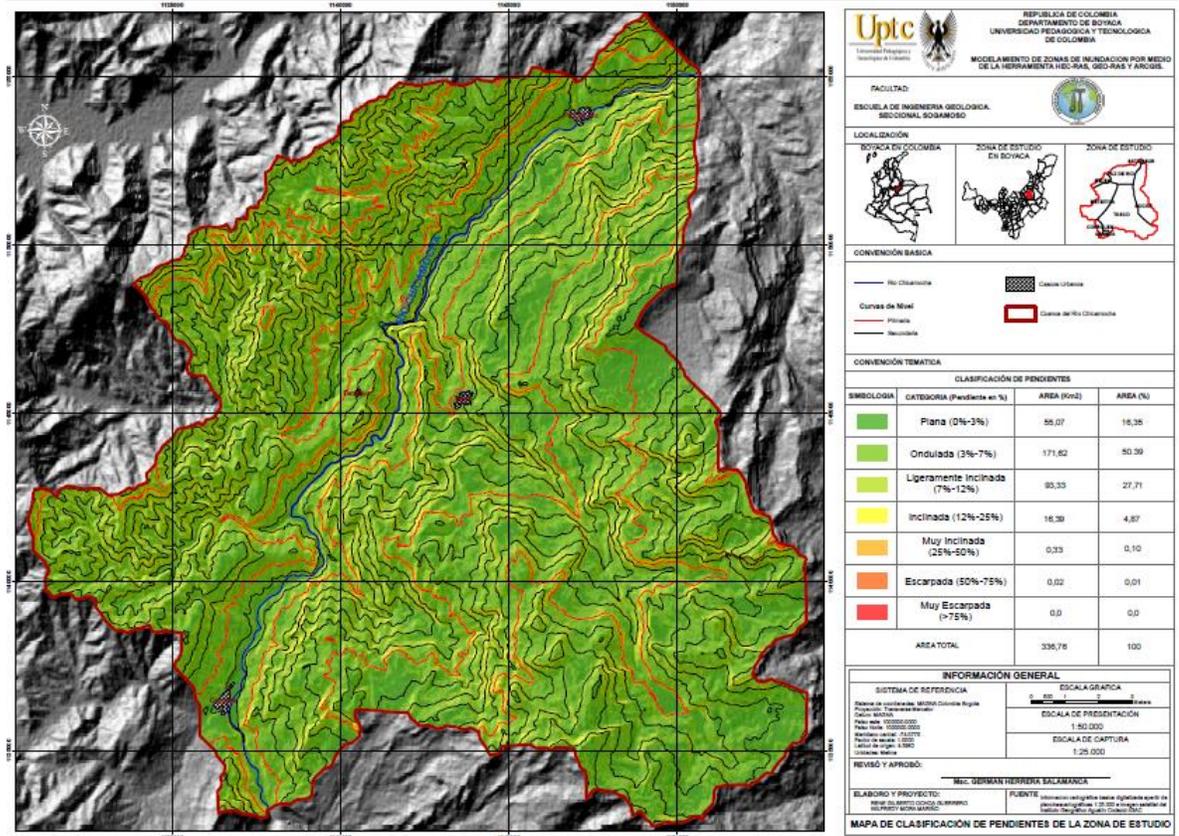
Para la reclasificación se utiliza el método de FAO (1988) el cual a partir de los rangos sugiere el nombre para cada unidad y su valor de susceptibilidad como se puede examinar en la tabla 1.

TABLA 1. RANGOS DE PENDIENTE PARA SUCEPTIBILIDAD SEGÚN FAO

RANGO %	UNIDAD	VALOR
0 y 3	Plana	1
3 y 7	ondulada	2
7 y 12	ligeramente inclinada	3
12 y 25	inclinada	4
25 y 50	muy inclinada	5
50 y 75	escarpada	6
>75	muy escarpada	7

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

FIGURA 7. IMAGEN DE PENDIENTES



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

DISTRIBUCION EN PORCENTAJE DE LAS PENDIENTES

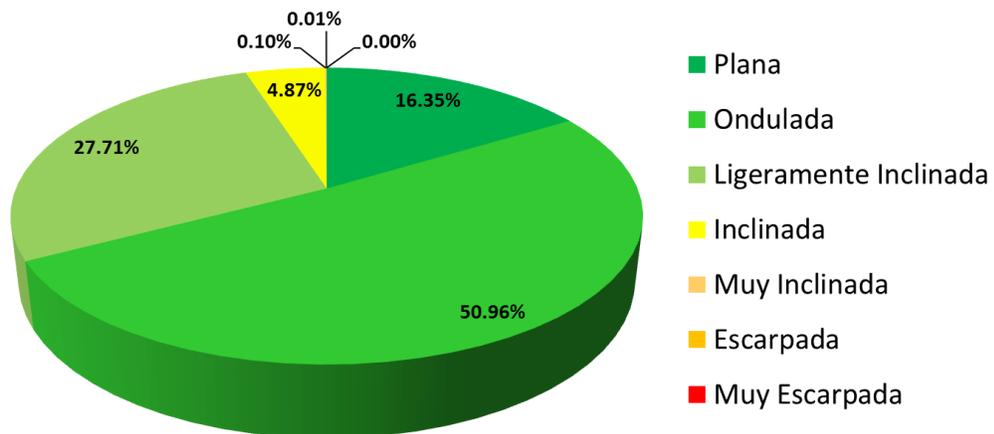


FIGURA 8. PORCENTAJE DE AREA ESTABLECIDO PARA LAS PENDIENTES; 2016

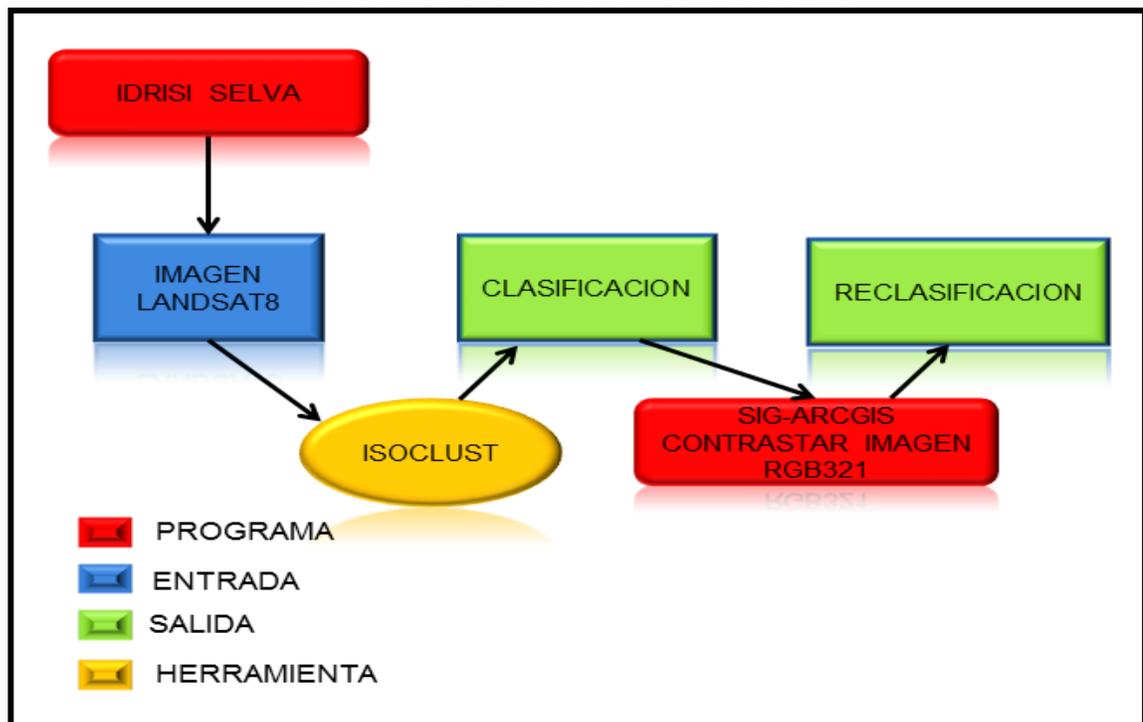
14.2. ANALISIS DE LAS PENDIENTES

Una vez analizados los resultados del mapa de pendiente se puede deducir que las zonas donde mayor susceptibilidad a la erosión y deslizamientos se presenta es en las áreas pertenecientes al valle encañonado que va dejando el río Chicamocha, en donde hay pendientes más abruptas adicionalmente se observa en la figura 6 que las pendientes más relevantes dentro de nuestra cuenca de estudio corresponden a la categoría ondulada ocupando un porcentaje equivalente al 50.96% seguida del 27.7% correspondiente a la zona ligeramente inclinada que podemos observar se encuentra a lo largo del río Chicamocha.

15 GENERACION DE MAPAS DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL

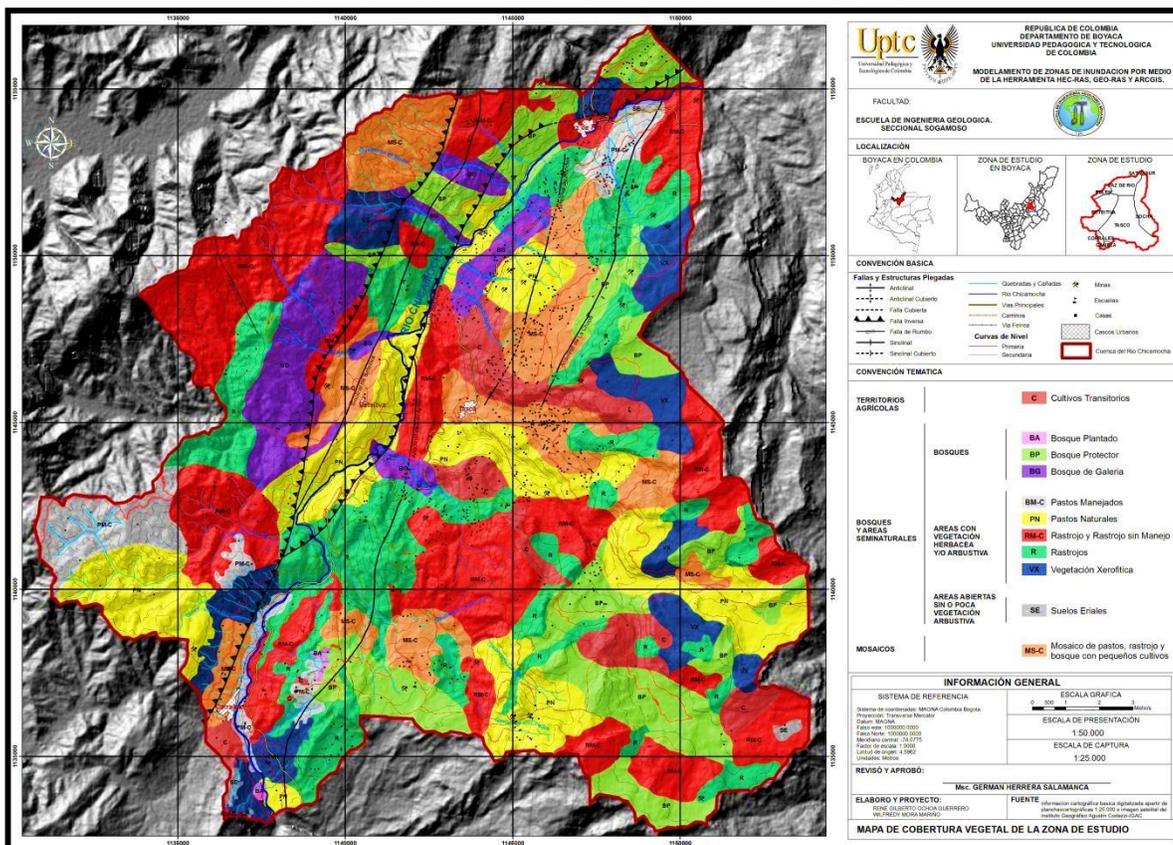
El uso del suelo y la cobertura vegetal son importantes en el análisis pues nos muestran la cobertura de la cuenca de estudio, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisionómicas y ambientales que van desde rastrojos hasta áreas cubiertas por bosques protectores y así mismo identificar el uso que los seres humanos hacen de ella, para esto se utilizó la metodología descrita en la figura 9. Para la producción de este mapa se aplicó la metodología CORINE LAND COVER.

FIGURA 9.METODOLOGÍA USO Y COBERTURA VEGETAL



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

FIGURA 10. IMAGEN DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

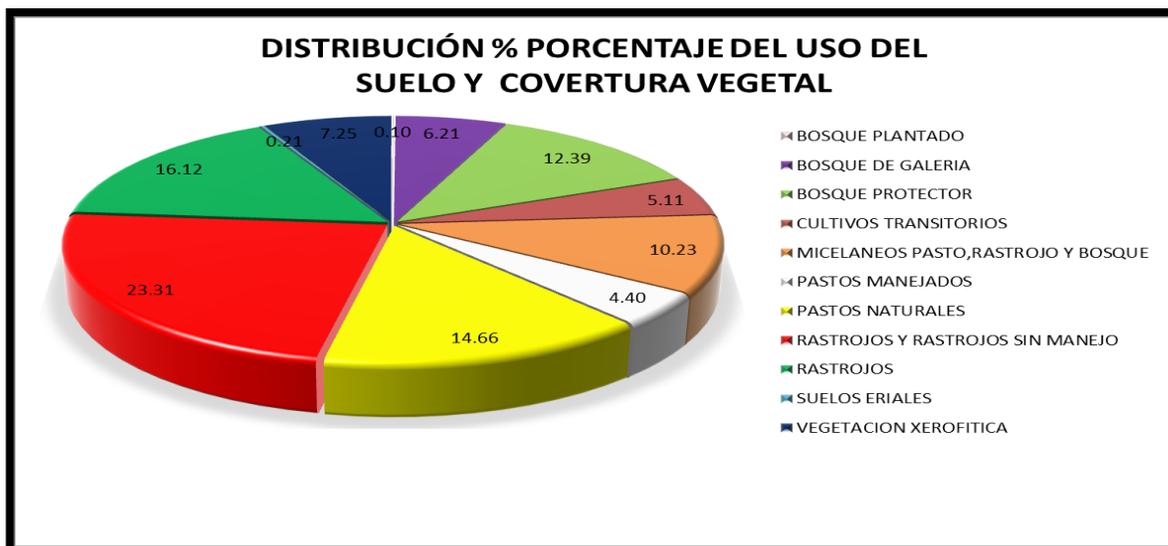


FIGURA 11. PORCENTAJE DE ÁREA ESTABLECIDO PARA LAS PENDIENTES; 2016

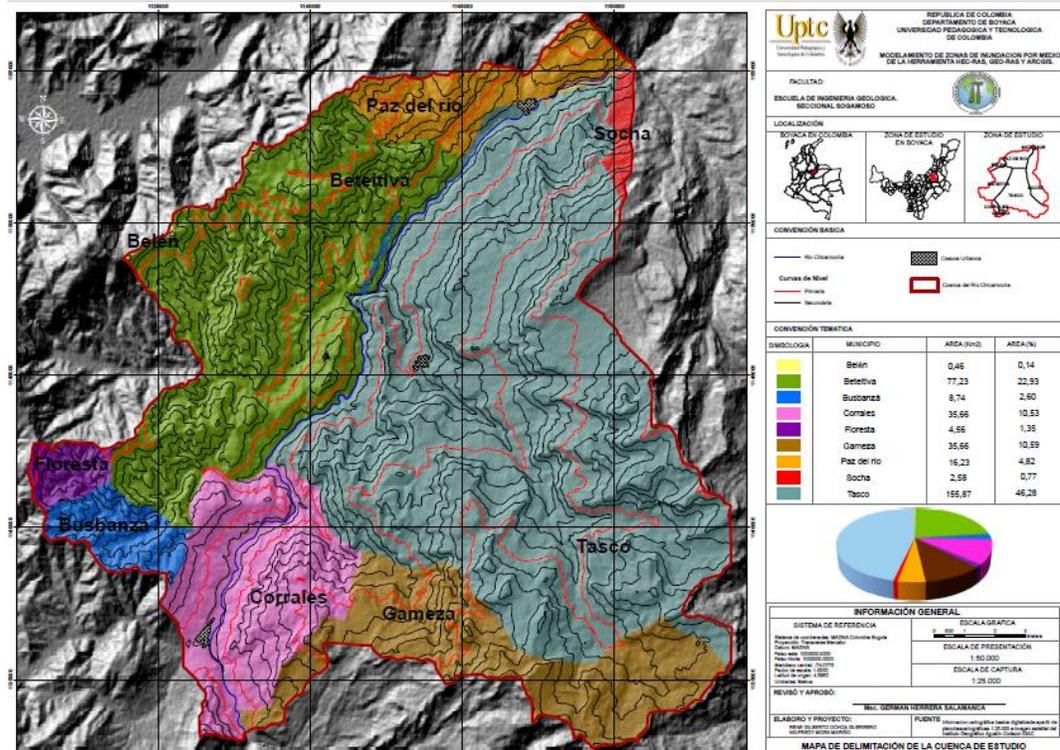
15.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL MAPA DE COBERTURA

La cobertura y uso del suelo que predomina en el paisaje son los rastrojos y rastrojos sin manejo con un porcentaje 23.% esto indica que los bosques han sido sometidos a la intervención antrópica para el establecimiento de potreros, los cuales al ser abandonados se convierten en rastrojos y rastrojos sin manejo y estos equivalen a una extensión del 78.3 km² también se puede identificar que los pastos naturales ocupan un 14.66 % con una 49.2km², estos son importantes porque protegen el suelo de la erosión de las lluvias y vientos aumentando la infiltración del agua lluvia y disminuyendo el escurrimiento.

16 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA DEL CHICAMOCHA

La cuenca hidrográfica es una unidad territorial conformada por un área colectora de las aguas y un río con sus afluentes. En la cuenca están contenidos los recursos naturales básicos para múltiples actividades humanas, como: agua, suelo, vegetación y fauna. Todos ellos mantienen una continua y particular interacción con los aprovechamientos y desarrollos productivos del hombre.³² Las características físicas de la cuenca del Chicamocha se hallaron para discriminar la red de drenaje, caracterizar las pendientes y la forma de la cuenca a partir de cálculos numéricos con el objetivo de que estos ayuden a la comprensión y entendimiento de las características de la misma y posteriormente orientar estos datos a la simulación de inundación.

FIGURA 12 IMAGEN DELIMITACION DE LA CUENCA DE ESTUDIO EN EL RIO CHICAMOCHA



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

³² Cranfield, Universidad de. «modelado de inundación.» 02 de 03 de 2013.
<http://www.fierasdelaingenieria.com/modelado-predictivo-de-inundacion>.

La figura 2.2 muestra que la delimitación de la cuenca de estudio abarca 8 municipios y también se observa el cauce principal que es el río Chicamocha y sus diferentes afluentes a partir de esta delimitación obtendremos los diferentes parámetros morfo métricos de nuestra cuenca exorreica.

16.1 MORFOLOGÍA DE LA CUENCA DEL CHICAMOCHA

16.1.1 Propiedades de la superficie

➤ **Perímetro y área de la cuenca del Chicamocha**

El perímetro de la cuenca del Chicamocha 102.6 km y el Área es de 336.7 km² que según la clasificación de campos³³ la cuenca de estudio es de una categoría intermedia-pequeña.

TABLA 2. CLASIFICACION DE CUENCAS EN BASE A SU ÁREA SEGÚN CAMPOS

TAMAÑO DE LA CUENCA	
km ²	Descripción
< 25	muy pequeña
25 a 250	pequeña
250 a 500	intermedia-pequeña
500 a 2500	intermedia-grande
2500 a 5000	grande
> 5000	muy grande

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

➤ **Forma de la cuenca del Chicamocha**

Coeficiente de compacidad o índice de gravelius, kc.

Este coeficiente está definido como la relación entre el perímetro P y el perímetro de un círculo que contenga la misma área A de la cuenca hidrográfica³⁴:

³³ campos, clasificacion. 13 de enero de 2005. ecnociencia.uach.mx/numeros/v1n3/data/5-morfometria-de-la-cuenca.

³⁴ hidrologica, cuenca. *cuenca hidrologica*. 14 de enero de 2005. <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/cuenca-hidrografica>

$Kc = 0.282 P/\sqrt{A}$ Donde: **Kc**: Coeficiente de compacidad
P: Perímetro de la cuenca
A: Área de la cuenca

$$Kc = 0.282 P/\sqrt{A} = 0.28 \frac{102.6}{\sqrt{336.7}} = 1.5656$$

El Coeficiente de compacidad de Gravelius de la Cuenca de estudio, es de 1,5656. Indicando una cuenca torrencial ligera por poseer una forma oval oblonga según FAO

TABLA 3. CLASIFICACION DE KC SEGUN FAO

Clase Kc1: Rango entre 1 y 1.25	Corresponde forma redonda a oval redonda
Clase Kc2: Rango entre 1.25 y 1.5	Corresponde a forma oval redonda a oval oblonga
Clase Kc3: Rango entre 1.5 y 1.75	Corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

➤ **Longitud, L, de la cuenca del Chicamocha**

La cuenca del Chicamocha estudiada tiene una longitud de 4.54 km

➤ **Ancho de la Cuenca**

El ancho se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L)

$W = S / L$ donde W = ancho de la cuenca

S = superficie de la cuenca (Área)

L = Longitud de la cuenca

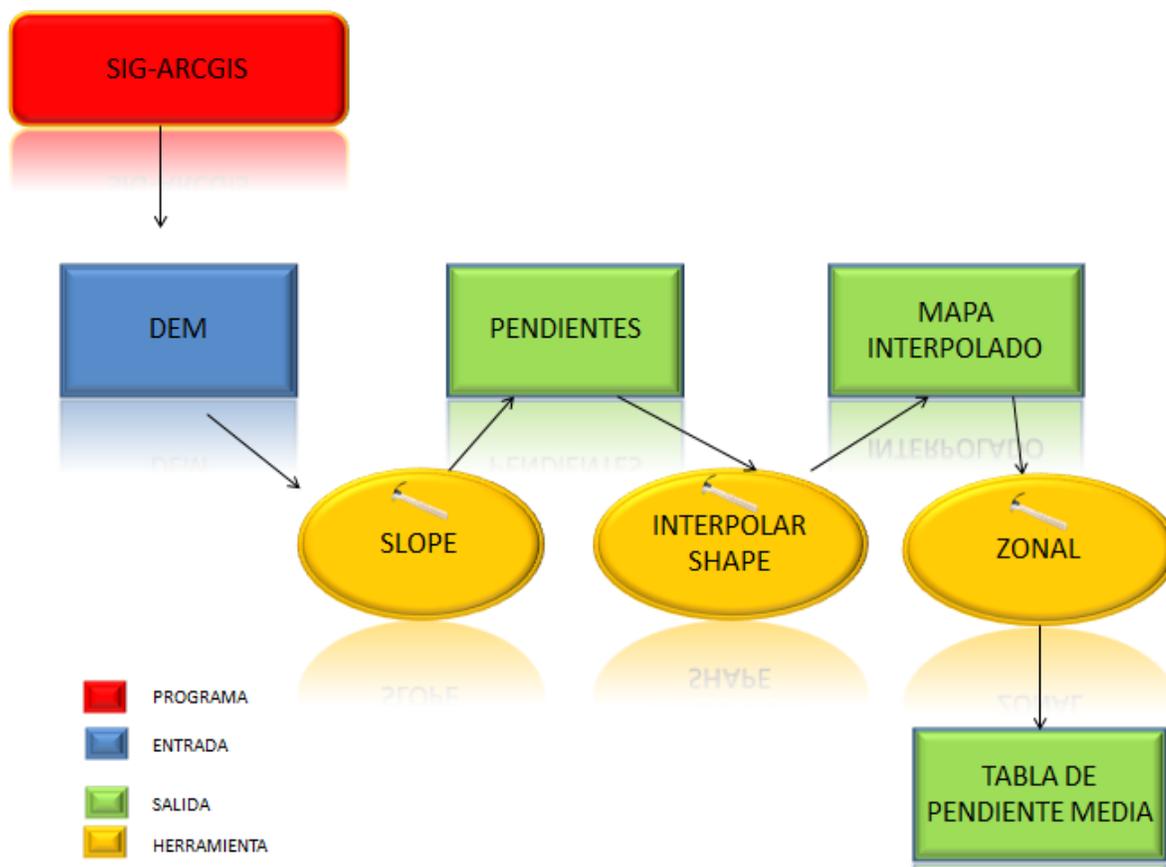
$$W = 336.7 \text{ km}^2 / 4.54 \text{ km}$$

$$W = 74.16 \text{ KM}$$

➤ **GENERACION DE LA PENDIENTE MEDIA**

Esta Pendiente Media controla la velocidad con que se dará la escorrentía superficial en la cuenca de estudio para producir esta pendiente se utilizó la metodología de la figura 12

FIGURA 13.METODOLOGÍA DE LA PENDIENTE MEDIA



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

La Pendiente media de la cuenca es de 22.22 %³⁵ como lo muestra la tabla 4

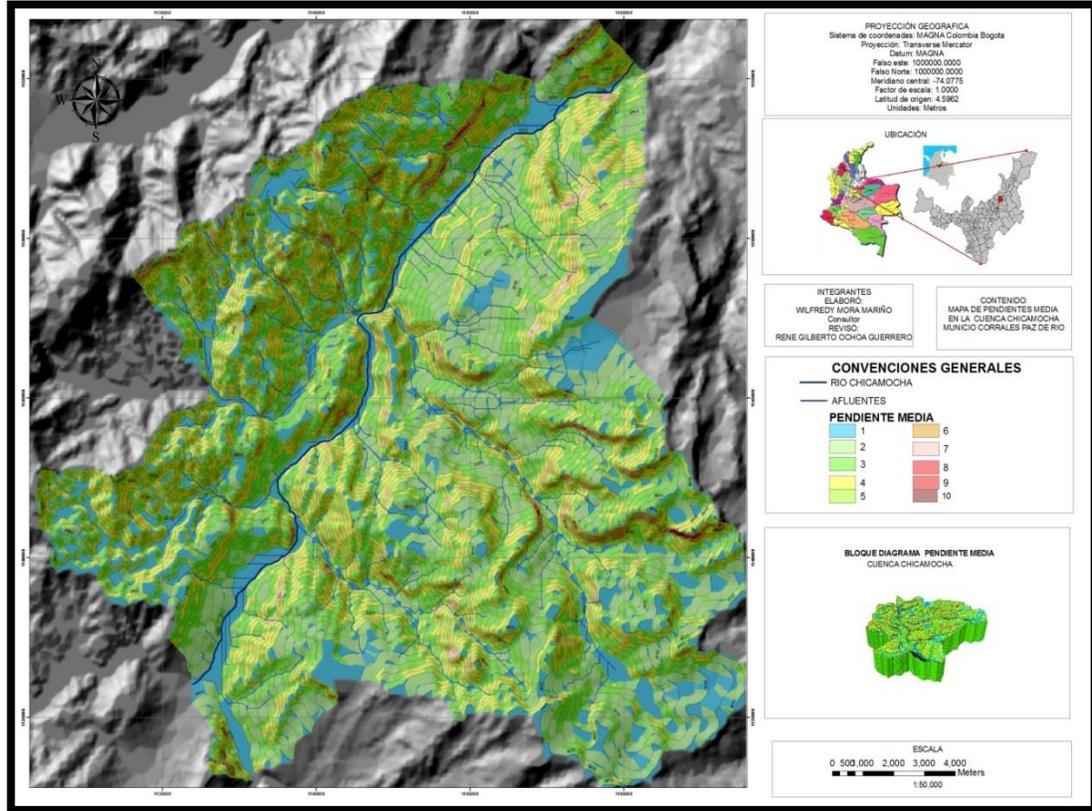
TABLA 4.ESTADISTICAS ZONALES DE LA PENDIENTE EN LA CUENCA DE ESTUDIO

OBJETO	N OCURRENCIAS	AREA	MINIMA	MAXIMA	PENDIENTE MEDIA
1	373893	336.05	0	90	22.22

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

³⁵ www.argis.help.com.co

FIGURA 14. IMAGEN MAPA DE PENDIENTE MEDIA



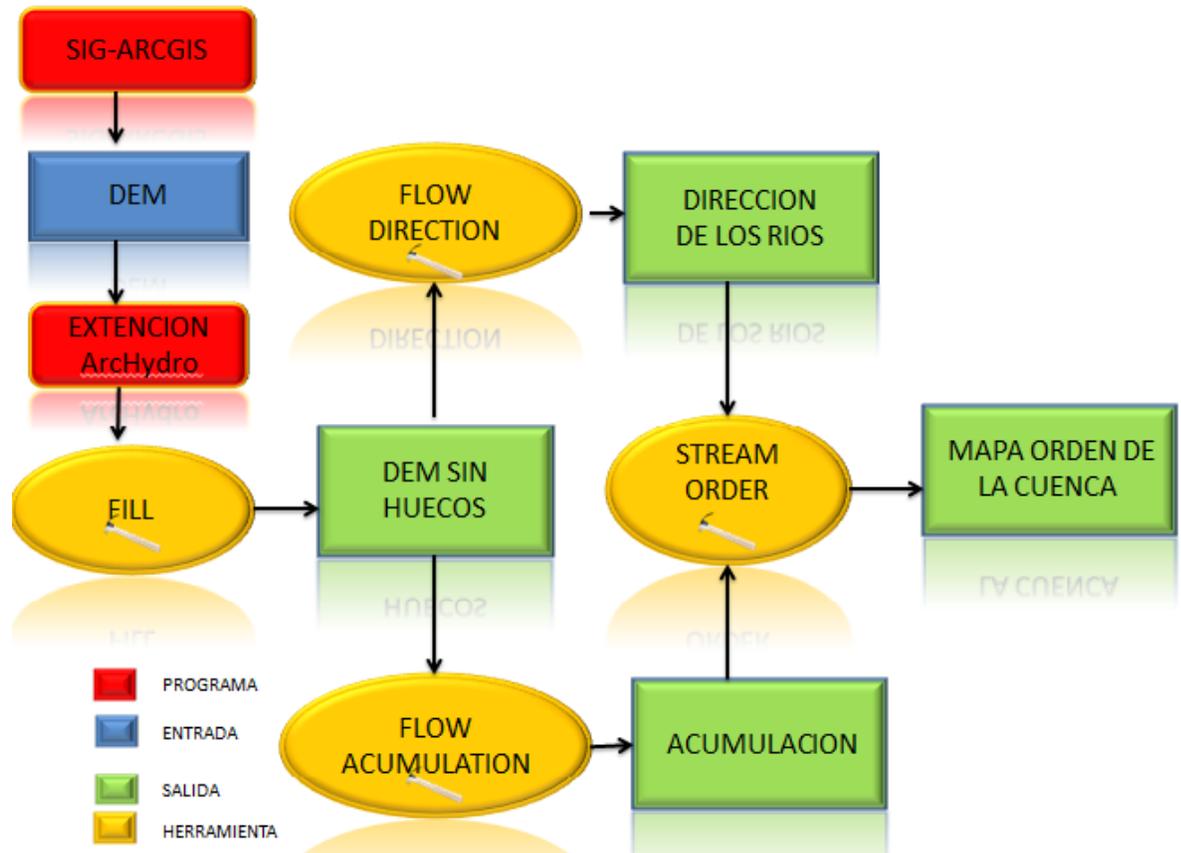
FUENTE: LOS AUTORES; 2016

16. 1.2 PROPIEDAD DE LA RED DE DRENAJES DEL CHICAMOCHA

➤ Orden de las corrientes de agua en la cuenca Chicamocha

El orden de las cuencas es un factor muy importante en cuanto a inundaciones se trata, porque a mayor orden del río principal mayor disipación habrá de la energía en los distintos afluentes, lo cual hará que cuando llegue al cauce principal no tendrá una energía tan grande ni velocidad. Para determinar el orden del cauce principal y de sus diferentes afluentes se empleó la metodología descrita en la figura 14.

FIGURA 15.METODOLOGÍA DETERMINACIÓN ORDEN DE LOS RÍOS



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

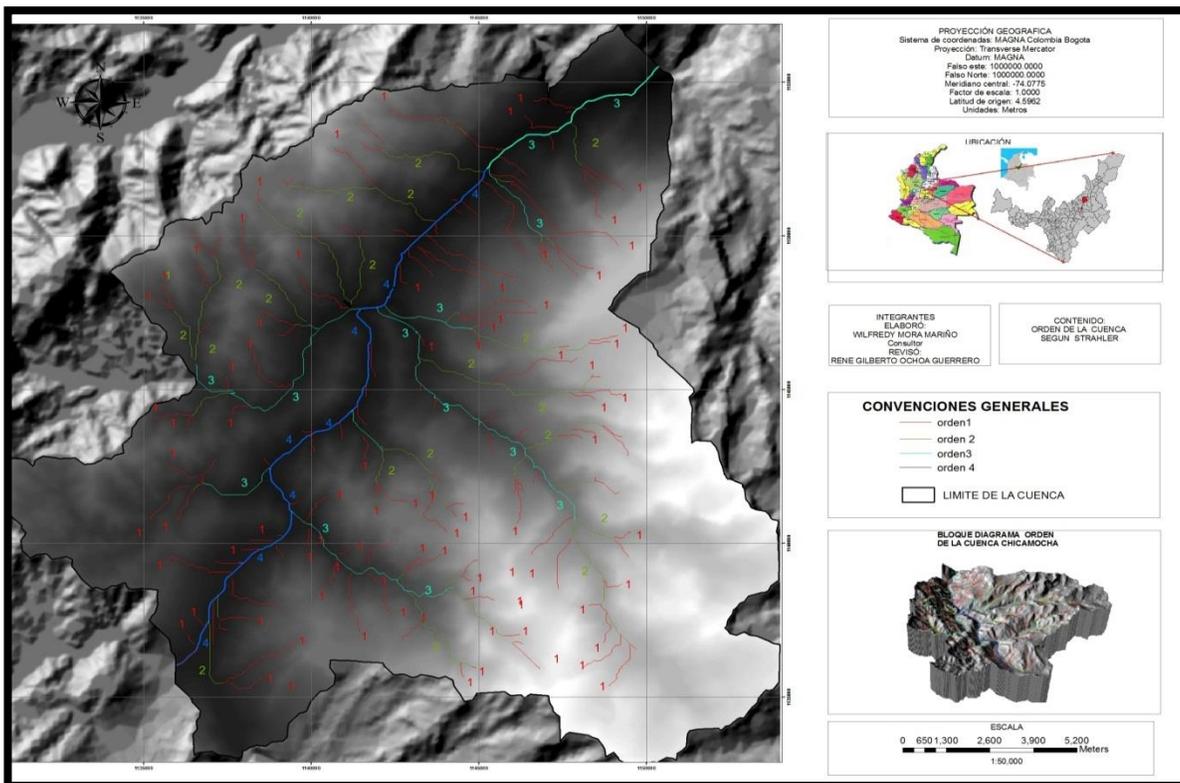
El orden de la cuenca

Esta dado por el orden del cauce principal

- Corrientes de primer orden: pequeños canales que no tienen Tributarios
- Corrientes de segundo orden: se origina cuando dos corrientes de primer orden se unen
- Corrientes de tercer orden: se origina cuando dos corrientes de segundo orden se unen
- Corrientes de orden $n+1$ dos corrientes de orden n se unen esta clasificación se realiza con base en la metodología de Strahler del año 1964³⁶

³⁶. number, Strahler. «Strahler Analysis.» *fiji.sc/Strahler_Analysis*. 2012.

FIGURA 16. IMAGEN ORDEN DE DRENAJES DE LA CUENCA SEGÚN STRAHLER



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

En la figura numero 3 podemos observar la clasificación según strahler de las corrientes de agua en la cuenca del Chicamocha la cual es de orden de 4 . También podemos deducir

TABLA 5.ORDEN DE LOS RIOS

ORDEN	# RIOS
ORDEN 1	49
ORDEN 2	11
ORDEN 3	7
ORDEN 4	1

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

➤ **Densidad de Drenaje del Chicamocha**

Se puede calcular la densidad de (**D**) drenaje dentro de la cuenca de interés así:

$$Dd = L / S$$

Donde:

Dd = Densidad de drenajes

L = longitud total de los drenajes (Km.)

S = Superficie de la cuenca (Km²)

Para la cuenca del Chicamocha

$$Dd = 304.0824 / 336.7$$

D=0.9 km/km² posee drenajes pobres

Cuencas con drenaje pobre: Dd alrededor de 0.5 km/km²;

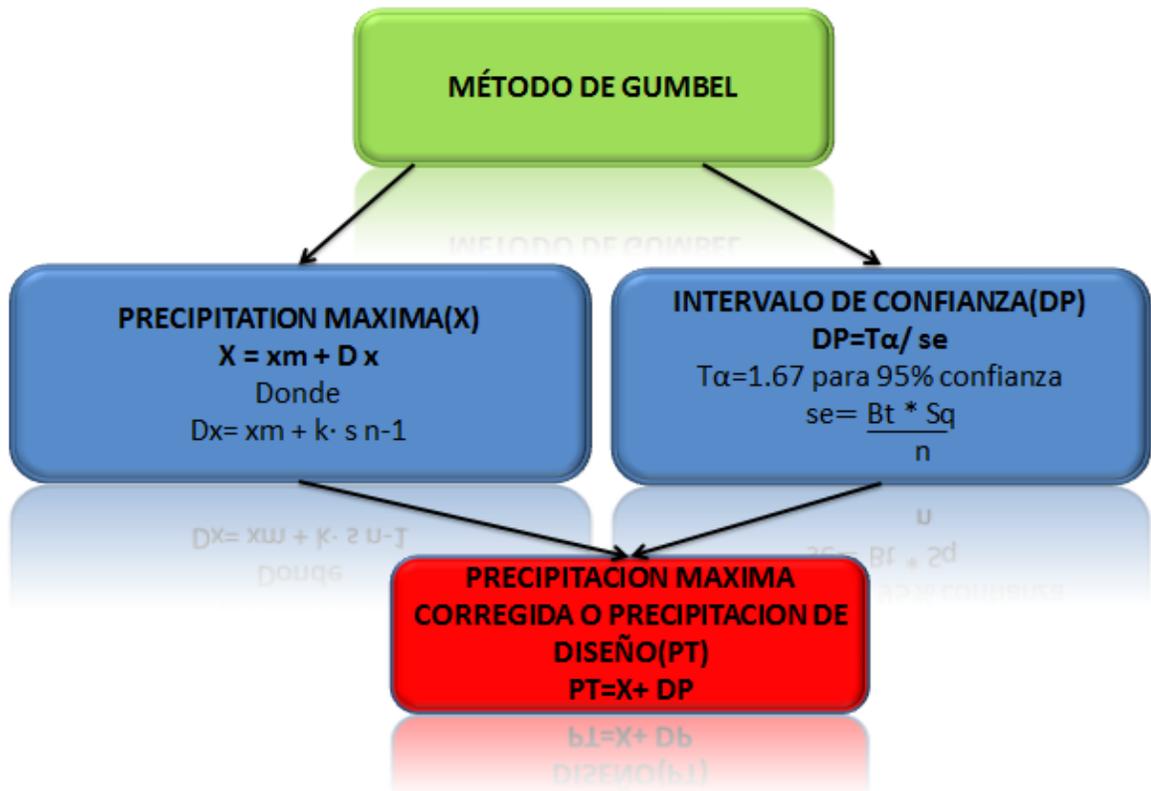
Cuencas bien drenadas: Dd alrededor de 3.5 km/km²

17 MÉTODO DE GUMBEL

Es una teoría de probabilidad y estadística. La distribución de Gumbel, llamada así en honor de Emil Julius Gumbel (1891-1966), es utilizada para modelar la distribución del máximo, por lo que se usa para calcular valores extremos. Por ejemplo, sería muy útil para representar la distribución del máximo nivel de un río a partir de los datos de niveles máximos durante 10 años. Es por esto que resulta muy útil para predecir terremotos, inundaciones o cualquier otro desastre natural que pueda ocurrir.

A partir de una base de datos de valores máximos de precipitación de un sector determinado, se obtienen los siguientes datos estadísticos: precipitación máxima, número de datos de la serie, sumatoria de la serie, precipitación media, Desviación estándar, Varianza, Coeficiente de variación, Varianza de la serie una vez obtenidos estos valores se procede a modelar los datos como se ilustra en la figura 16 para determinar los diferentes periodos de retorno.

FIGURA 17. METODOLOGÍA PARA EL MÉTODO DE GUMBEL



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

X: valor máximo (caudal o precipitación) para un período de retorno T.

Xm: media de la serie dada de valores máximos

D x: desviación respecto a la media, que se estima mediante el producto:

k · s n-1

Dónde:

K: factor de frecuencia, que indica el número de veces de desviación típica en que el valor extremo considerado excede a la media de la serie.

S n-1: desviación estándar, desviación típica de los valores extremos.

El valor de la variable “k” se estima a partir del conocimiento del período de retorno en años y del número de años disponibles en la serie. Así:

$$k = (y_T - y_n) / S_n$$

Dónde:

y_T : variable de Gumbel para el período de retorno T. Se determina a partir del valor del período de retorno. El valor se puede obtener de la tabla adjunta. $y_T = -\ln(T/T - 1)$.

Tabla 6. Variable y_T de Gumbel

T	2	5	10	25	30	50	75	100	250	500
y	0.3665	1.4999	2.2503	3.1985	3.3842	3.9019	4.3107	4.6001	5.519	6.213
T	1	4	7	3	9	4	8	5	4	6

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

y_n: valor que se obtiene a partir del número de años de la serie, mediante tablas

Sn: valor que se obtiene a partir del número de años de la serie, mediante tabla número 7. ³⁷

Tabla 7. Valores de yn y Sn según número de datos

N° datos	yn	Sn	N° datos	yn	Sn	N° datos	yn	Sn
1	0.36651	0.00000	35	0.54034	1.12847	69	0.55453	1.18440
2	0.40434	0.49838	36	0.54105	1.13126	70	0.55477	1.18535
3	0.43859	0.64348	37	0.54174	1.13394	71	0.55500	1.18629
4	0.44580	0.73147	38	0.54239	1.13650	72	0.55523	1.18720
5	0.45879	0.79278	39	0.54302	1.13896	73	0.55546	1.18809
6	0.46903	0.83877	40	0.54362	1.14131	74	0.55567	1.18896
7	0.47735	0.87493	41	0.54420	1.14358	75	0.55589	1.18982
8	0.48428	0.90432	42	0.54475	1.14576	76	0.55610	1.19065
9	0.49015	0.92882	43	0.54420	1.14787	77	0.55630	1.19147
10	0.49521	0.94963	44	0.54475	1.14989	78	0.55650	1.19227
11	0.49961	0.96758	45	0.54529	1.15184	79	0.55669	1.19306
12	0.50350	0.98327	46	0.54580	1.15373	80	0.55689	1.19382
13	0.50695	0.99713	47	0.54630	1.15555	81	0.55707	1.19458
14	0.51004	1.00948	48	0.54678	1.15737	82	0.55726	1.19531
15	0.51284	1.02057	49	0.54724	1.15901	83	0.55744	1.19604
16	0.51537	1.03060	50	0.54854	1.16066	84	0.55761	1.19875
17	0.51768	1.03973	51	0.54895	1.16226	85	0.55779	1.19744
18	0.51980	1.04808	52	0.54934	1.16380	86	0.55796	1.19813
19	0.52175	1.05575	53	0.54972	1.16530	87	0.55812	1.19880
20	0.52355	1.06282	54	0.55009	1.16676	88	0.55828	1.19945
21	0.52522	1.06938	55	0.55044	1.16817	89	0.55844	1.20010
22	0.52678	1.07547	56	0.55079	1.16955	90	0.55860	1.20073
23	0.52823	1.08115	57	0.55113	1.17088	91	0.55876	1.20135
24	0.52959	1.08646	58	0.55146	1.17218	92	0.55891	1.20196
25	0.53086	1.09145	59	0.55177	1.17344	93	0.55905	1.20256
26	0.53206	1.09613	60	0.55208	1.17467	94	0.55920	1.20315
27	0.53319	1.10054	61	0.55238	1.17586	95	0.55934	1.20373
28	0.53426	1.10470	62	0.55268	1.17702	96	0.55948	1.20430
29	0.53527	1.10864	63	0.55296	1.17816	97	0.55962	1.20486
30	0.53622	1.11237	64	0.55324	1.17926	98	0.55976	1.20541
31	0.53713	1.11592	65	0.55351	1.18034	99	0.55989	1.20596
32	0.53799	1.11929	66	0.55378	1.17139	100	0.56002	1.20649
33	0.53881	1.12249	67	0.55403	1.18242	101	0.56015	1.20701
34	0.53959	1.12555	68	0.55429	1.18342			

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

³⁷ (calculo 2014, <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-7/METODO-DE-GUMBEL.pdf>)

17.1 INTERVALO DE CONFIANZA (Bt)

El intervalo de confianza, es decir, aquel dentro del cual puede variar Qmax depende del tamaño de la muestra (n) y de la frecuencia de ocurrencia del evento

Donde:

T α =Valor de la t de una distribución probabilística al nivel de confianza 95% para Colombia se da por tabla que es 1.67

Sq =Desviación estándar en m3/seg

n =Número de datos

Bt=Coeficiente que depende del coeficiente de frecuencia K y se expresa como :

$$Bt = \sqrt{1+1.3 k+1.1*k^2}$$

18 ESTUDIO HIDROLOGICO

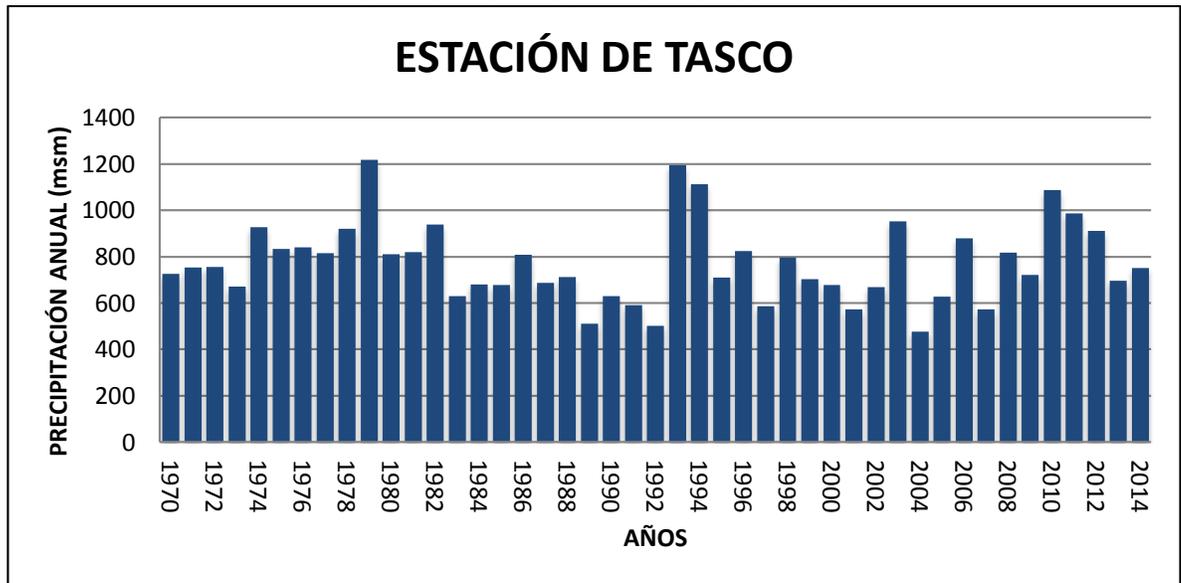
Con base en los boletines del Ideam y de las estaciones climatológicas de la región de la cuenca del Chicamocha , representativas de las zonas de influencia correspondiente , se elaboraron análisis de los promedios multianuales de las siguientes estaciones: Tasco y Beteitiva las cuales se encuentran en la cuenca de estudio, también se utilizaron las estaciones climatológicas de la regiones limítrofes, representativas de las zonas de influencia correspondiente al área de estudio, en razón complementar e integrar la información meteorológica.

18.1 Precipitación Anual

A las estaciones que registran precipitación se les estiman los valores de precipitación anual con el objeto de observar y establecer los periodos lluviosos y secos que se han presentado en el registró.

➤ Precipitación Anual estación tasco para 44 años

FIGURA 18.PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACION TASCO



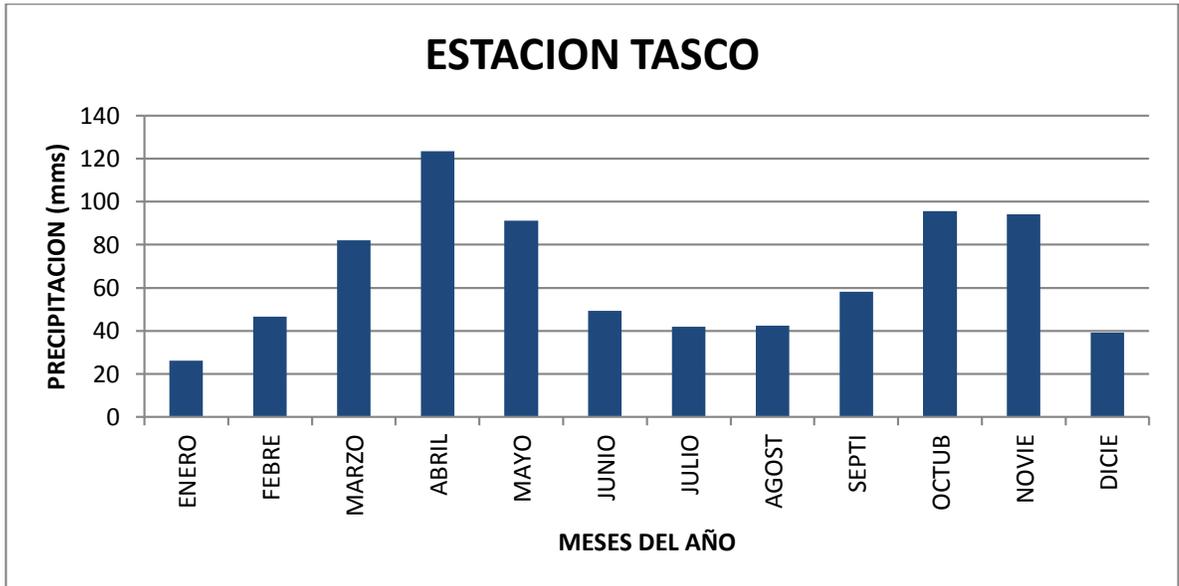
FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Los máximos valores de precipitación anual se presentaron en los años 1979, 1993, 1994 y 2010 con valores de 1218 mm, 1112.1 mm, 1194.4 mm y 1086.6 mm respectivamente. Las inundaciones se presentaron en el 2002 y 2012 con solo un promedio de precipitación 669.63 mm y 910.3 mm anuales. La inundación se dio

en abril con un promedio mensual de 123.3 mm mensual siendo estos los periodos con mayor precipitación mensual.

➤ **PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN TASCO**

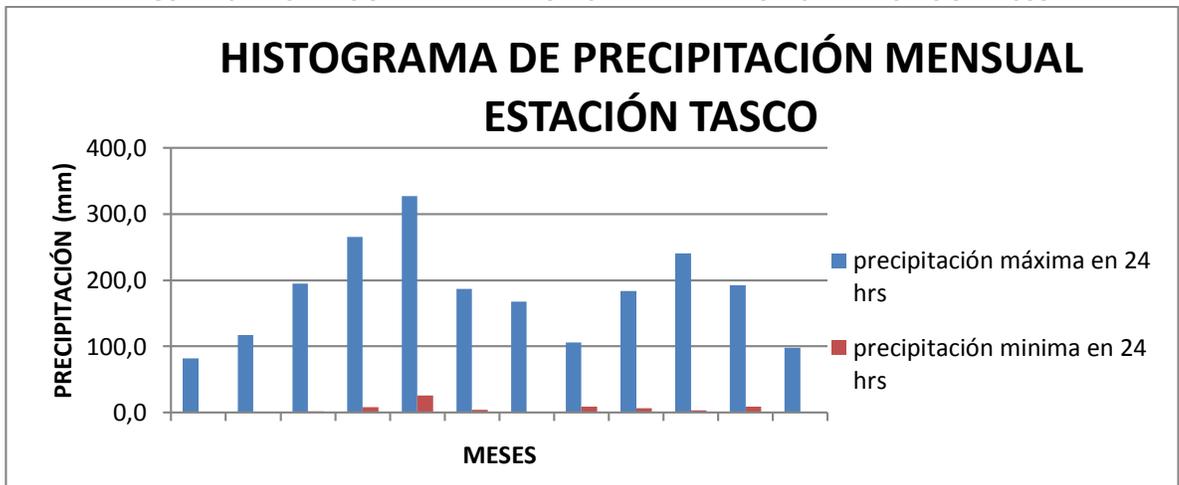
FIGURA 19. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACION TASCO



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Las precipitaciones media anual en la zona de influencia oscila entra 65.86 mm siendo el mes de abril el que presenta mayor pluviosidad con una precipitación media anual de 123.3 mm.

FIGURA 20. PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS Y MÍNIMA 24 HORAS EN LA ESTACIÓN TASCO



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

El valor máximo en 24 horas se alcanza en abril con una precipitación máxima en 24 horas 327 mm, mes más húmedo, los meses más secos son enero y diciembre y le sigue febrero. De acuerdo con la figura 19, el patrón de distribución de lluvias es de tipo bimodal con un periodo de concentración de lluvias en abril y octubre con una precipitación máxima en 24 horas 240.2 mm.

18.2 METODO DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN TASCO

Precipitación máxima =327.00 mm

Numero de datos de la serie =45 mm

Sumatoria de la serie =7033.40 mm

Precipitación media =159.85 mm

Desviación estándar =45.06

Coefficiente de variación =0.28

Varianza de la serie=2030.76

Tabla 6.VARIABLES PARA FORMULA DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN TASCO

Tr	k	Bt	Se	α	P. máx. Pro	DP	Pt (mm/día)
5	0.888	1.738	3.917	1.678	199.867	6.572	206.44
10	1.575	2.403	5.415	1.678	230.826	9.087	239.91
20	2.235	3.066	6.908	1.678	260.568	11.592	272.16
50	3.088	3.937	8.872	1.678	299.008	14.887	313.89
100	3.729	4.598	10.361	1.678	327.894	17.385	345.28

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Intensidad de precipitación para T = 5 años 34.407mm/h

Intensidad de precipitación para T = 10 años 39.98 mm/h

Intensidad de precipitación para T = 20 años 52.31 mm/h

Intensidad de precipitación para T = 50 años 52.32 mm/h

Intensidad de precipitación para T = 100 años 57.55 mm/h

18.3 PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACIÓN BETEITIVA PARA 22 AÑOS

FIGURA 21.PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACIÓN BETEITIVA



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Los máximos valores de precipitación anual se presentaron en los años 1999, 2002, 2003 y 2004 y con un valor de 1176.4 mm, 1158 mm, 1184.4 y 1306.3 mm respectivamente. El año más seco se presentó en 1992 con una precipitación de 454.4 mm.

18.4 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN BETEITIVA

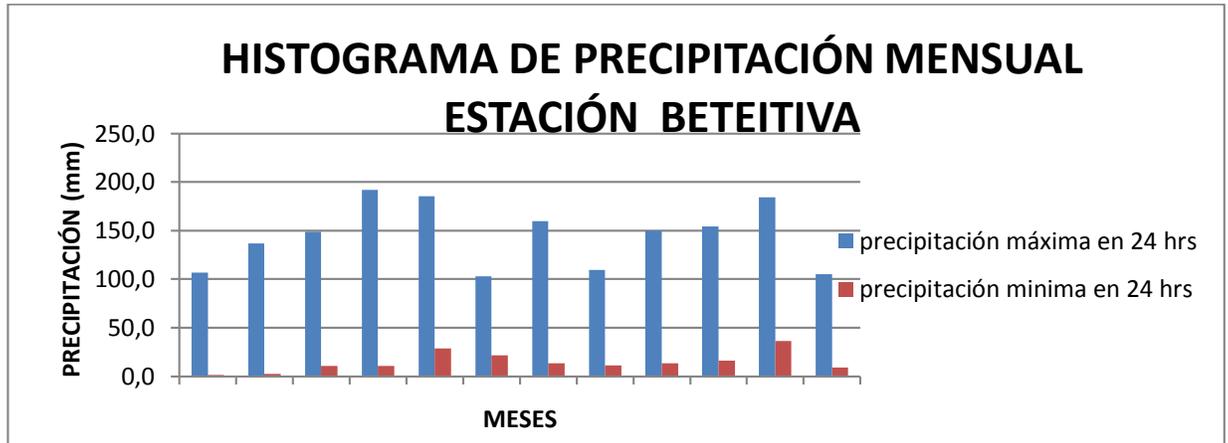
FIGURA 22.PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN BETEITIVA



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Las precipitaciones medias anuales en la zona de influencia oscilan alrededor de 74.32 mm siendo el mes de abril el que presenta mayor pluviosidad con una precipitación media anual de 117.13 mm.

FIGURA 23.PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS Y MINIMA 24 HORAS EN LA ESTACIÓN BETEITIVA



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

El valor máximo en 24 horas se alcanza en abril con una precipitación máxima en 24 horas 192 mm, mes más húmedo, los meses más secos son junio, julio enero y diciembre y le sigue febrero. De acuerdo a la figura, el patrón de distribución de lluvias es de tipo bimodal con un periodo de concentración de lluvias en abril y noviembre con una precipitación máxima en 24 horas 184.6 mm.

18.5 MÉTODO DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN BETEITIVA

Precipitación máxima=192 mm.

Numero de datos de la serie=23

Sumatoria de la serie=3252.7

Precipitación media=147.85 mm.

Desviación estándar=29.71

Coeficiente de variación=0.20

Varianza de la serie=882.59

Tabla 7.VARIABLES PARA FORMULA DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN BETEITIVA

Tr	k	Bt	Se	τα	P. máx. Pro	DP	Pt (mm/día)
5	0.888	1.738	2.582	1.678	174.231	4.333	178.56
10	1.575	2.403	3.570	1.678	194.641	5.990	200.63
20	2.235	3.066	4.554	1.678	214.248	7.642	221.89
50	3.088	3.937	5.849	1.678	239.590	9.814	249.40
100	3.729	4.598	6.830	1.678	258.633	11.461	270.09

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

RESULTADOS

Intensidad de precipitación para T = 5 años	29.76 mm/h
Intensidad de precipitación para T = 10 años	33.43mm/h
Intensidad de precipitación para T = 20 años	36.98 mm/h
Intensidad de precipitación para T = 50 años	41.56 mm/h
Intensidad de precipitación para T = 100 años	45.01mm/h

18.6 PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACIÓN GAMEZA PARA 30 AÑOS

FIGURA 24.PRECIPITACION ANUAL ESTACION GAMEZA



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Los máximos valores de precipitación anual se presentaron en los años 1990 con un valor de 1465.7 mm y 2010 con 1496.2 mm, 2011 con 1461.2 y el 2012 con

1451.1 mm. Estos valores tienden a repetirse después de 10 años teniendo en cuenta que el 2012 fue la época de la inundación y afectación de los municipios de Corrales y Paz de Rio. El año más seco se presentó en 1992 con una precipitación de 848.2 mm en el año.

18.7 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN GAMEZA

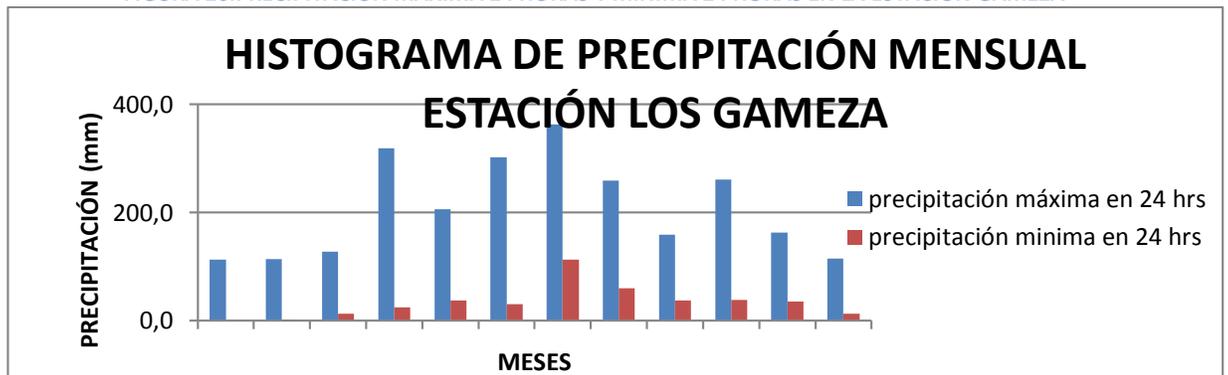
FIGURA 25. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN GAMEZA



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Las precipitaciones media anual en la zona de influencia oscila alrededor de 103.69 mm, siendo el mes de julio el que presenta mayor pluviosidad con una precipitación media anual de 204.27 mm.

FIGURA 26. PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS Y MÍNIMA 24 HORAS EN LA ESTACIÓN GAMEZA



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

El valor máximo en 24 horas se alcanza en julio con una precipitación máxima en 24 horas 362.9 mm, mes más húmedo, los meses más secos son enero febrero marzo y diciembre. De acuerdo con la figura 25, el patrón de distribución es mono modal con los valores de precipitación más altos en los meses de Abril a Octubre, y con tiempos secos durante el periodo comprendido entre Diciembre a Marzo.

18.8 METODO DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN GAMEZA

Numero de datos de la serie =31

Precipitación máxima=362.90 mm.

Sumatoria de la serie= 6690.10

Precipitación media=223.00 mm.

Desviación estándar =56.65

Coeficiente de variación=0.25

Varianza de la serie=3209.03

Tabla 8.VARIABLES PARA FORMULA DE GUMBEL ESTACIÓN GAMEZA

Tr	k	Bt	Se	ta	P. máx. Proj	DP	Pt (mm/día)
5	0.888	1.738	4.924	1.678	273.307	8.262	281.57
10	1.575	2.403	6.807	1.678	312.224	11.423	53.94
20	2.235	3.066	8.684	1.678	349.612	14.572	364.18
50	3.088	3.937	11.153	1.678	397.933	18.714	416.65
100	3.729	4.598	13.024	1.678	434.245	21.854	456.10

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Intensidad de precipitación para T = 5 años 46.92 mm/h

Intensidad de precipitación para T = 10 años 8.990 mm/h

Intensidad de precipitación para T = 20 años 60.69 mm/h

Intensidad de precipitación para T = 50 años 69.44 mm/h

Intensidad de precipitación para T = 100 años 76.02 mm/h

18.9 PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACIÓN BELENCITO PARA 30 AÑOS

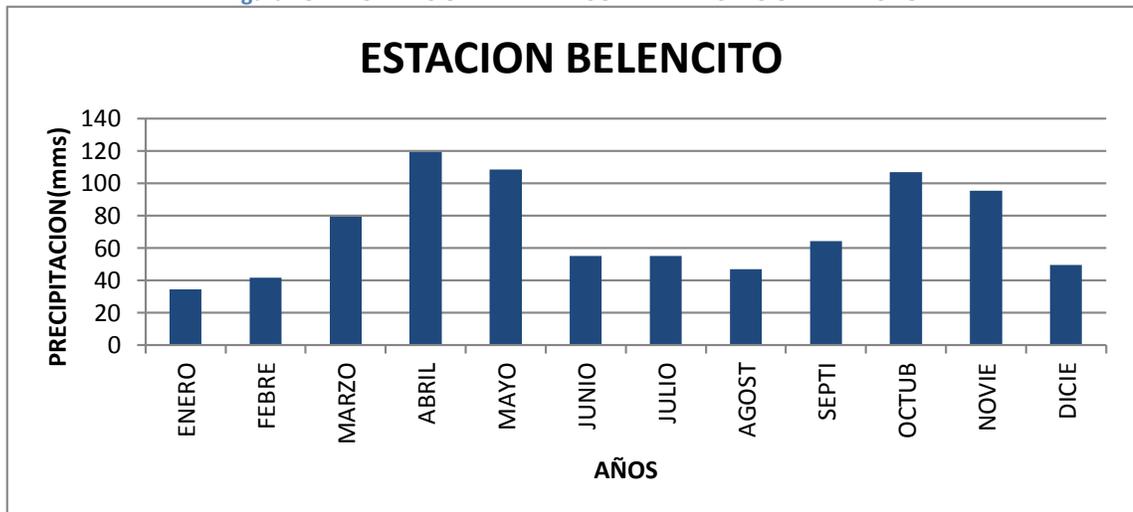
Figura 27. PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACION BELENCITO



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Los máximos valores de precipitación anual se presentaron en el año 2010 con un valor de 1377.9 mm, seguido por el año 2011 con un valor 1179.1 mm presentando dos años continuos de máxima pluviosidad , el año más seco se presentó en 1997 con una precipitación de 466 mm en el año.

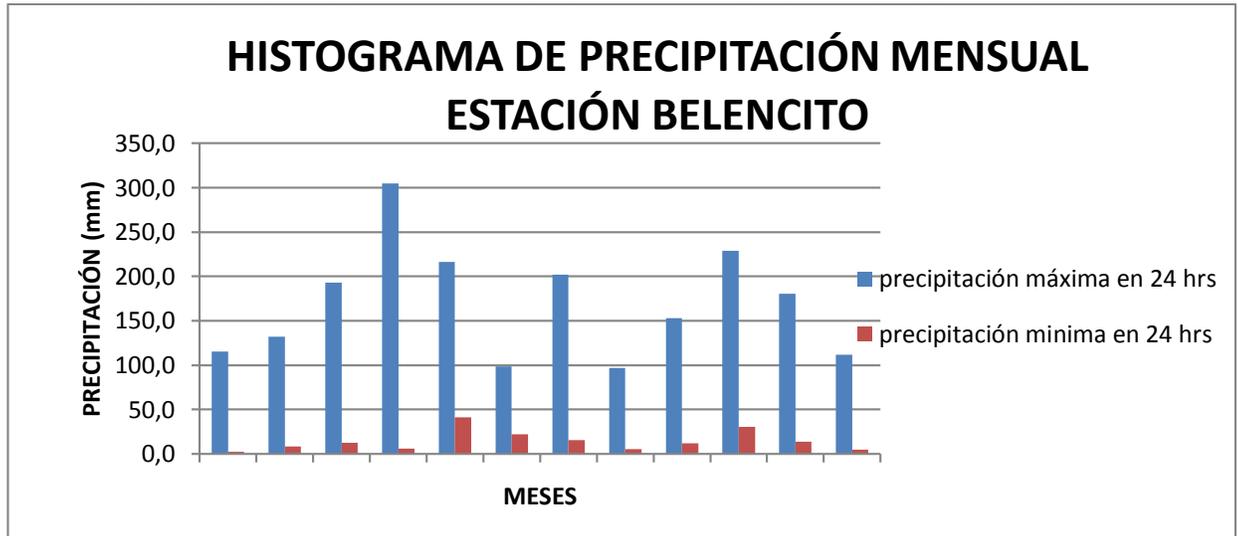
Figura 28. PRECIPITACIÓN MEDIA MESUAL DE LA ESTACIÓN BELENCITO



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Las precipitaciones media anual en la zona de influencia oscila alrededor de 142.74 mm, siendo el mes de abril el que presenta mayor pluviosidad con una precipitación media anual de 119.22 mm

FIGURA 29.PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS Y MINIMA 24 HORAS EN LA ESTACIÓN BELENCITO



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

El valor máximo en 24 horas se alcanza en abril con una precipitación máxima en 24 horas 305.1 mm, mes más húmedo, los meses más secos son junio ,agosto, diciembre ,enero y le sigue febrero . De acuerdo con la figura, el patrón de distribución de lluvias es de tipo bimodal con un periodo de concentración de lluvias en abril y octubre con una precipitación máxima en 24 horas 228.9 mm

18.10 METODO DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN BELENCITO

Numero de datos de la serie =31

Precipitación máxima =305.10 mm

Sumatoria de la serie=4843.88

Precipitación media=156.25 mm

Desviación estándar=44.82

Coeficiente de variación=0.29

Varianza de la serie=2008.68

TABLA 9.VARIABLES PARA FORMULA DE GUMBEL PARA LA ESTACIÓN BELENCITO.

Tr	k	Bt	Se	α	P. máx. Pro	DP	Pt (mm/día)
5	0.888	1.738	4.924	1.678	196.053	8.262	204.31
10	1.575	2.403	6.807	1.678	226.843	11.423	238.27
20	2.235	3.066	8.684	1.678	256.423	14.572	271.00
50	3.088	3.937	11.153	1.678	294.653	18.714	313.37
100	3.729	4.598	13.024	1.678	323.382	21.854	345.24

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Intensidad de precipitación para T = 5 años	34.05 mm/h
Intensidad de precipitación para T = 10 años	39.71 mm/h
Intensidad de precipitación para T = 20 años	45.16 mm/h
Intensidad de precipitación para T = 50 años	52.23 mm/h
Intensidad de precipitación para T = 100 años	57.54 mm/h

18.11 PRECIPITACIÓN ANUAL ESTACIÓN MONGUA PARA 30 AÑOS

FIGURA 30.PRECIPITACION ANUAL ESTACIÓN MONGUA



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Los máximos valores de precipitación anual se presentó en el año 2011 con un valor de 1341.2 mm y un año antes se presentó la segunda precipitación más alta 2010 con un valor 1285.3 estos valores tienden a repetirse cada 10 años sabiendo que en 1990 se presentó una pluviosidad 1274.6 mm , el año más seco se presentó en 1992 con una precipitación de 848.2 mm en el año.

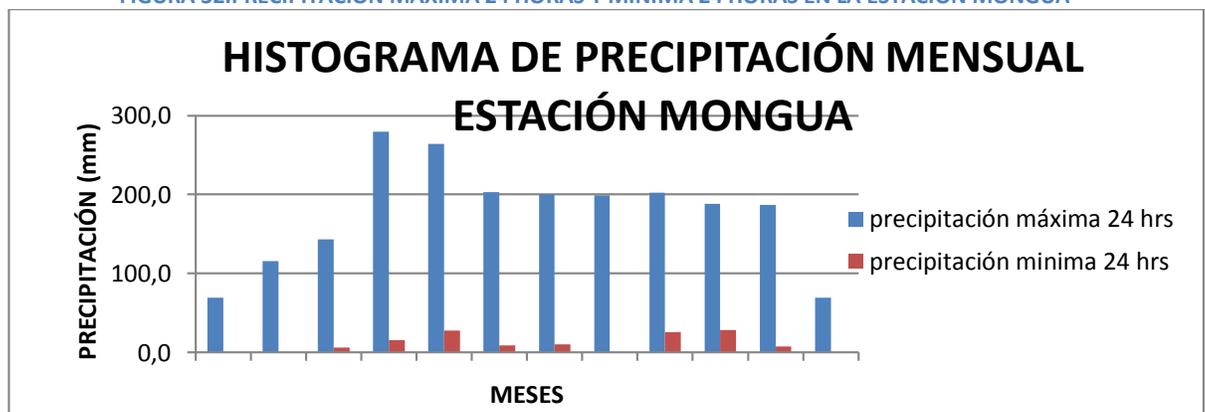
18.12 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN BELENCITO

FIGURA 31.PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN MONGUA



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

FIGURA 32.PRECIPITACIÓN MAXIMA 24 HORAS Y MINIMA 24 HORAS EN LA ESTACIÓN MONGUA

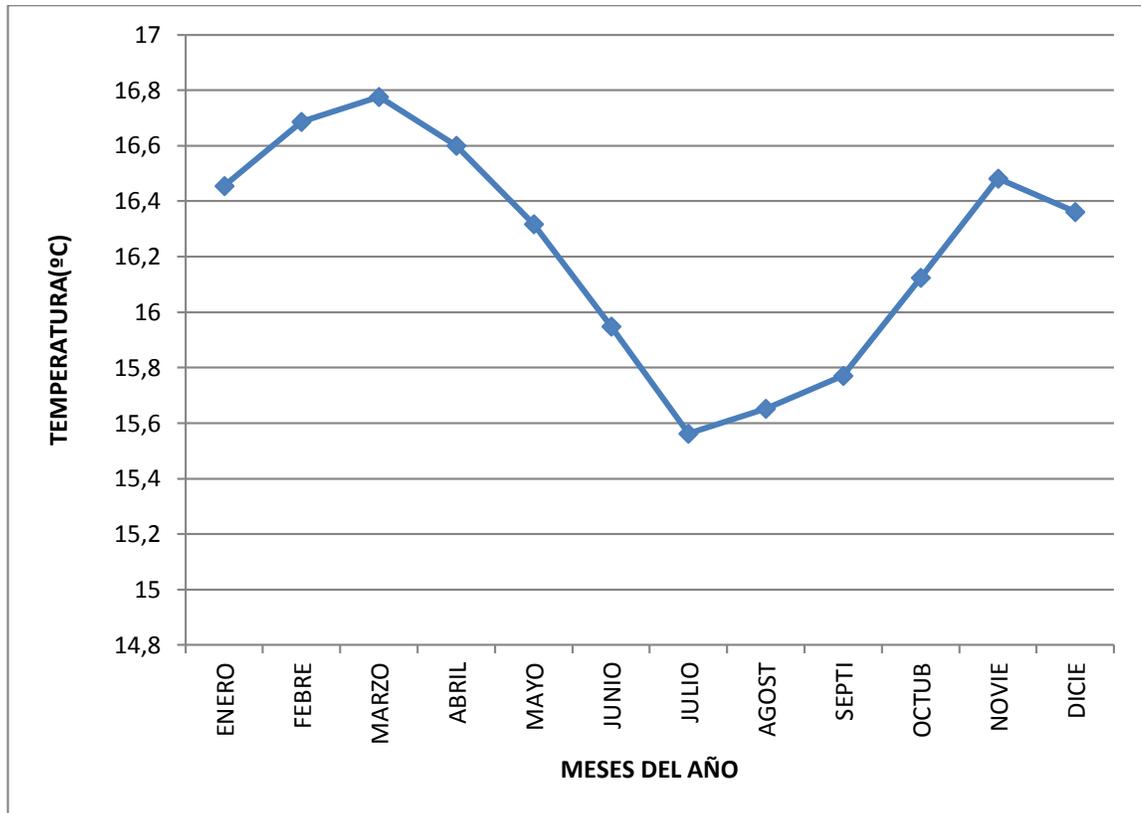


FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

19 TEMPERATURA

La temperatura en la zona .presenta una variación espacial determinada por los factores altitudinales, donde se puede concluir que la temperatura disminuye a medida que aumenta la altitud.

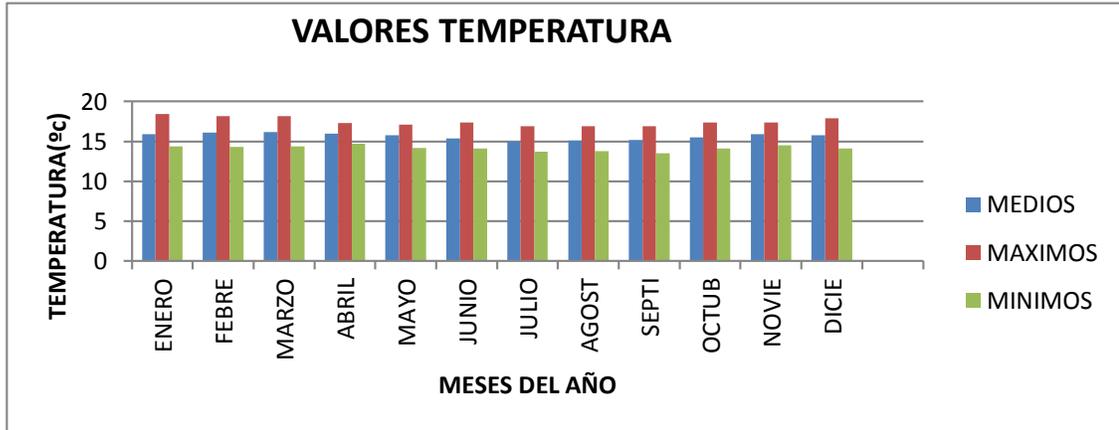
FIGURA 33.TEMPERATURA MEDIA MENSUAL PARA LA ESTACION BELENCITO



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

En la cuenca de estudio no existe estación para monitoreo de la temperatura ,por tanto se recurrió a la estación más cercana localizada en belencito .Según dicha estación la temperatura fluctúa de 15,5°C temperatura mínima promedio mensual, valor medio de 16,2 °C anual y máxima de 16,77 °C valor anual; los meses que registran incremento en la temperatura son: Febrero, marzo , noviembre y diciembre; mientras que los meses que registran bajas temperaturas son junio, julio, agosto y septiembre como se registra en la figura. 33.

FIGURA 34. VALORES MINIMOS, MEDIOS Y MAXIMOS DE TEMPERATURA EN LA ESTACIÓN BELENCITO



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

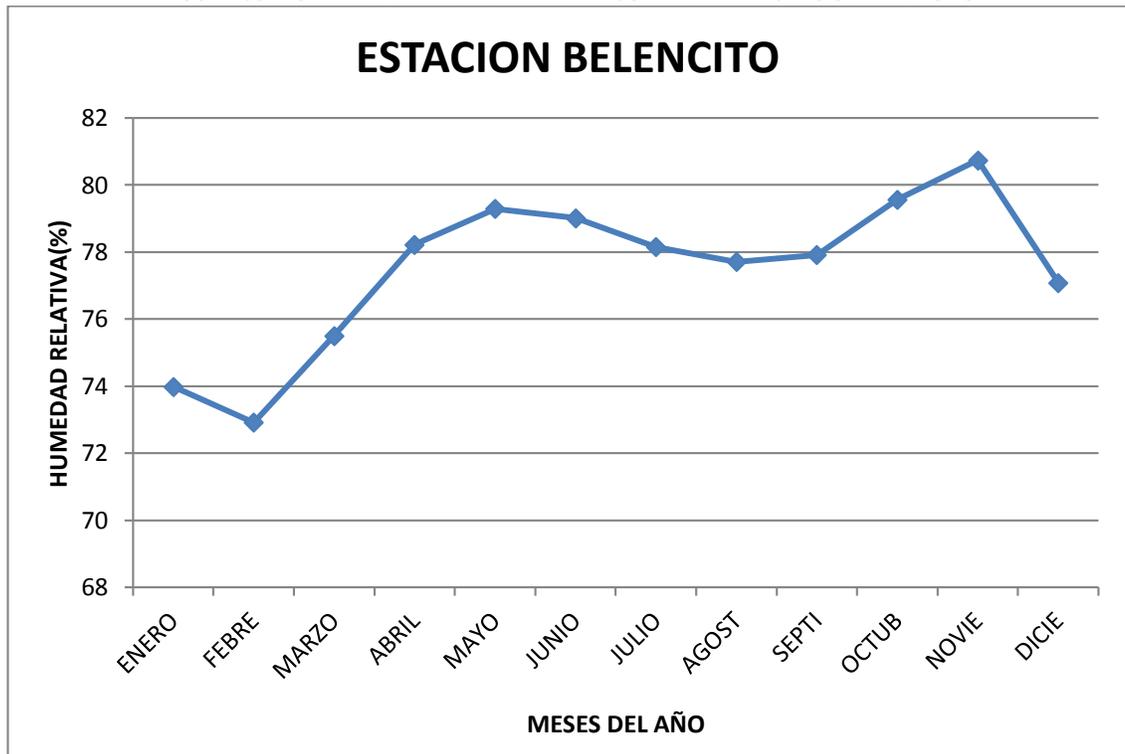
Se observa que la temperatura media tiene su punto más bajo en los meses de Junio y julio y las máximas temperatura se dieron en enero con 18.4 °C en los febrero 18.2 °C y marzo 18.2 °C

20 HUMEDAD RELATIVA

La humedad es el factor climático más importante puesto que limita el crecimiento de las plantas, los tejidos vegetales contienen normalmente hasta 80% de agua, las principales fuentes de humedad son las lluvias, el rocío, la niebla el hielo y el granizo

La humedad presente en la atmósfera (y) posee una relación inversamente proporcional a la temperatura, es decir a mayor temperatura menor humedad y viceversa

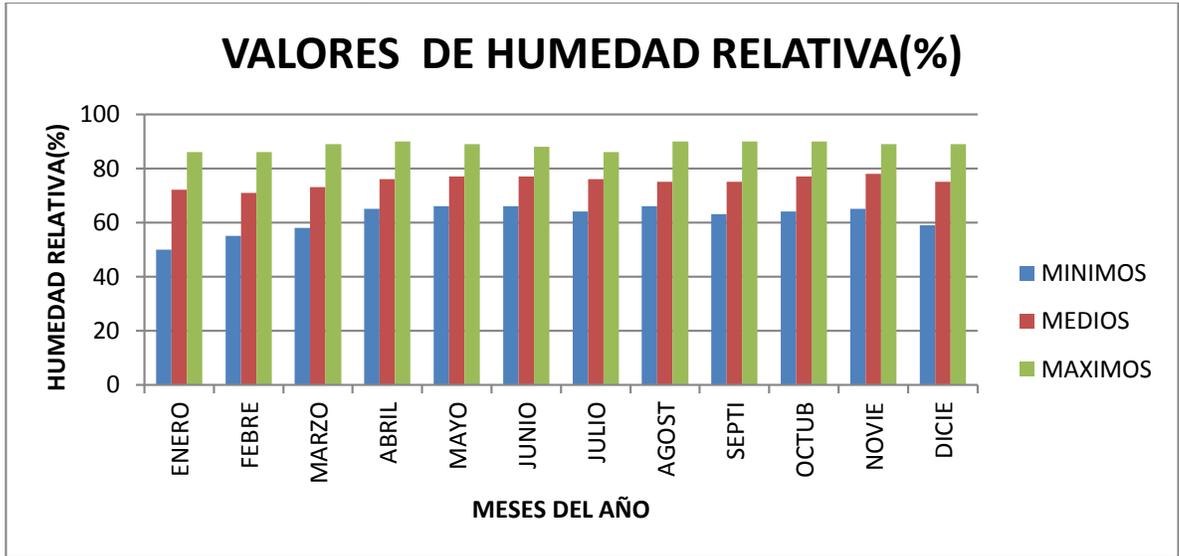
FIGURA 35. HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL PARA LA ESTACION BELENCITO



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

La Humedad Relativa aumenta alcanzando valores máximos de un 80.73% en noviembre y disminuyendo vertiginosamente en el mes de diciembre que es un mes con poca pluviosidad.

FIGURA 36. VALORES MINIMOS, MEDIOS Y MAXIMOS DE HUMEDAD RELATIVA EN LA ESTACIÓN BELENCITO



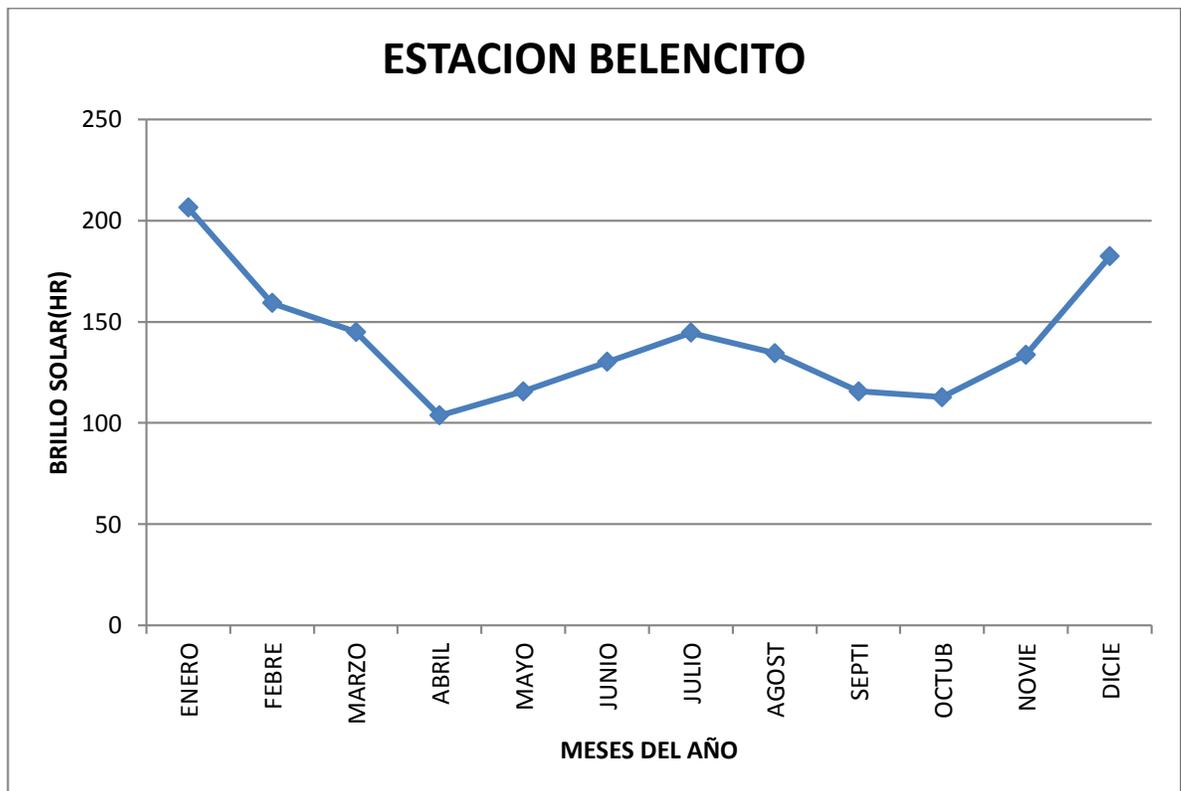
FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Los mínimos valores medio mensuales de humedad se presentaron en enero con un 50 % de humedad seguido de febrero con 55 % humedad los cuales son los que mayor temperatura poseen por ser los meses secos .

21 BRILLO SOLAR

El brillo solar es importante porque garantiza la estabilidad de los ecosistemas y en las plantas si es aprovechada para realizar la fotosíntesis. La fotosíntesis es transformación de energía radiante en energía química mediante la asimilación del carbono del CO₂ del aire y su fijación en compuestos orgánicos carbonados.

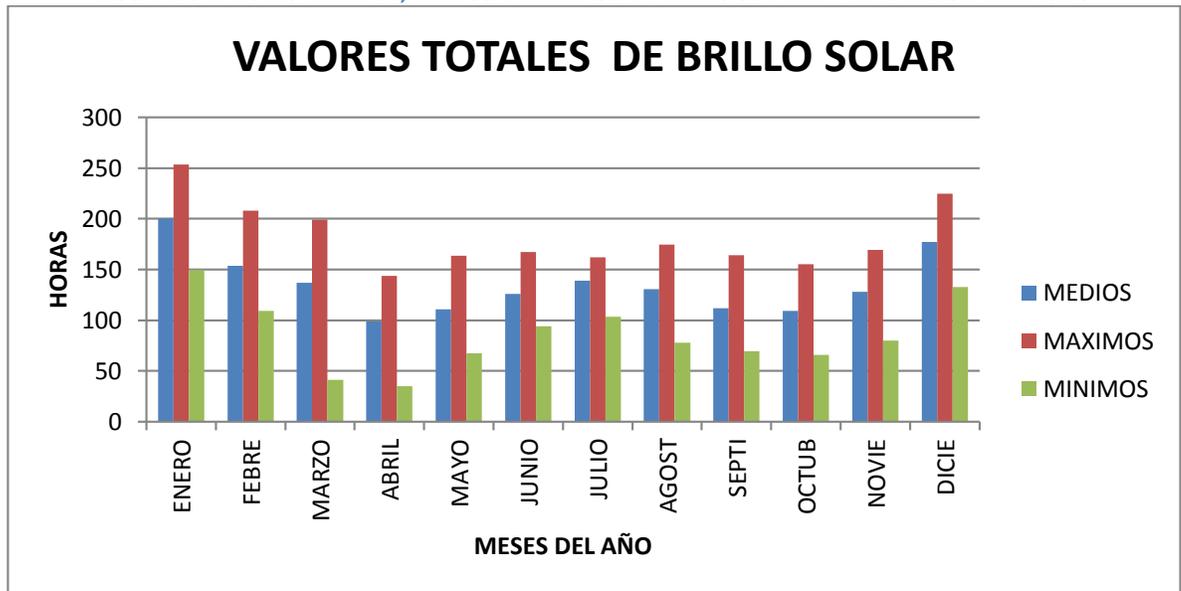
FIGURA 37. BRILLO SOLAR MEDIA MENSUAL PARA LA ESTACION BELENCITO



FUENTE. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Los valores máximos de brillo solar se dan en enero con unas 206.4 horas, seguido de diciembre con un valor de 182.40 horas.

FIGURA 38. VALORES MINIMOS, MEDIOS Y MAXIMOS DE BRILLO SOLAR EN LA ESTACIÓN BELENCITO



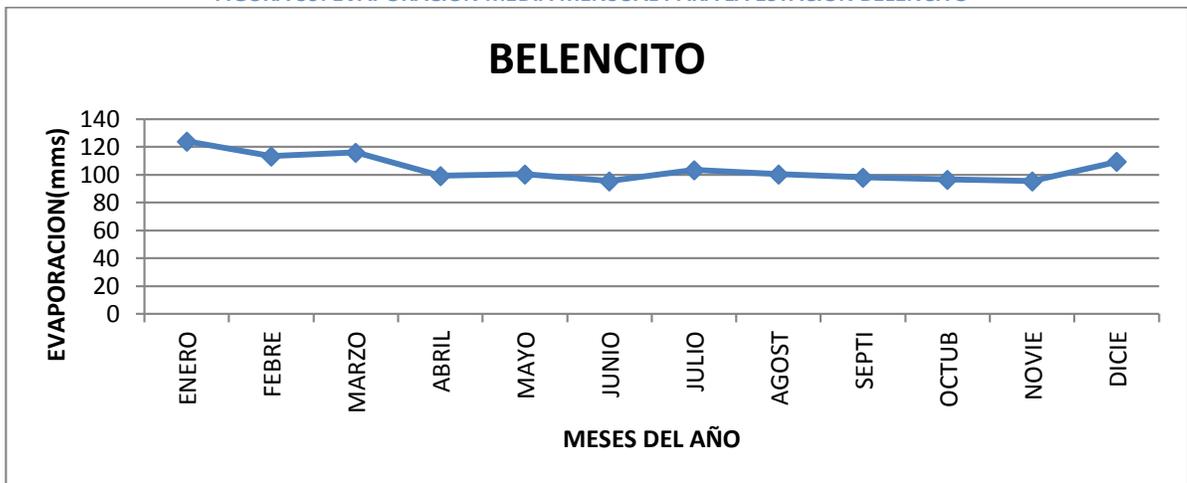
FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Los mínimos valores medio mensuales de brillo solar se presentaron en abril con un valor de 35 horas seguido de marzo con 41.3 de horas como podemos observar hay menos brillo solar en los meses de máxima pluviosidad.

22 EVAPORACIÓN (MM)

La evaporación comprende el agua que continuamente se fuga del suelo en forma de vapor y que llena la atmosfera, está influenciada por factores como el suelo, temperatura, brillo solar, humedad relativa, cobertura vegetal entre otros, para el área de estudio se puede decir que:

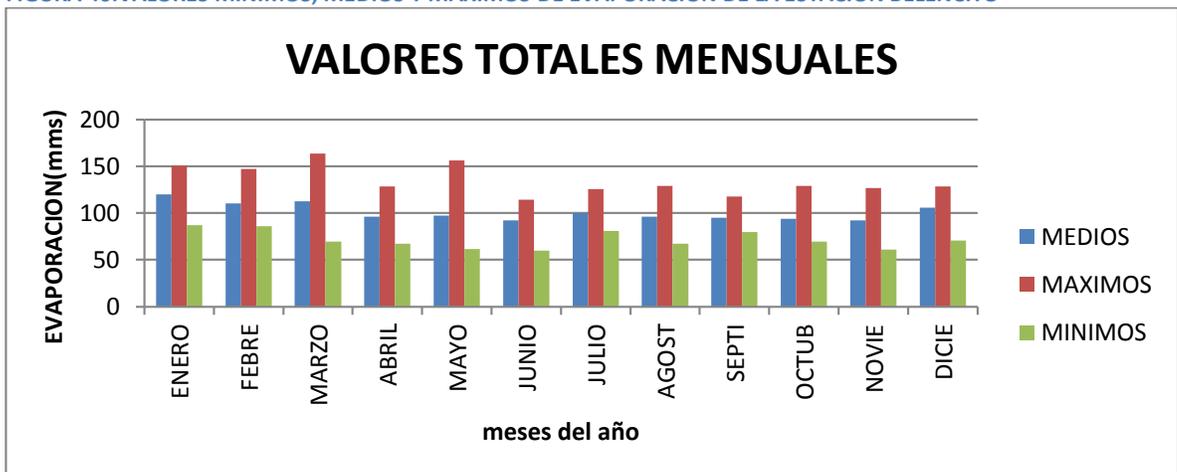
FIGURA 39. EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL PARA LA ESTACION BELENCITO



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Los valores máximos de evaporación se dan en enero con 124.06 mm seguido de diciembre con un valor de 109.36 mm, los cuales registran los meses más secos con su mayor valor.

FIGURA 40. VALORES MINIMOS, MEDIOS Y MAXIMOS DE EVAPORACIÓN DE LA ESTACIÓN BELENCITO



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Los mínimos valores medio de evaporación se presentaron en junio con un valor de 59.8 mm seguido de noviembre con 61.2 mm.

23 GENERACIÓN DE ISOYETAS

La isoyeta es una línea imaginaria o isolínea que une los puntos que presentan la misma precipitación en la unidad de tiempo considerada sobre un plano cartográfico. Para la generación de los mapas de isoyetas se tuvieron en cuenta 8 estaciones pluviométricas y los datos de periodo de retorno de la tabla 11.

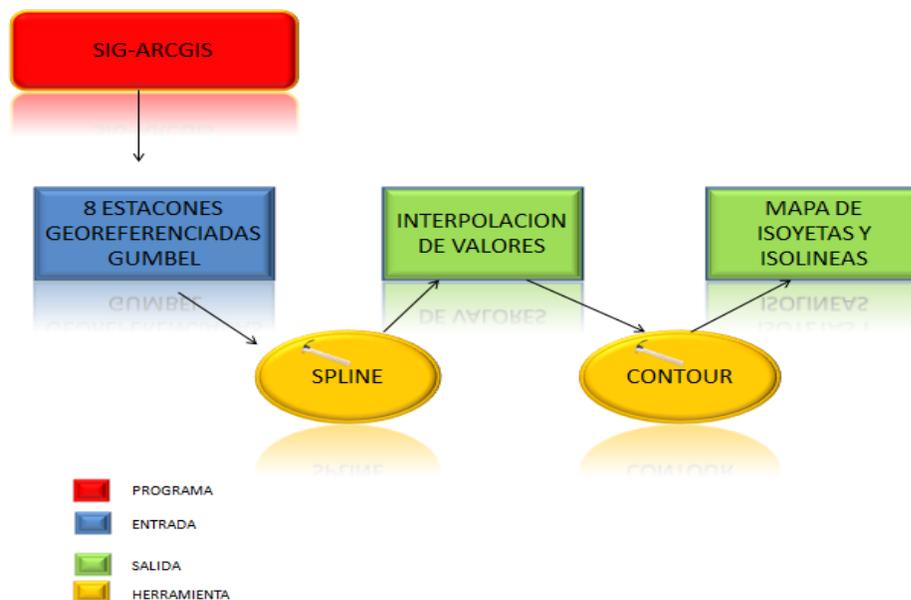
TABLA 11. PERIODOS DE RETORNO PARA GENERAR ISOYETAS

ESTACIÓN	T5(mm/h)	T10(mm/h)	T 20(mm/h)	T50(mm/h)	T100(mm/h)
TASCO	34.407	39.98	52.31	52.3	57.55
STA ROSA	40.2	46.5	52.57	60.4	66.34
MONGUA	34.305	40.217	45.917	53.2	58.84
APOSENTOS	39.5	47.77	55.73	66.0	73.77
GAMEZA	46.92	8.99	60.69	69.4	76.02
TUTASA	43.26	50.94	58.33	67.8	75.09
BETEITIVA	29.76	33.43	36.98	41.5	45.01
BELENCITO	34.05	39.71	45.16	52.2	57.54

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Para generar el mapa de isoyetas se utilizó la metodología descrita en la figura 40.

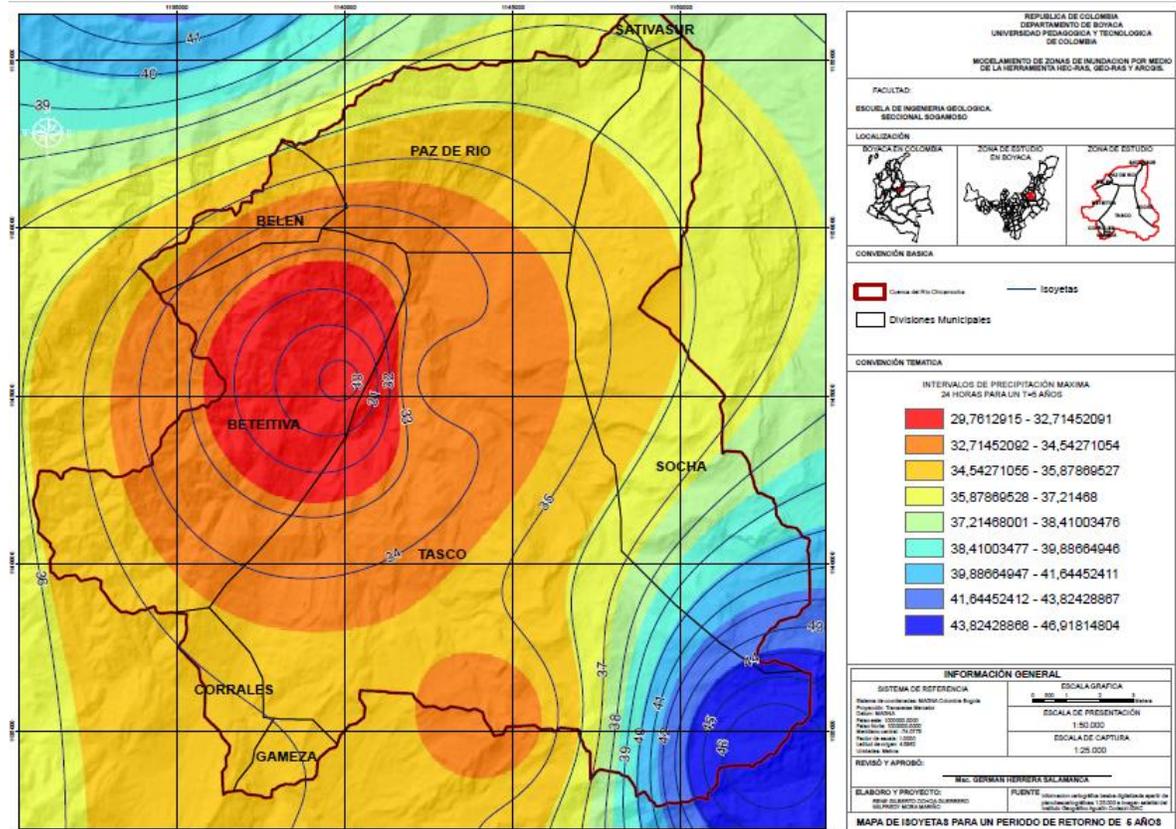
FIGURA 41. METODOLOGIA PARA LA GENERACIÓN DE MAPA DE ISOYETAS



FUENTE. LOS AUTORES; 2016

23.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS ISOYETAS

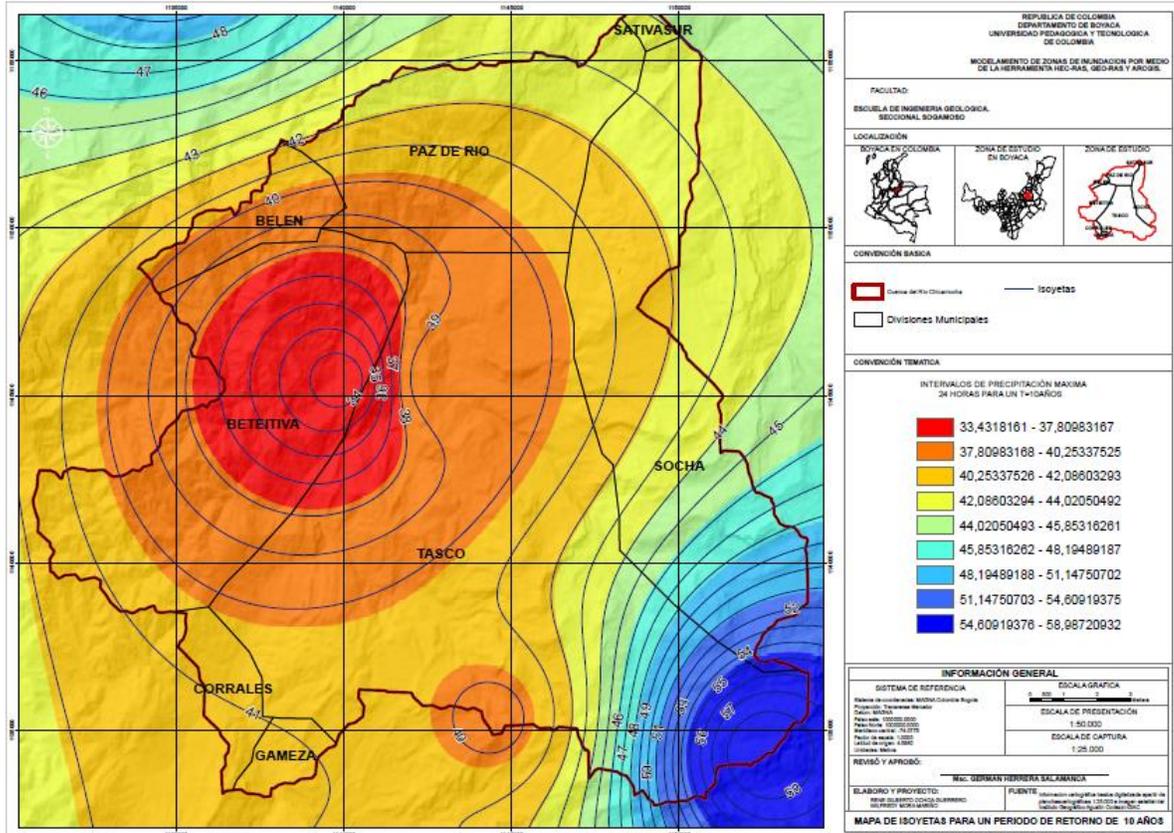
FIGURA 42. IMAGEN MAPA DE ISOYETAS T=5 AÑOS



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Como se puede analizar en el mapa de isoyetas para un periodo de retorno de 5 años, la precipitación máxima es de 46 mm/h y se generaron en el municipio de Tasco y las menores precipitaciones se generaron en el municipio de Beteitiva con un valor de 30 mm/h.

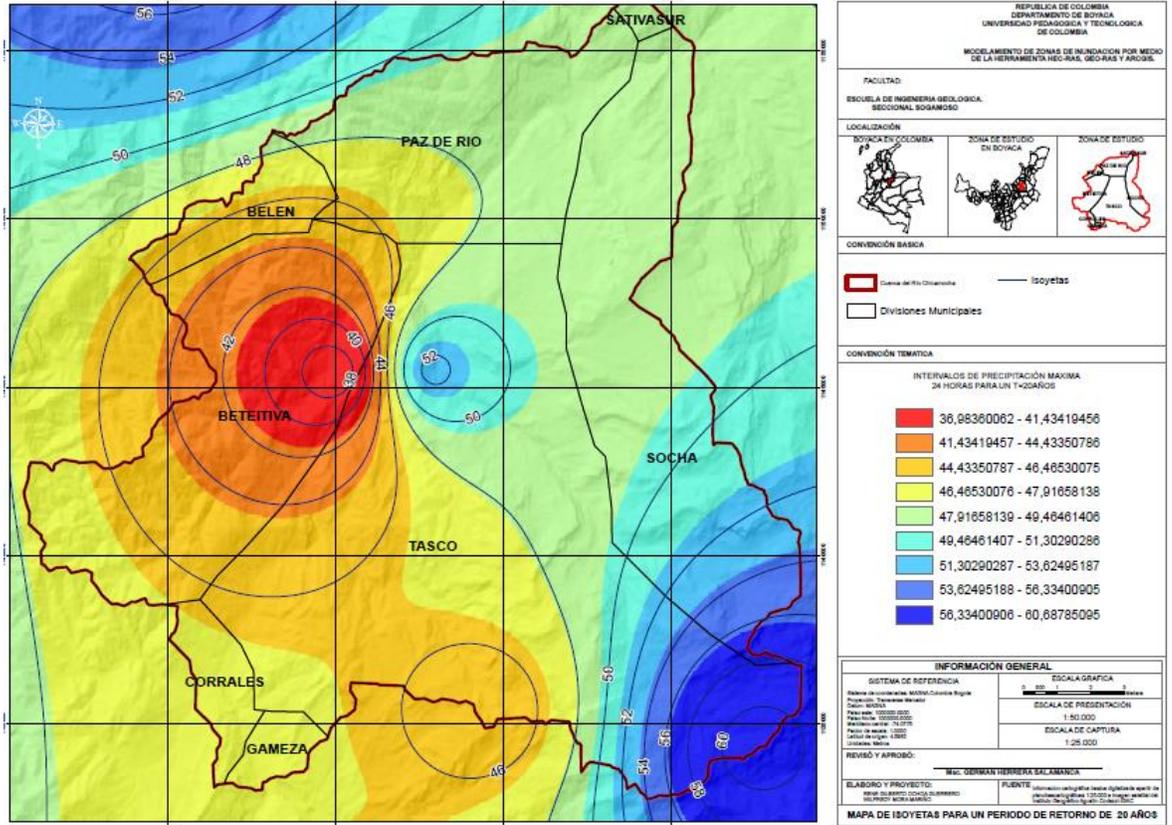
FIGURA 43. IMAGEN MAPA DE ISOYETAS T=10 AÑOS



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Como se puede observar en el mapa de isoyetas para un periodo de retorno de 10 años la precipitación máxima es de 58.98mm/h y se genera en el municipio de tasco. Este periodo se debe tener en cuenta porque las isoyetas nos muestran que se generan grandes precipitaciones en uno de los puntos críticos que es la confluencia con el rio Soapaga, el cual se desbordó en los años 2002 y 2012 aumentando los niveles del rio Chicamocha y por ende generando inundaciones. Las menores precipitaciones se generaron en el municipio de Beteitiva con un valor de 34 mm/h, este dato sirve para estimar los días de siembra en estos municipios.

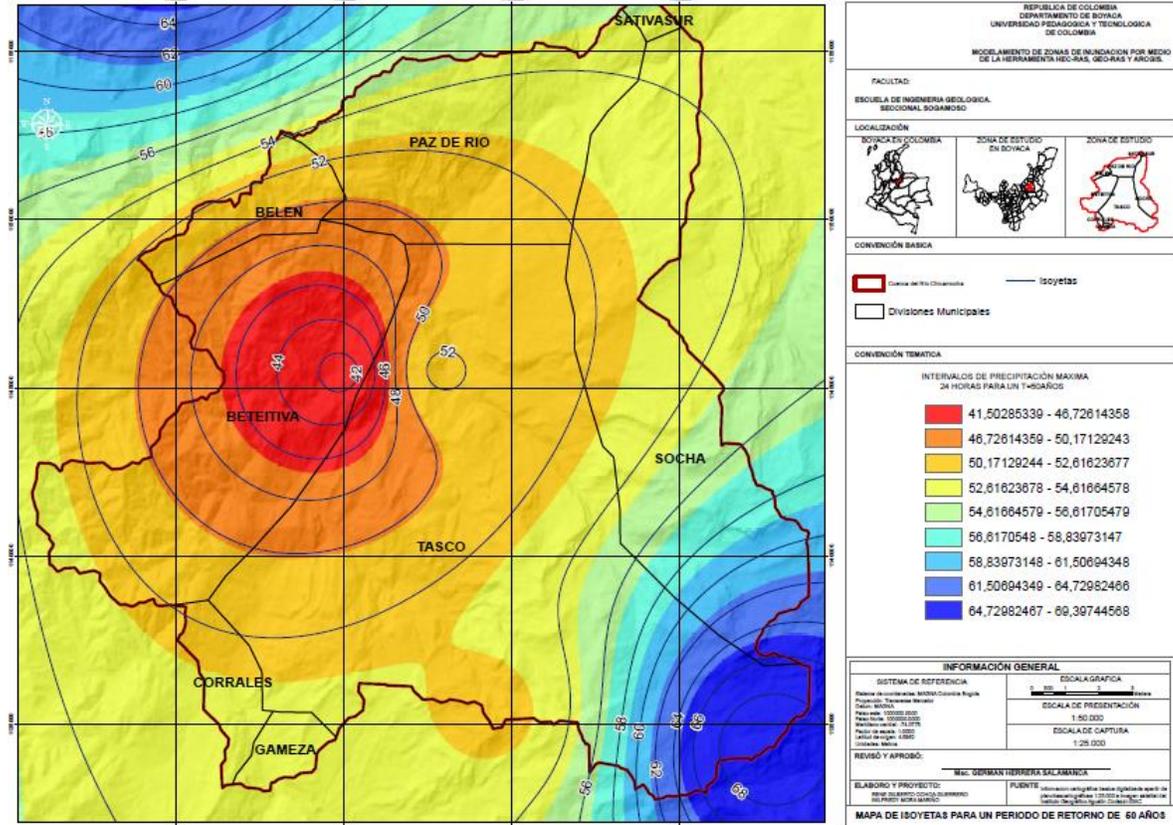
FIGURA 44. IMAGEN MAPA DE ISOYETAS T=20 AÑOS



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Como se puede considerar en el mapa de isoyetas para un periodo de retorno de 20 años la precipitación máxima es de 60.68 mm/h según el método de interpolación spline y se generaron en el municipio de Tasco y las menores precipitaciones se generaron en el municipio de Beteitiva con un valor de 38 mm/h,

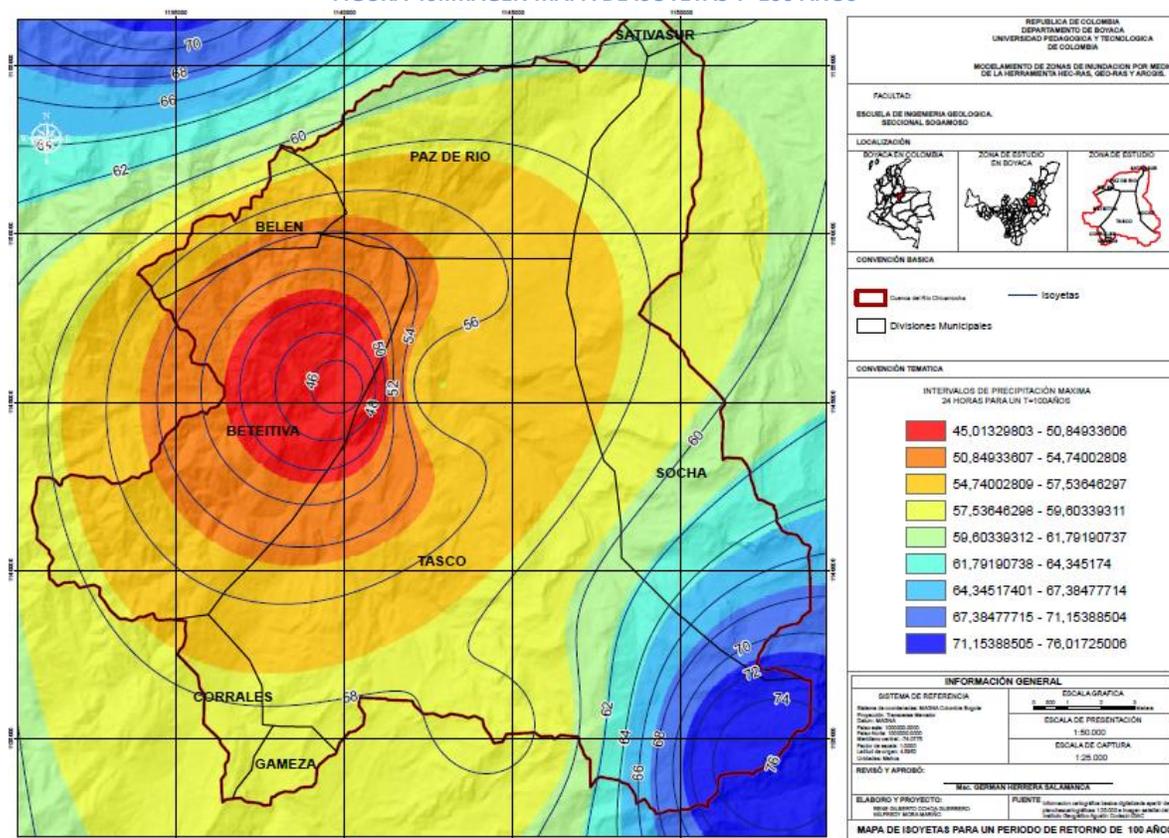
FIGURA 45. IMAGEN MAPA DE ISOYETAS T=50 AÑOS



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Como podemos observar en el mapa de isoyetas para un periodo de retorno de 50 años la precipitación máxima es de 68 mm/h según el método de interpolación spline y se generaron en el municipio de Tasco y las menores precipitaciones se generan en el municipio de Beteitva

FIGURA 46. IMAGEN MAPA DE ISOYETAS T=100 AÑOS



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

El período de retorno de 100 años significa cuatro generaciones. Para el cual si se desea construir algunas obras estructurales para contener las inundaciones se pueden estimar de este trabajo y se puede destacar un periodo de retorno de 100 años con la precipitación máxima 76.01 mm/h

24 GENERACIÓN DE CURVAS DE INTENSIDAD, DURACION Y FRECUENCIA PARA CADA UNA DE LAS ESTACIONES.

Bell (1969) propuso una fórmula para determinar las curvas Intensidad-Duración-Periodo de retorno, a partir de las lluvias con duraciones hasta de 240 minutos. Esta fórmula permite estimar la duración entre 5 y 240 minutos y periodo de retorno. La fórmula ha sufrido una pequeña modificación, queda expresada de la siguiente forma:

$$I = \frac{kT^m}{D^n}$$

Donde k, m y n son constantes que se calculan mediante un análisis de regresión lineal múltiple,

T: es el período de retorno en años,

D: la duración en minutos u horas, e

I: la intensidad de precipitación en mm/hr.

Luego, aplicando los logaritmos a la ecuación propuesta se pretende llegar a la forma de una regresión lineal múltiple cuyo modelo matemático se expresa en la ecuación y a partir de esta, se generan las curvas de intensidad, duración y frecuencia.

$$\log I = \log k + m \log T - n \log D$$

Tabla 12.DATOS DE DURACION ESTACION TASCO

tr	Distribución de gumbel(24horas)	ESTACION TASCO						
		Duración en minutos						
		5	10	15	30	60	120	240
5	34.407	19.6	15.48	12.04	9.2	6.7	5.4	3.5
10	39.98	22.45	17.73	13.79	10.24	7.6	6.1	4
20	52.31	29	23	18.3	14.07	10.2	8.1	5.33
50	52.3	29	23	18.3	14.07	10.2	8.1	5.33
100	57.55	32.8	25.8	20.14	15.4	11.22	9	5.8

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

FIGURA 47. CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA ESTACION TASCO



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Como se puede observar en la estación tasco mientras más sea la duración de las lluvias menor será la intensidad de estas mismas. En esta estación se alcanzara un máximo de 32.8 mm en un periodo de retorno de 100 años.

Tabla 13. DATOS DE DURACION ESTACION GAMEZA

tr	Distribución de gumbel(24horas)	ESTACION GAMEZA						
		Duración en minutos						
		5	10	15	30	60	120	240
5	46.92	26.7	21.11	16.42	12.62	9.1	7.3	4.7
10	8.99	5.07	4	3.11	2.3	1.7	1.3	1
20	60.69	34.59	27.3	21.24	16.32	11.83	9.52	6.2
50	69.4	39.67	31.31	24.36	18.7	13.53	10.89	7.07
100	76.02	43.33	34.2	26	20.4	14.82	11.93	7.7

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

FIGURA 48.CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA ESTACION GAMEZA



FUENTE 1.LOS AUTORES; 2016

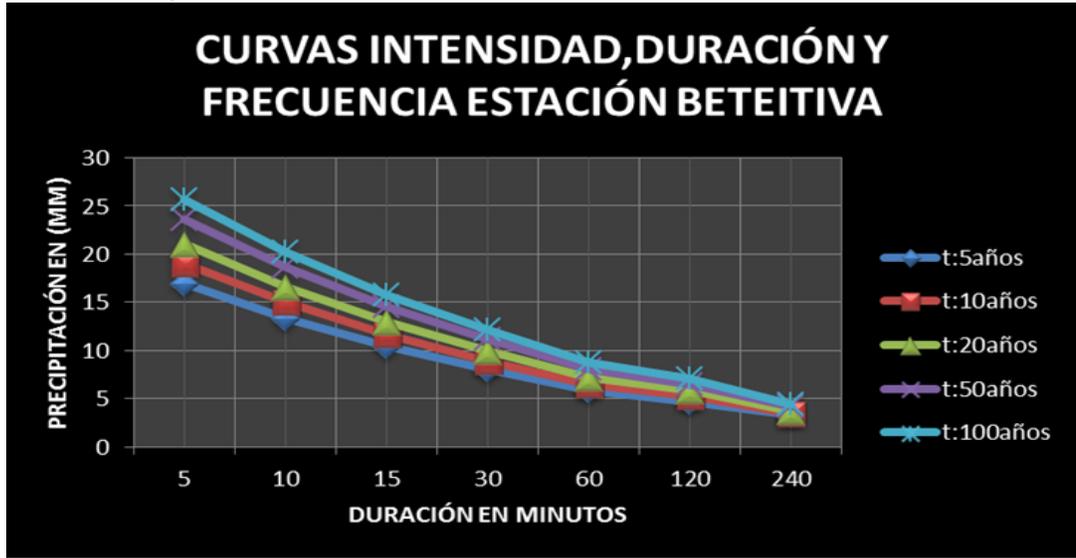
Como se puede analizar en la estación Gameza mientras más sea la duración de las lluvias menor será la intensidad de estas mismas en esta estación se alcanzara un máximo de 43.34 mm en un periodo de retorno de 100 años y su mínima precipitación ocurrirá en 240 minutos con un periodo de retorno de 10 años

Tabla 14.DATOS DE DURACION ESTACION BETEITIVA

tr	Distribución de gumbel(24horas)	ESTACION BETEITIVA						
		Duración en minutos						
		5	10	15	30	60	120	240
5	29.76	33.43	36.98	41.5	45.01	5.8	4.6	3.3
10	33.43	19.05	15.04	11.7	8.99	6.5	5.2	3.4
20	36.98	21.07	16.64	12.94	9.94	7.2	5.8	3.7
50	41.5	23.65	18.67	14.52	11.16	8.09	6.5	4.2
100	45.01	23.65	20.25	15.75	12.1	8.77	7	4.3

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Figura 49. CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA ESTACION BETEITIVA



Fuente: LOS AUTORES; 2016

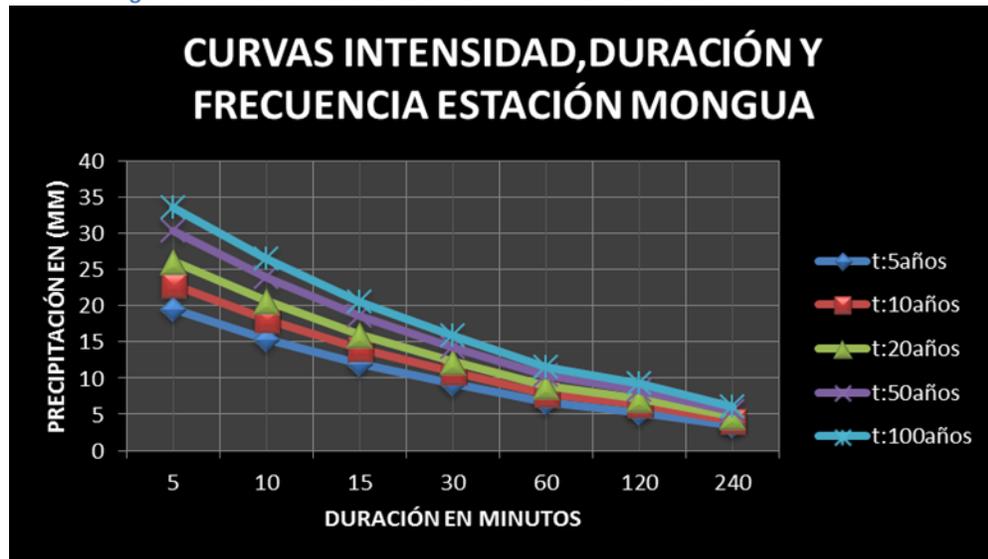
En esta estación se alcanzara un máximo de 23.65 mm en un periodo de retorno de 100 años y su mínima precipitación ocurrirá en 240 minutos con un periodo de retorno de 5 años con un valor de 3.3 mm

Tabla 15. DATOS DE DURACION ESTACION MONGUA

tr	Distribución de gumbel(24horas)	ESTACION MONGUA						
		Duración en minutos						
		5	10	15	30	60	120	240
5		19.55	15.43	12	9.22	6.6	5.3	3.4
10		22.91	18.09	14.07	10.81	7.8	6.3	4.1
20		26.16	20.65	16.06	12.3	8.9	7.2	4.6
50		30.32	23.94	18.62	14.31	10.53	8.33	5.4
100		33.53	26.47	20.59	15.82	11.47	9.23	6

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Figura 50. CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA ESTACION MONGUA



FUENTE 2.LOS AUTORES; 2016

Como se puede ver en la estación Mongua mientras más sea la duración de la lluvias menor será la intensidad de estas mismas, en esta estación se alcanzara un máximo de 33.53 mm en un periodo de retorno de 100 años.

25 LAS INUNDACIONES

Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes.

Las inundaciones causan daños en bienes e infraestructura, y ponen en riesgo la vida de las personas pero además causan graves afectaciones sobre el medio ambiente y el suelo de las terrazas aledañas de los ríos. Las inundaciones son causas de erosión y sedimentación de las fuentes de agua

25.1 Tipos de Inundaciones según su duración

➤ Inundaciones dinámicas o rápidas:

Se producen en ríos cuyas cuencas presentan fuertes pendientes, por efecto de las lluvias intensas. Las crecidas de los ríos son repentinas y de corta duración. Son las que producen los mayores daños en la población e infraestructura, debido a que el tiempo de reacción es casi nulo. Por ejemplo: Los ríos de la Cuenca del Océano Pacífico (La Leche, Tumbes, etc.)

➤ Inundaciones estáticas o lentas:

Generalmente se producen cuando las lluvias son persistentes y generalizadas, producen un aumento paulatino del caudal y del río hasta superar su capacidad máxima de transporte, por lo que el río se desborda, inundando áreas planas cercanas al mismo, a estas áreas se les denomina llanuras de Inundación.

25.2 Tipos de Inundaciones según su origen

➤ Inundaciones pluviales:

Se produce por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera tras un régimen de lluvias intensas o persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable.

➤ **Inundaciones fluviales:**

Causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos. Es atribuida al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de³⁸ transportar sin desbordarse, durante lo que se denomina crecida. (Consecuencia del exceso de lluvias).

➤ **Inundaciones por operaciones incorrectas de obras de infraestructura hidráulica o rotura:**

La rotura de una presa, por pequeña que ésta sea, puede llegar a causar una serie de estragos no sólo a la población sino también a sus bienes, infraestructura y al medioambiente. La propagación de la onda de agua en ese caso resultará más dañina cuando mayor sea el caudal circulante, menor sea el tiempo de propagación y más importante sean los elementos existentes en la zona afectada (infraestructuras de servicios esenciales para la comunidad, núcleos de población, espacios naturales protegidos, explotaciones agropecuarias, etc.).

A veces, la obstrucción de cauces naturales o artificiales (obturación de tuberías o cauces soterrados) debida a la acumulación de troncos y sedimentos, también provoca desbordamientos.

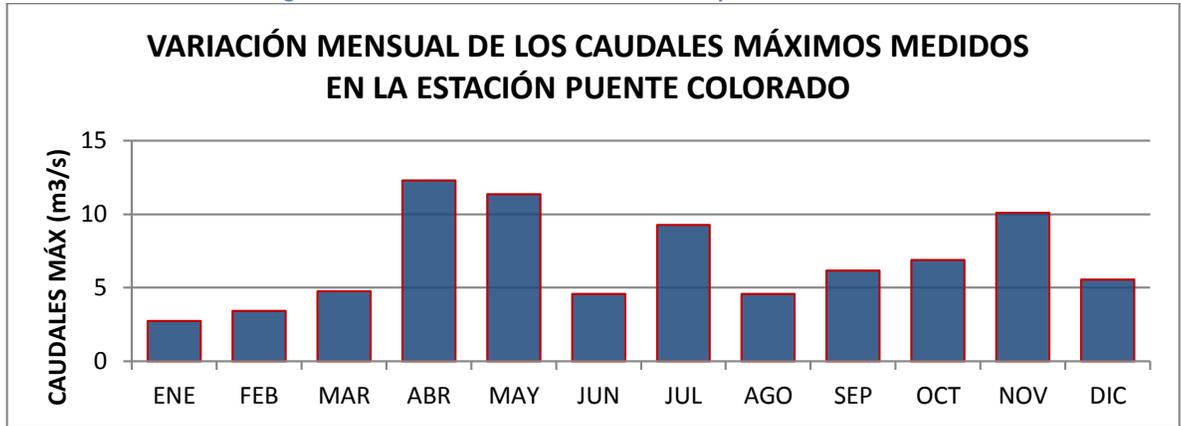
En ocasiones, los propios puentes suelen retener los flotantes que arrastra el río, obstaculizando el flujo del líquido³⁹

³⁹ Cranfield, Universidad de. «modelado de inundación.» 02 de 03 de 2013.

<http://www.fierasdelaingenieria.com/modelado-predictivo-de-inundacion>.

26 LIMNIMETRIA DEL RIO CHICAMOCHA

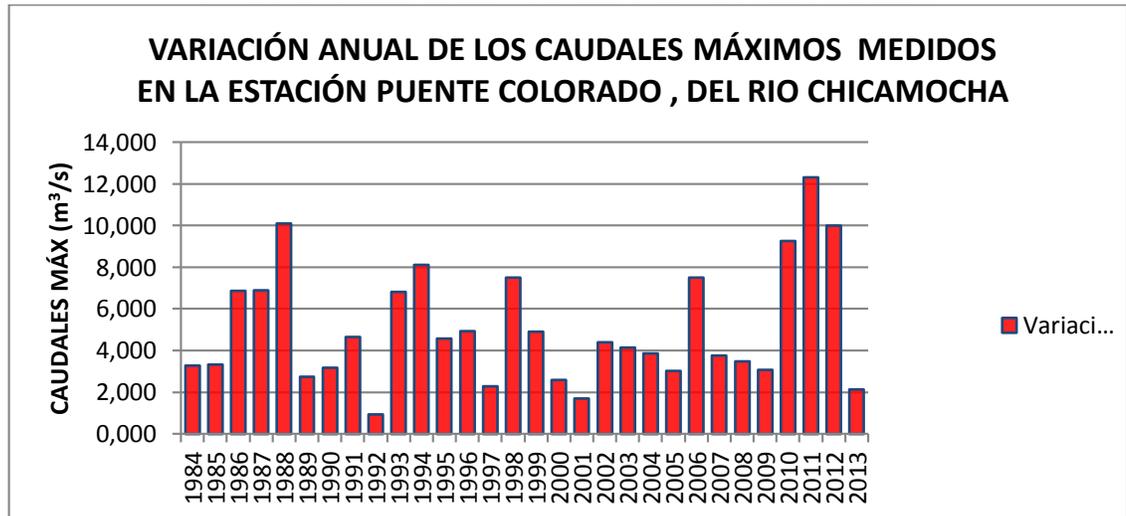
Figura 51. caudales máximos medios estación puente colorado



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Como se puede observar, los datos donde mayores caudales se presentan son en el mes de abril 12.300 m³/s, mayo 11.350 m³/s y noviembre. Se puede llegar a concluir que son los meses en los que más pluviometría se presenta esto es de vital importancia porque son los meses donde el caudal es mayor y ha generado las inundaciones.

FIGURA 52. CAUDALES MÁXIMOS ANUALES ESTACIÓN PUENTE COLORADO



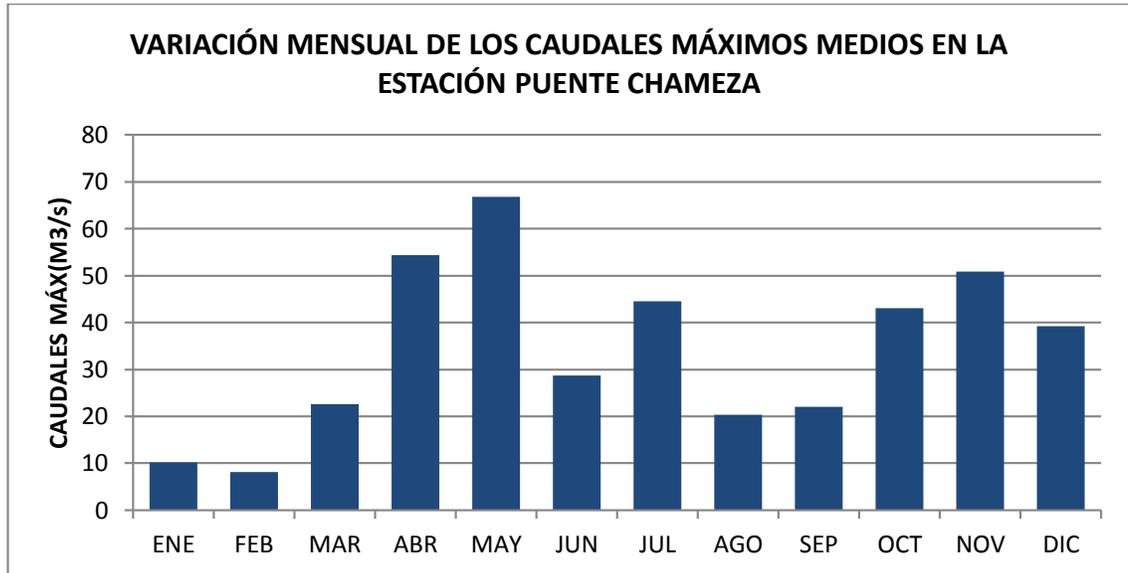
FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Como se puede ver en la figura 51 el periodo dónde los caudales han sido mayores son en el 2011 un año antes de la inundación notando que con los caudales y la

pluviometría de las demás estaciones se tiene un ciclo de altos caudales y precipitación entre 10 y 12 años.

PUENTE CHÁMEZA

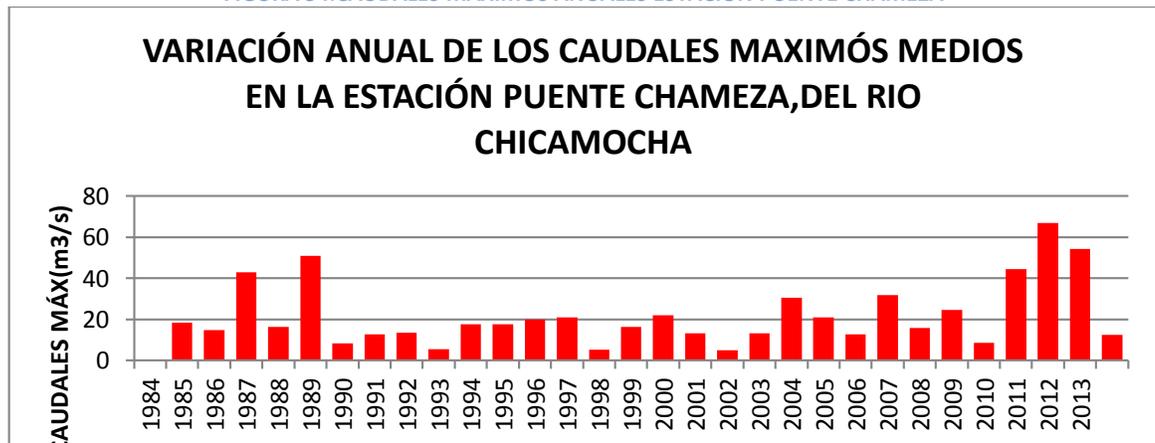
FIGURA 53. CAUDALES MÁXIMOS MEDIOS ESTACIÓN PUENTE CHAMEZA



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Como se puede evidenciar de los datos, donde mayores caudales se presentan es en el mes de abril 54.32 m³/s, mayo 66.83 m³/s y noviembre 50.83 m³/s

FIGURA 54. CAUDALES MÁXIMOS ANUALES ESTACIÓN PUENTE CHAMEZA

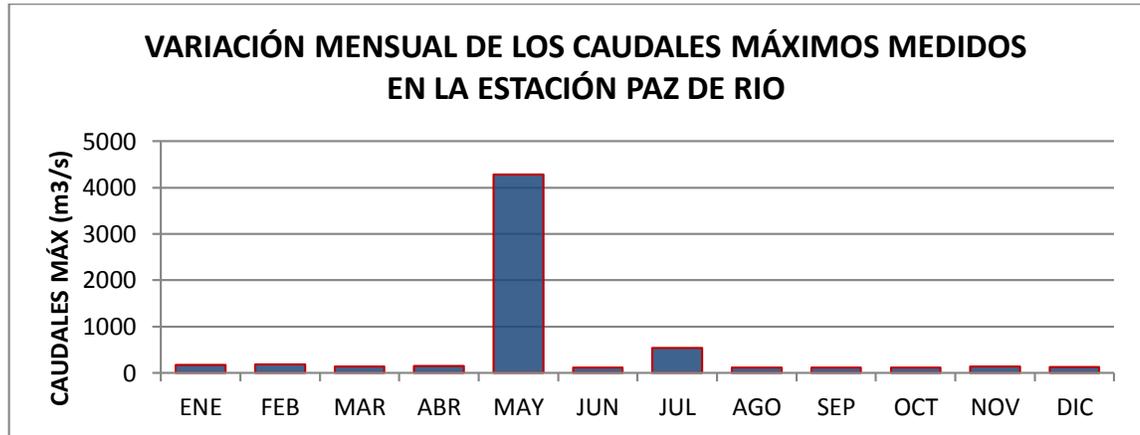


FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Los máximos caudales se presentaron en el 2012 fecha en la cual se generó la inundación 66.83 m³/s.

PAZ DE RIO

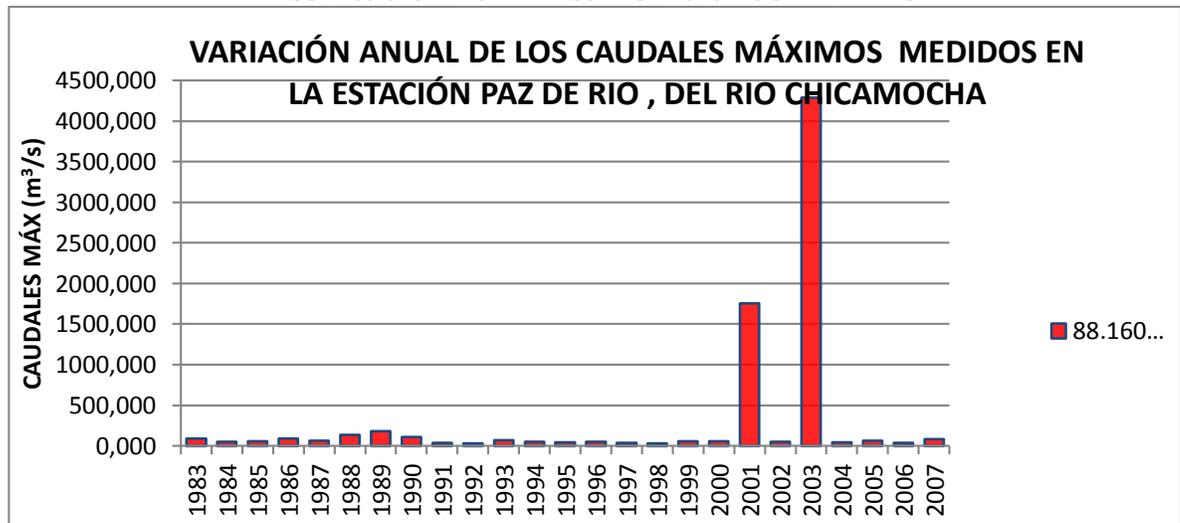
FIGURA 55. CAUDALES MÁXIMOS MEDIOS ESTACIÓN PAZ DE RIO



FUENTE. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Se nota que hay una irregularidad e inconsistencia de los datos debido a que podemos observar que el mes en que más precipitación se generó fue en mayo, aunque se estuvo analizando los datos del IDEAM y la estación ha marcado estos datos. Y concluimos que es un error de la estación.

FIGURA 56. CAUDALES MÁXIMOS ANUALES ESTACIÓN PAZ DE RIO



FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015

Analizando la ubicación de la estación podemos deducir que después de la inundación de 2012 la estación fue dañada por eso se cree que esos valores que dan en el año 2003 para generar el modelo de inundación están herrados y obviaremos el dato de 2003 por inconsistente.

27 MODELAMIENTO PARA ESTIMACIÓN DE INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES EN HEC-GEORAS Y HECRAS

27.1 Descripción del modelo

El centro de ingeniería e hidrología (hydrologic engineering center) HEC-RAS del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU ha (sido) desarrollado el modelo para tratar de establecer inundaciones de flujo tanto estacionarias como no estacionarias y HEC-GEORAS, como su extensión para el pre-pos procesamiento de los datos en ARC-GIS.

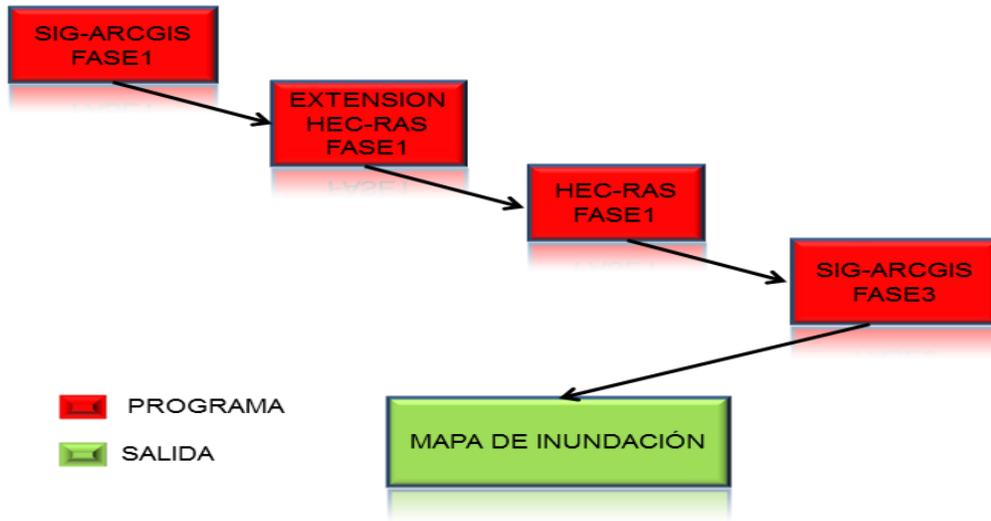
El sistema HEC-RAS contiene cuatro componentes de análisis río unidimensionales para: (1) cálculos del Perfil de la superficie del agua de flujo constante; (2) simulación de flujo no permanente; (3) cálculos de transporte de sedimentos de frontera móvil; y (4) el análisis de la calidad del agua. Un elemento clave es que los cuatro componentes utilizan una representación geométrica de datos y rutinas de cálculos geométricos e hidráulicas comunes. Además de los cuatro componentes de análisis de río, el sistema contiene varias características de diseño hidráulico que se pueden invocar una vez que se calculan los perfiles básicos de la superficie del agua.

Los tres primeros componentes utilizaran una misma representación geométrica de datos, y similares rutinas de cálculo geométrico e hidráulico⁴⁰

Para realizar la modelación de inundación se sugiere realizar la metodología que ilustra la figura 56.

⁴⁰ Manual hec-ras . 12 de octubre 2008

FIGURA 57. METODOLOGIA SIMULACIÓN DE INUNDACIÓN

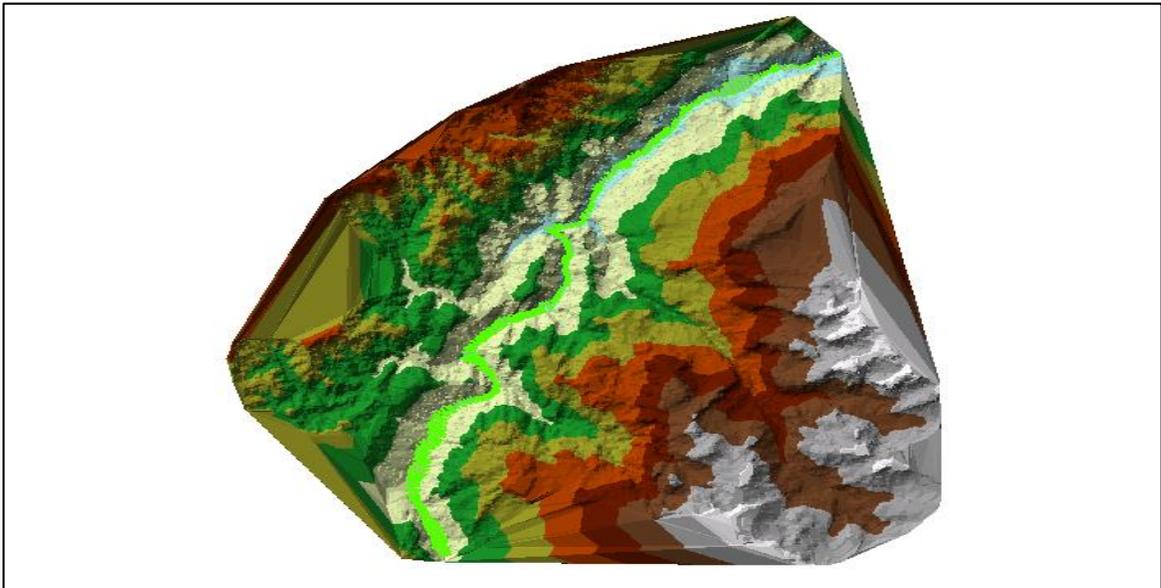


FUENTE: LOS AUTORES; 2016

27.2 FASE UNO

Se realizó el tratamiento inicial de los datos, es decir el trazo de secciones transversales a través del Rio Chicamocha, la delimitación de los bancos la trayectoria de flujo, el uso actual del suelo y los valores de índice de rugosidad.

FIGURA 58. SECCIONES TRANSVERSALES EN ARCGIS



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Los valores de rugosidad son variables y depende de un número de factores entre los que se incluye, rugosidad de la superficie, vegetación, erosión y depositación y la temperatura.

TABLA 16. TABLA DE RUGOSIDAD PARA HEC-RAS

Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0,025-0,035
En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie uniforme y lisa	0,030-0,035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0,035-0,045
Cunetas y Canales revestidos	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016
Corrientes Naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,200 ¹
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Areas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,200 ¹

FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Los datos resultantes del análisis en la extensión HEC-RAS de ArcGis se exportaron al formato del programa HEC-RAS, y se empezó a conformar el proyecto. De acuerdo con la terminología utilizada por el programa, "proyecto" hace referencia a una serie de archivos de datos, asociados a un sistema fluvial en particular, en este caso la cuenca de estudio sobre el Rio Chicamocho.

27.3 FASE 2

Para el desarrollo de dicho modelo hidráulico en hec-ras se realizaron los siguientes pasos:

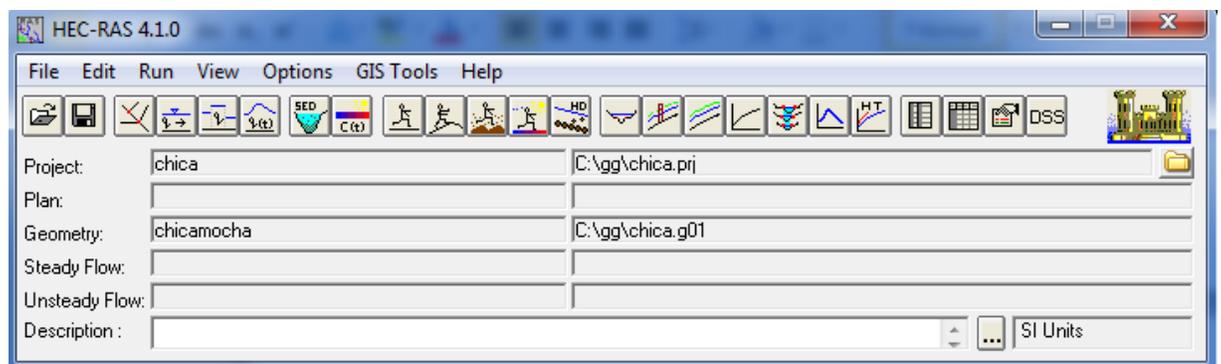
1. Crear un proyecto nuevo.
2. Introducir los datos geométricos.
3. Introducir los datos caudal y las condiciones de contorno.
4. Desarrollo de los cálculos hidráulicos
5. Visualización e interpretación de los resultados

27.3.1 Nuevo proyecto en HEC-RAS

Para comenzar a trabajar es necesario crear un nuevo proyecto, seleccionando *File/New Project*.

Creamos o seleccionamos una carpeta donde crear el nuevo proyecto y se crea asignando un nombre en "Title". Para el desarrollo del modelo que representara la cuenca Chicamocha .y cómo podemos ver se eligió una carpeta denominada Chicamocha. Esta carpeta contiene todos los documentos y archivos analizados en este trabajo.

FIGURA 59.MENU DE INICIO DEL PROYECTO "Chicamocha



FUENTE: HEC-RAS-RIVER ANALYSIS SYSTEM PROYECTO CHICAMOCHA

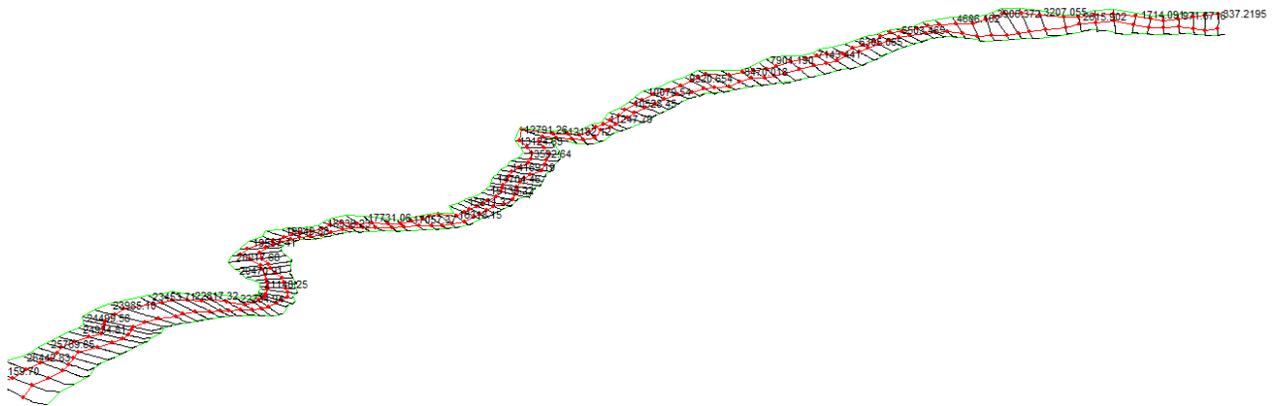
27.3.2 INGRESO DE LOS DATOS GEOMÉTRICOS

Para este proyecto se importa la geometría creada en el punto anterior. Para ello se selecciona *Edit. /Geometric data* en la barra de herramientas. Una vez abierto se procede a importar la geometría o las secciones transversales.

Para desarrollar los datos geométricos, se debe ingresar un gráfico esquemático del Río Chicamocha, después se grafica en tramos de aguas arriba hacia aguas abajo estos pasos se realizan en ARCGIS con el fin de integrar todo en un sistema de información geográfica, esto se hace con una extensión del HEC-GEORAS, después de realizados estos pasos se procede a introducir las secciones transversales.

27.3.3 PERSPECTIVA X-Y-Z RIO CHICAMOCHA

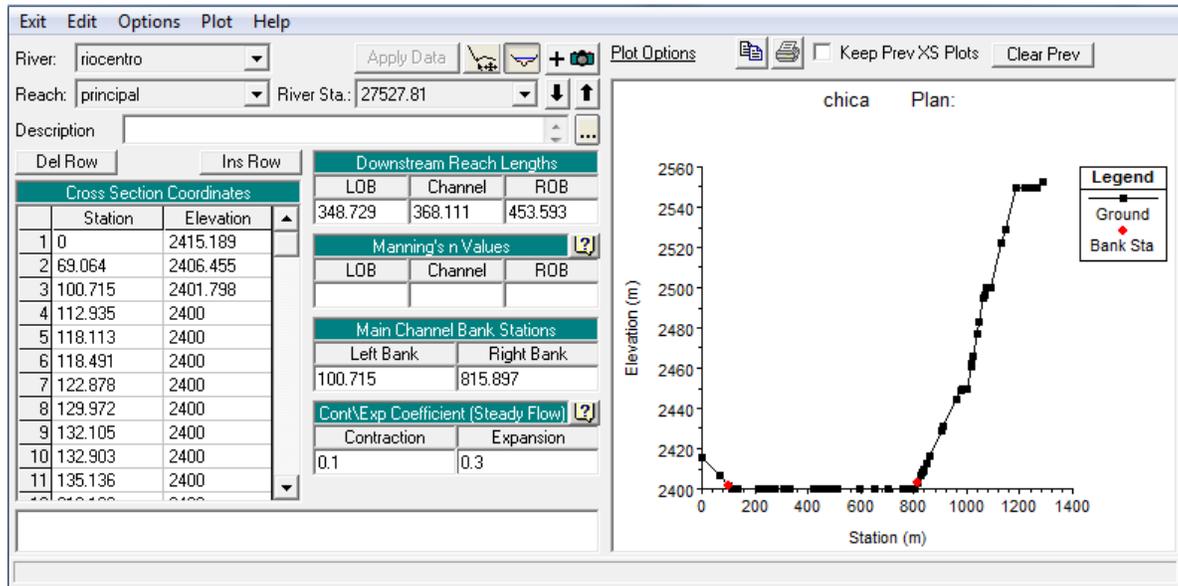
FIGURA 60.GEOMETRIA DEL RIO CHICAMOCHA Y SECCIONES TRANSVERSALES



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

Después de haber importado ha hec-ras se pueden analizar las secciones transversales.

FIGURA 61. SECCION TRANSVERSAL DEL RIO CHICAMOCHA ESTE PROCEDIMIENTO SE REALIZO A LAS 140 SECCIONES TRANSVERSALES ESTABLECIDAS



FUENTE: LOS AUTORES; 2016

27.3.4 CAPTURA DE DATOS DE CAUDAL Y CONDICIONES DE FRONTERA

Una vez que han sido ingresados los datos geométricos, se procede a ingresar todos los datos de flujo permanente o no permanente. El tipo de dato de flujo a ser ingresado dependerá del tipo de análisis a ser desarrollado.

Para el desarrollo del presente trabajo, se hará un análisis de flujo permanente en toda la cuenca de estudio. Los datos requeridos para realizar el análisis de flujo permanente son:

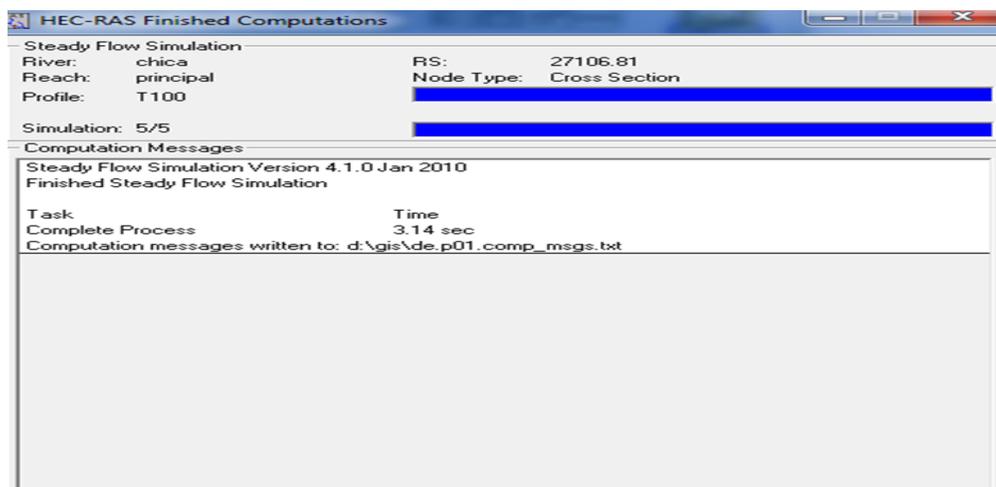
- Numero de perfiles a ser calculados.
- Datos de flujo
- Condiciones de frontera

Se ingresan los datos de caudales que se calcularon con el método racional,

27.3.5 DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Para realizar la simulación hidráulica del cauce del Chicamocha es necesario crear un plan que incorpore un fichero de datos de geometría y otros datos hidráulicos y para ello se selecciona la función Run/steady flow análisis y a continuación se introducen los datos geométricos, los datos hidráulicos y los datos de rugosidad y escorrentía. Se selecciona el régimen que es subcrítico porque se están tomando los datos aguas abajo y ejecutamos el programa como lo muestra la siguiente figura.

FIGURA 62. CALCULO DE LOS DATOS EN HECRAS



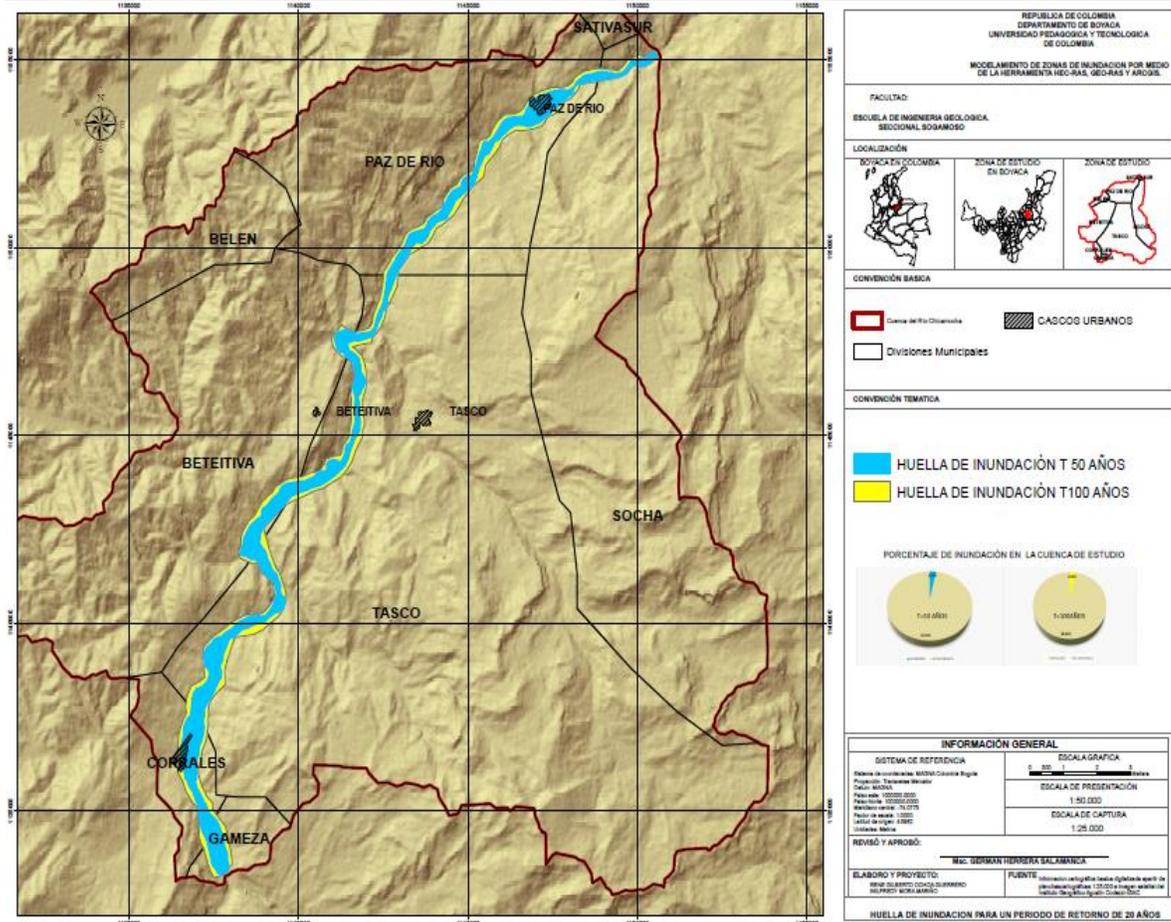
FUENTE: LOS AUTORES; 2016

27.4 FASE 3

27.4.1 VISUALIZACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

27.4.1.1 Análisis De Huellas De Inundación En La Cuenca De Estudio

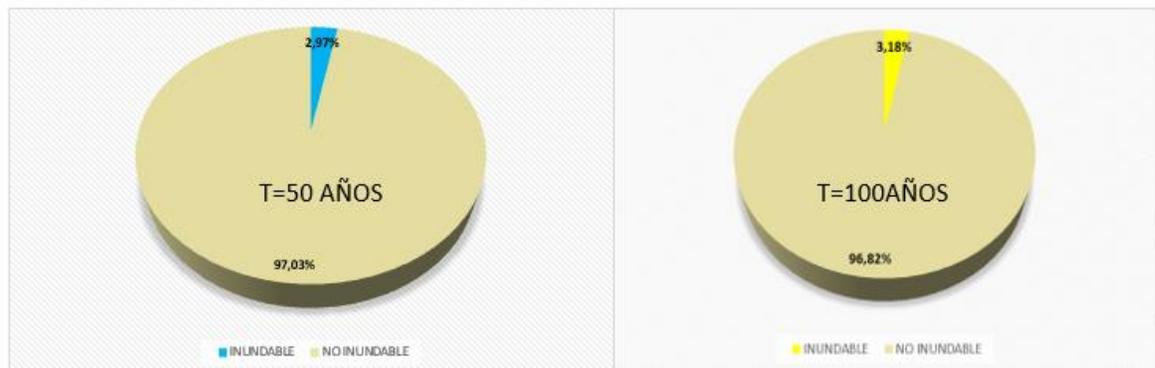
FIGURA 65. IMAGEN MAPA DE INUNDACIÓN 50 AÑOS Y 100 AÑOS EN LA ZONA DE ESTUDIO



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

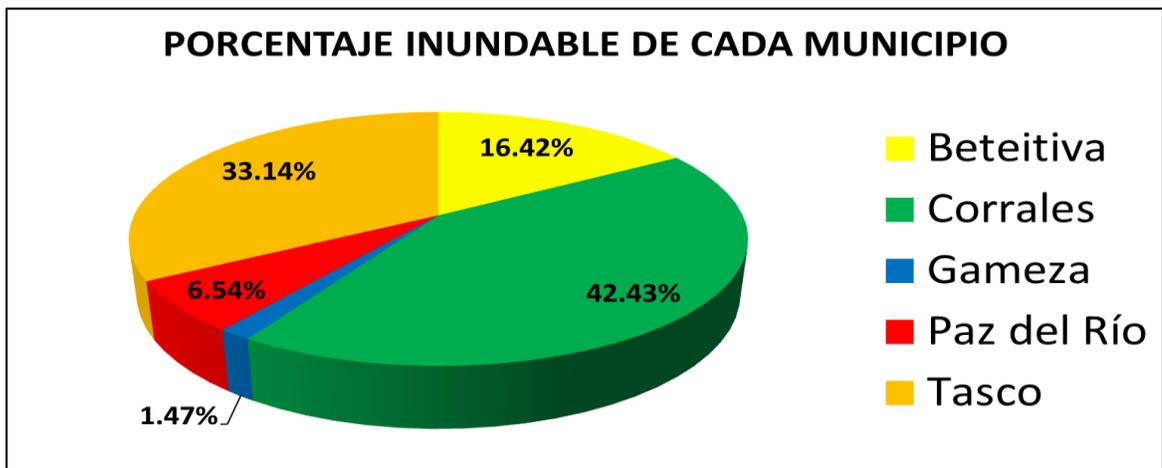
27.6 Análisis de resultados inundación 20 años y 5 años en la cuenca de estudio

FIGURA 66.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN 50 Y 100 AÑOS



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

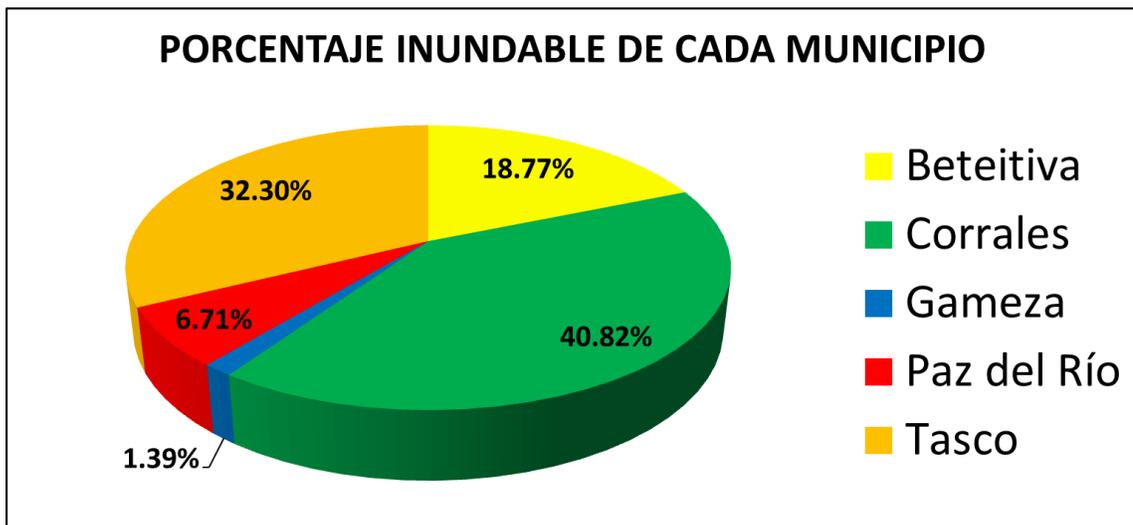
Como se puede observar la huella de inundación para los periodos de retorno de 50 años y 100 años se ocupa un 2.97% y 3.17% del área evaluada representando 10



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Para un periodo de retorno de T=5 años se genera una huella de inundacion con un area de 625,85 Hectareas cuadradas de la cual se divide entre los siguientes municipios Beteitiva (16,42 %), Corrales (42,43 %), Gameza (1,47 %), Paz del Río (6,54 %) y Tasco (33,14 %); Siendo Corrales el municipio que se ve mas afectado en las epocas donde se presentan altas precipitaciones.

FIGURA 69.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LOS MUNICIPIOS PARA T=50AÑOS

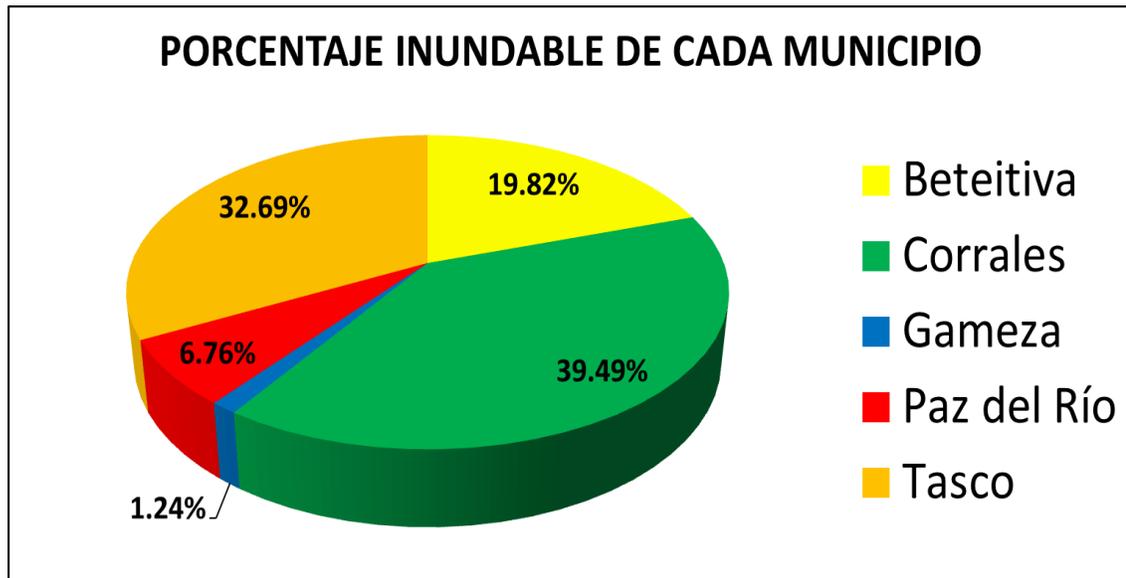


FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Para un periodo de retorno de T=50 años se genera una huella de inundacion con un area de 995,1 Hectareas cuadradas de la cual se divide entre los siguientes

municipios Beteitiva (18,77 %), Corrales (40,82 %), Gameza (1,39 %), Paz del Río (6,71 %) y Tasco (32,30 %); Siendo Corrales el municipio que se ve mas afectado por las altas precipitaciones.

FIGURA 70. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LOS MUNICIPIOS PARA T=50AÑOS

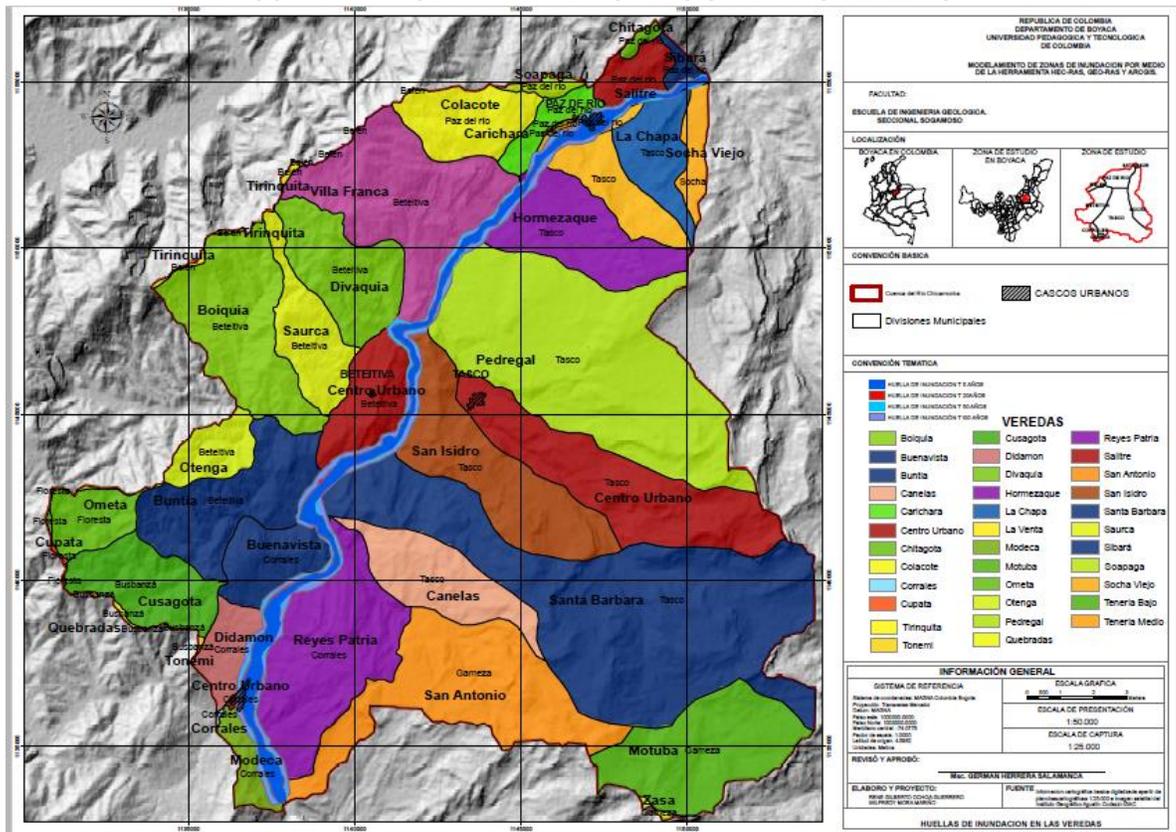


FUENTE. LOS AUTORES; 2016

Para un periodo de retorno de T=100 años se genera una huella de inundacion con un area de 1465,57 Hectareas cuadradas de la cual se divide entre los siguientes municipios Beteitiva (19,82 %), Corrales (39,49 %), Gameza (1,24 %), Paz del Río (6,76 %) y Tasco (32,69 %); Siendo Corrales el municipio que se ve mas afectado por las altas precipitaciones.

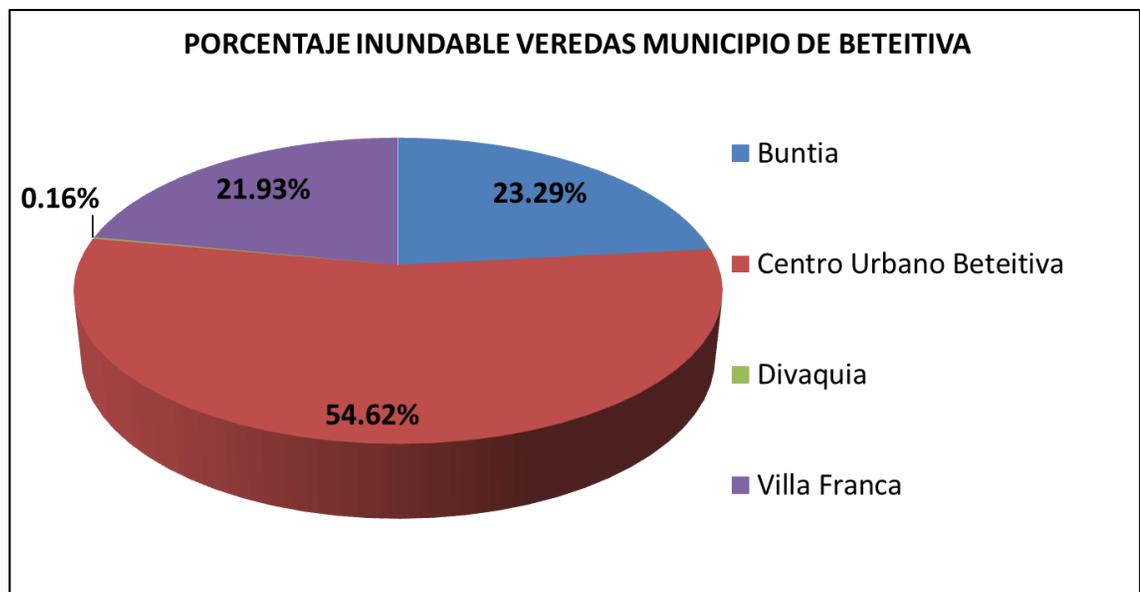
27.4.1.2 Análisis De Huellas De Inundación En Las Veredas

FIGURA 71. IMAGEN MAPA DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

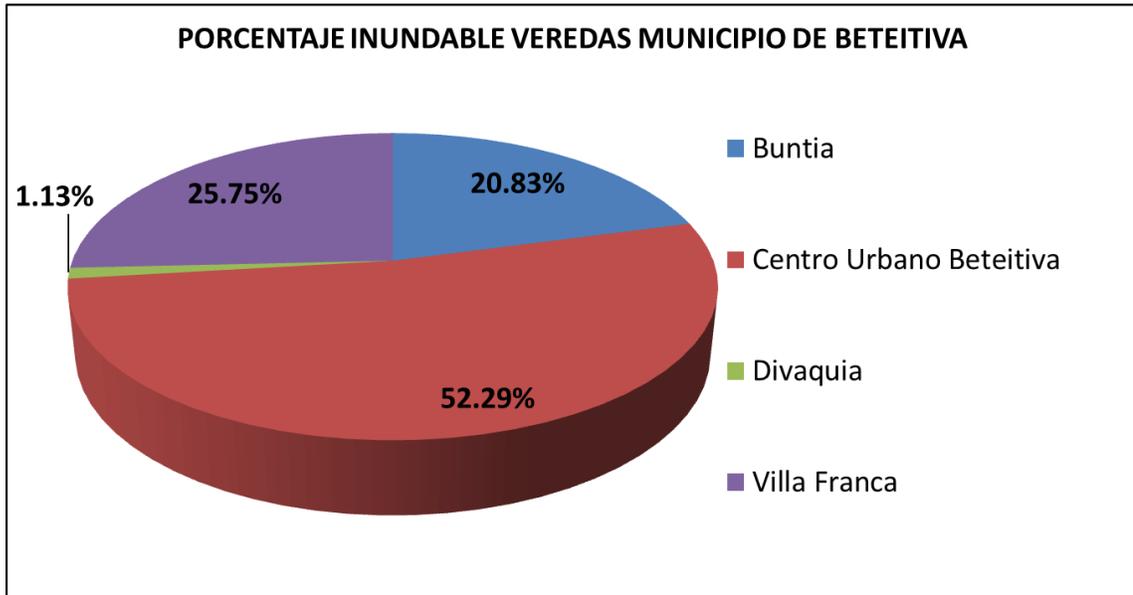
FIGURA 72.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS DEL MUNICIPIOS DE BETEITIVA PARA T=5AÑOS



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Se obtiene así que del municipio de Beteitiva se ven afectadas 4 veredas para una huella de inundación de T=5 años de las cuales se divide en Buntia (23,29%), Centro Urbano (54,62%), Divaquia (0,16%) y Villa Franca (21,93%).

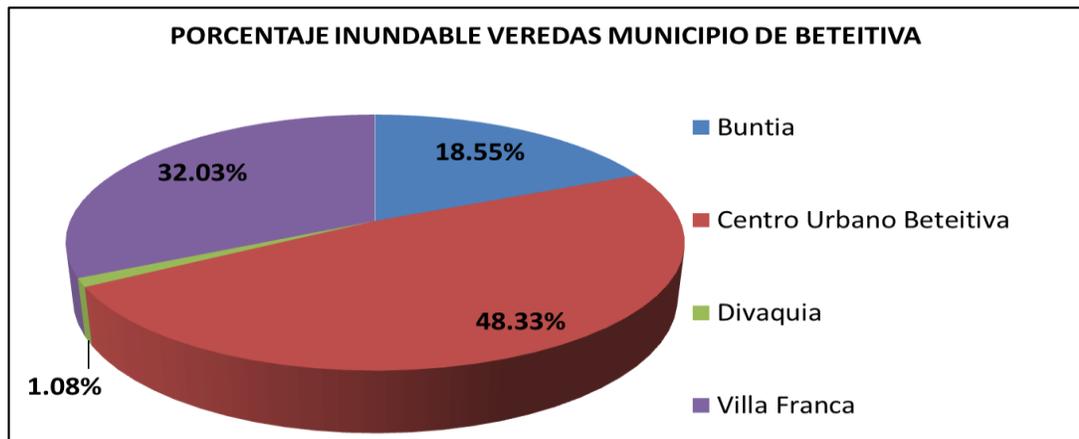
FIGURA 73. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS DEL MUNICIPIO DE BETEITIVA PARA T=50 AÑOS



FUENTE. LOS AUTORES; 2016

Como podemos analizar del municipio de Beteitiva se ven afectadas 4 veredas para una huella de inundación de T=50 años de las cuales se divide en Buntia (20,83%), Centro Urbano (52,29%), Divaquia (1,13%) y Villa Franca (25,75%).

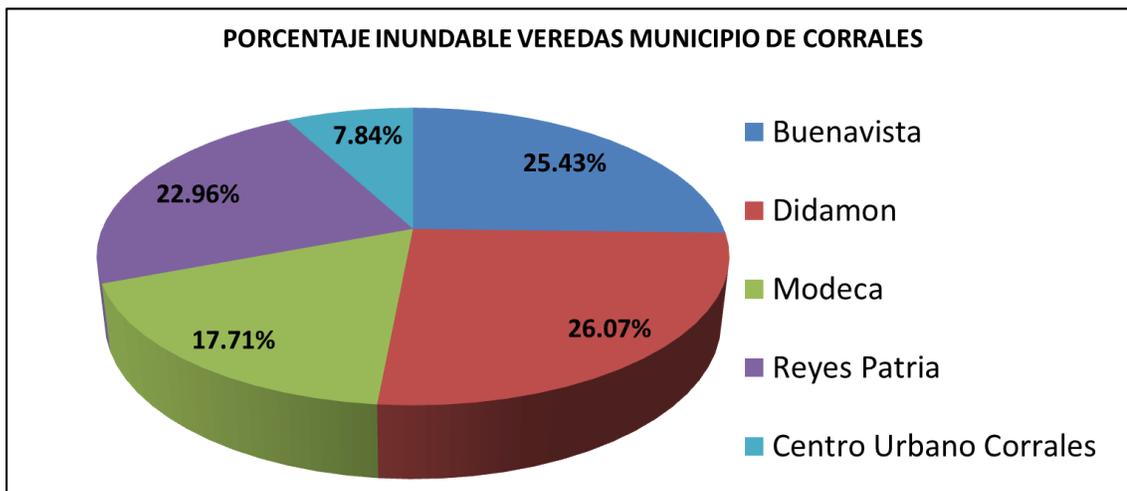
FIGURA 74. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS DEL MUNICIPIOS DE BETEITIVA PARA T=100 AÑOS



FUENTE. LOS AUTORES; 2016

Se puede considerar que para el municipio de Beteitiva se ven afectadas 4 veredas para una huella de inundacion de T=100 años de las cuales se divide en Buntia (18,55%), Centro Urbano (48,33%), Divaquia (1,08%) y Villa Franca (32,03%).

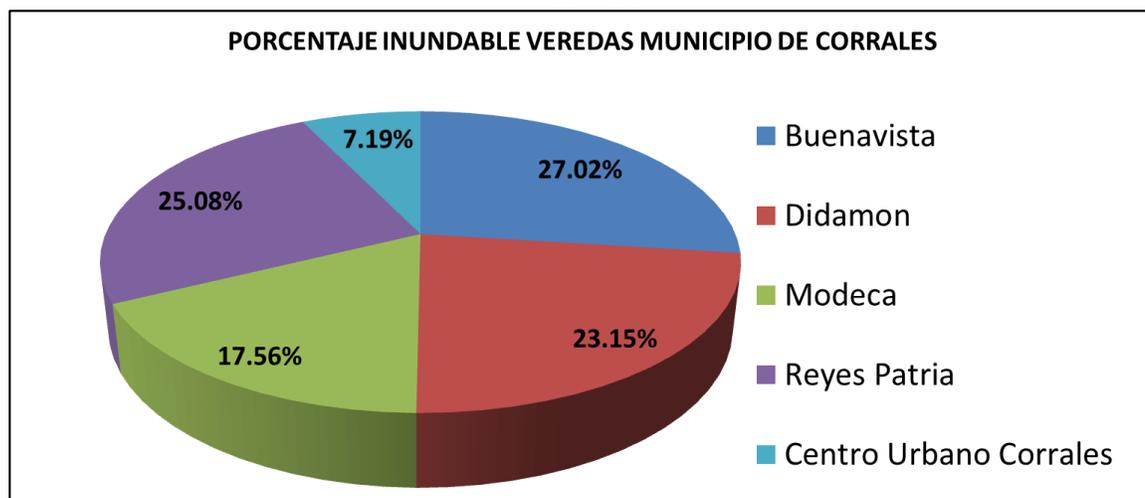
FIGURA 75.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS DEL MUNICIPIO DE CORRALES PARA T=5AÑOS



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Como podemos analizar del municipio de Corrales se ven afectadas 5 veredas para una huella de inundacion de T=5años de las cuales se divide en Buenavista (25,43%), Didamon (26,07%), Modeca (17,71%), Reyes Patria (22,96%) y Centro Urbano (7,84%).

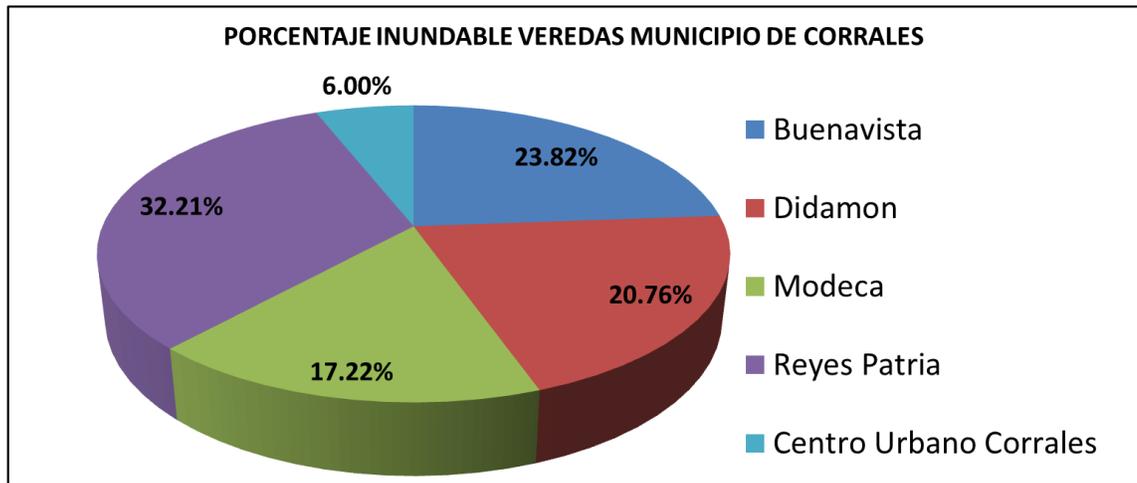
FIGURA 76.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS DEL MUNICIPIO DE CORRALES PARA T=50AÑOS



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Se obtiene así que del municipio de Corrales se ven afectadas 5 veredas para una huella de inundación de T=50 años de las cuales se divide en Buenavista (27,02%), Didamon (23,15%), Modeca (17,56%), Reyes Patria (25,08%) y Centro Urbano (7,19%).

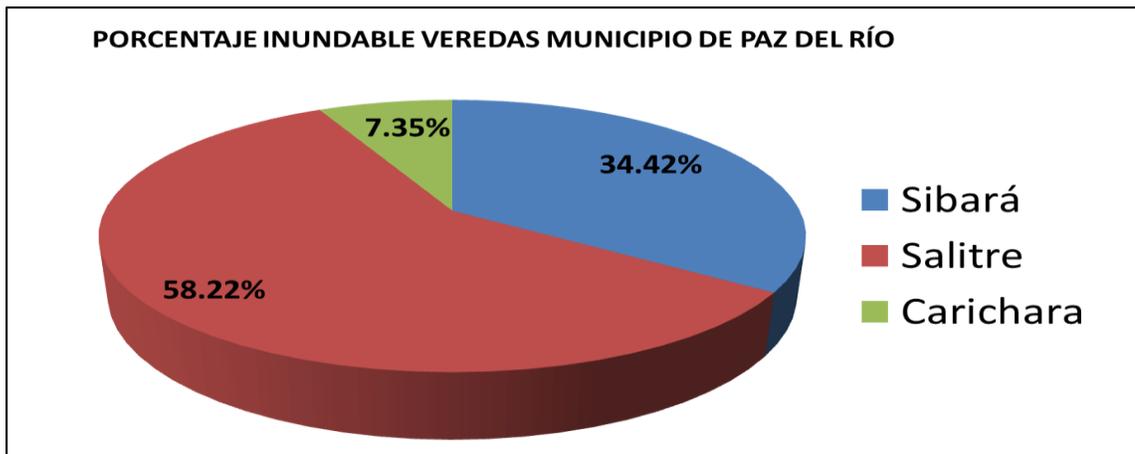
FIGURA 77. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS DEL MUNICIPIO DE CORRALES PARA T=100 AÑOS



FUENTE. LOS AUTORES; 2016

Se puede considerar que para el municipio de Corrales se ven afectadas 5 veredas para una huella de inundación de T=100 años de las cuales se divide en Buenavista (23,82%), Didamon (20,76%), Modeca (17,22%), Reyes Patria (32,21%) y Centro Urbano (6,00%).

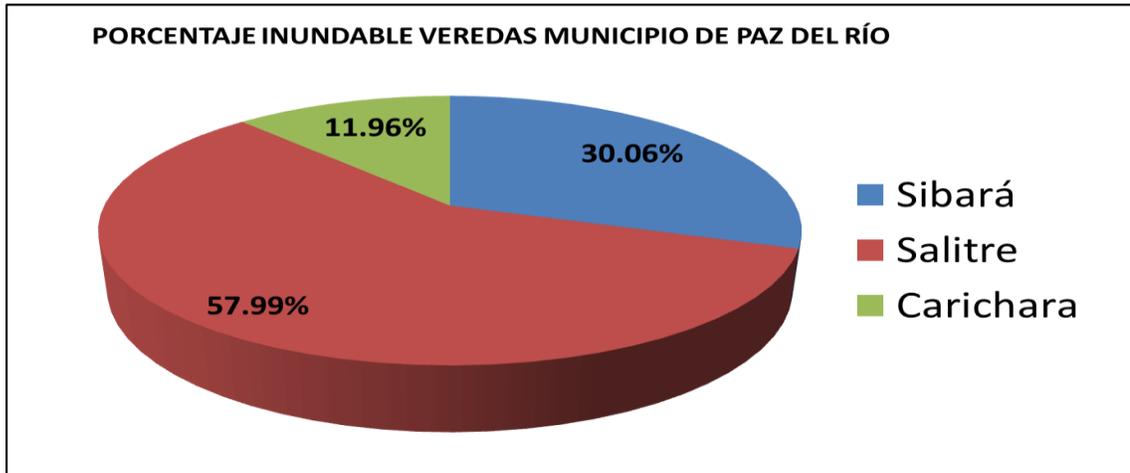
FIGURA 78. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE RÍO PARA T=5 AÑOS



FUENTE. LOS AUTORES; 2016

Se obtiene así que del municipio de Paz de Río se ven afectadas 3 veredas veredas para una huella de inundación de T=5 años de las cuales se divide en Sibara (34,42%), Salitre (58,22%) y Carichara (7,35%).

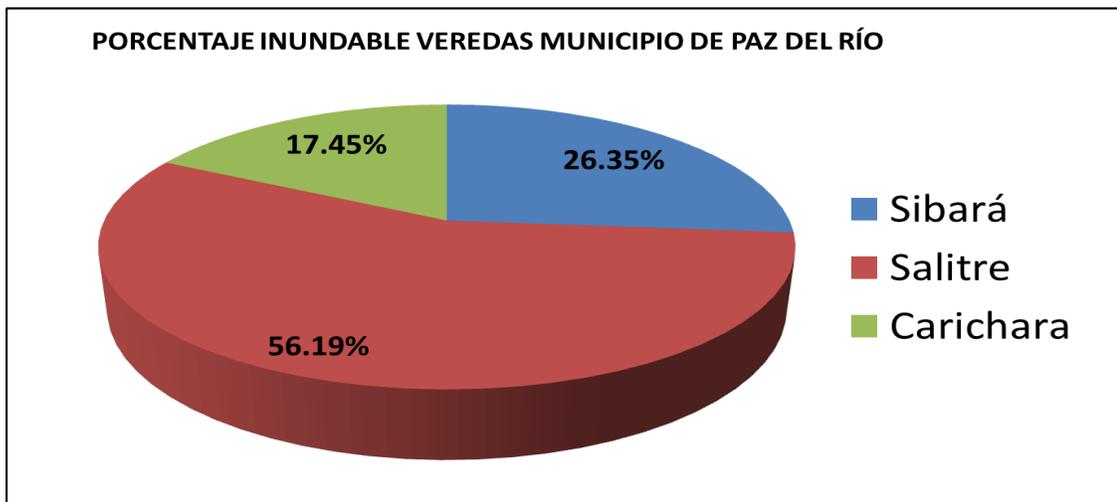
FIGURA 79.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE RIO PARA T=50AÑOS



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Como podemos analizar para el municipio de Paz de Río se ven afectadas 3 veredas veredas para una huella de inundación de T=50 años de las cuales se divide en Sibara (30,06%), Salitre (57,99%) y Carichara (11,96%).

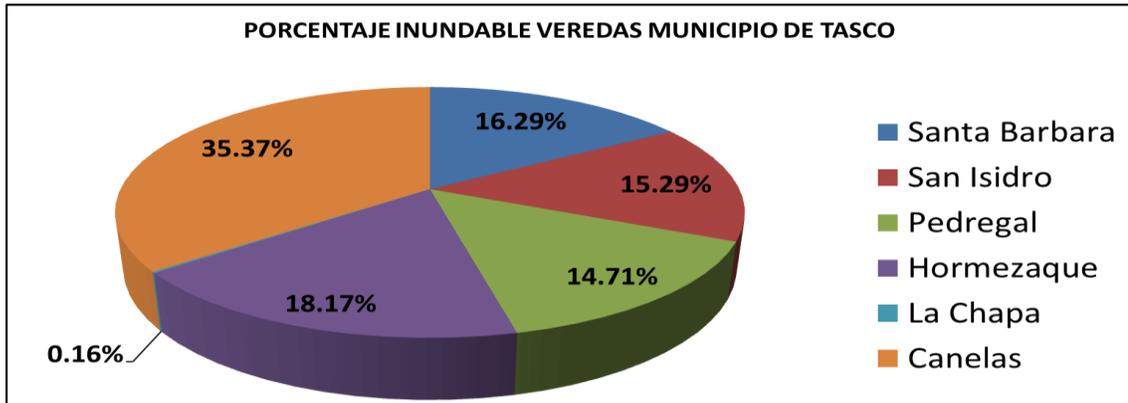
FIGURA 80.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE RIO PARA T=100AÑOS



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Se puede considerar que para el municipio de Paz de Río se ven afectadas 3 veredas veredas para una huella de inundacion de T=100 años de las cuales se divide en Sibara (26,35%), Salitre (56,19%) y Carichara (17,45%).

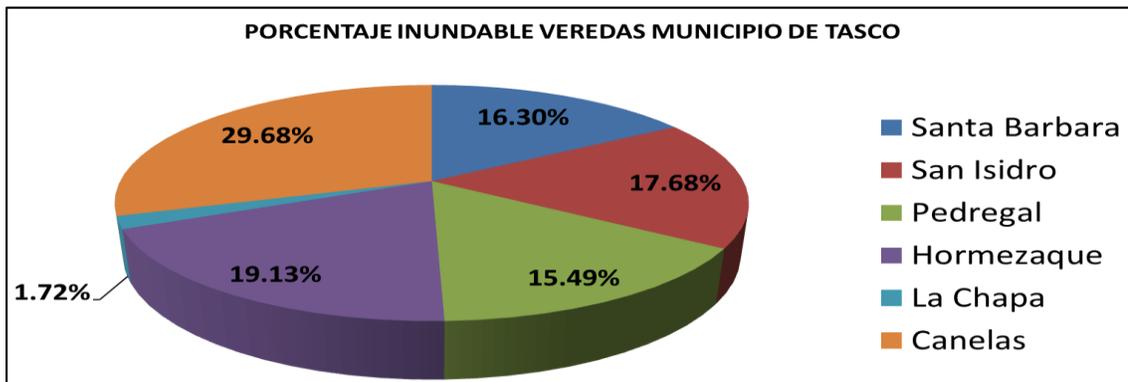
FIGURA 81.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS DEL MUNICIPIO DE TASCO PARA T=5AÑOS



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Como podemos observar para el municipio de Tasco se ven afectadas 6 veredas para una huella de inundacion de T=5 años de las cuales se divide en Santa Bárbara (16,29%), San Isidro (15,29), Pedregal (14,71%), Hormezaque (18,17%), La Chapa (0,16%) y Canelas (35,37%).

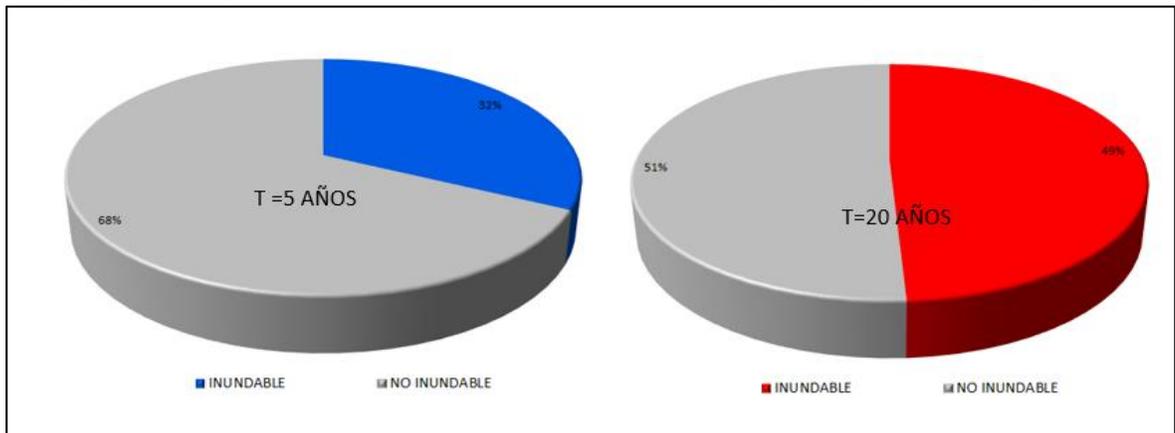
FIGURA 82.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN EN LAS VEREDAS DEL MUNICIPIO DE TASCO PARA T=50AÑOS



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Se obtiene así que del municipio de Tasco se ven afectadas 6 veredas para una huella de inundacion de T=50 años de las cuales se divide en Santa Barbara (16,30%), San Isidro (17,68), Pedregal (15,49%), Hormezaque (19,13%), La Chapa (1,72%) y Canelas (29,68%).

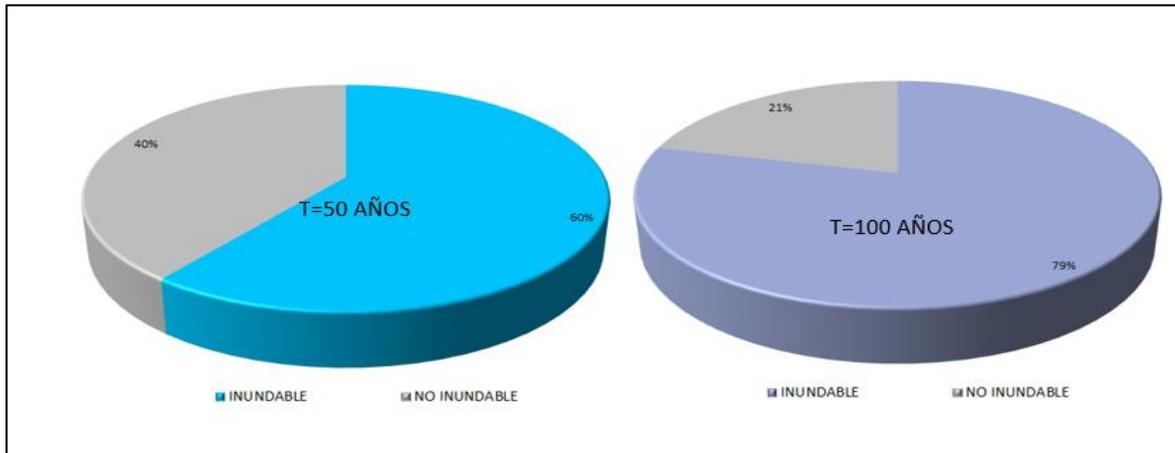
FIGURA 85. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN 5 Y 20 AÑOS EN EL CASCO URBANO DE CORRALES



FUENTE. LOS AUTORES; 2016

Como podemos observar en el perimetro urbano de corrales, para un periodo de retorno de 5 años se inunda el 32% de este y para una huella de inundacion de T=20 años, se inunda el 49% de este casco urbano representando 10.38 ha del area total.

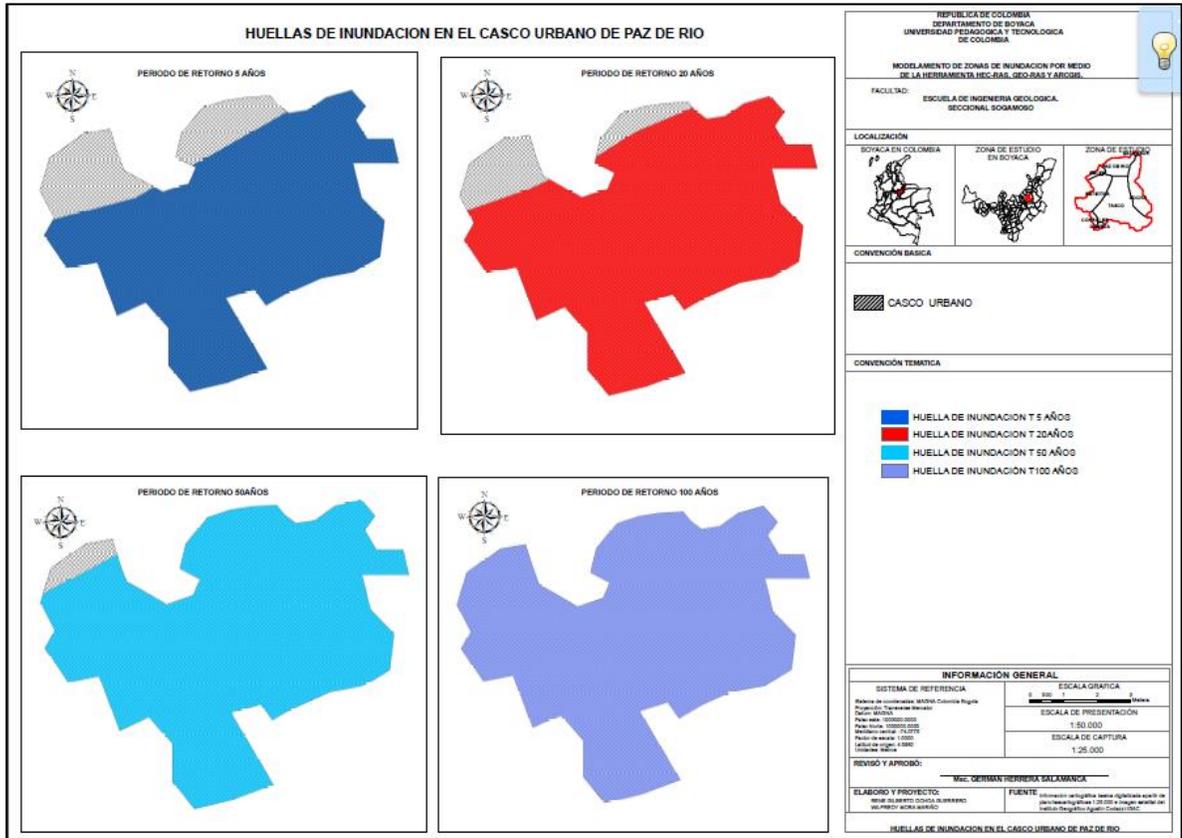
FIGURA 86. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN 50 Y 100 AÑOS EN EL CASCO URBANO DE CORRALES



FUENTE. LOS AUTORES; 2016

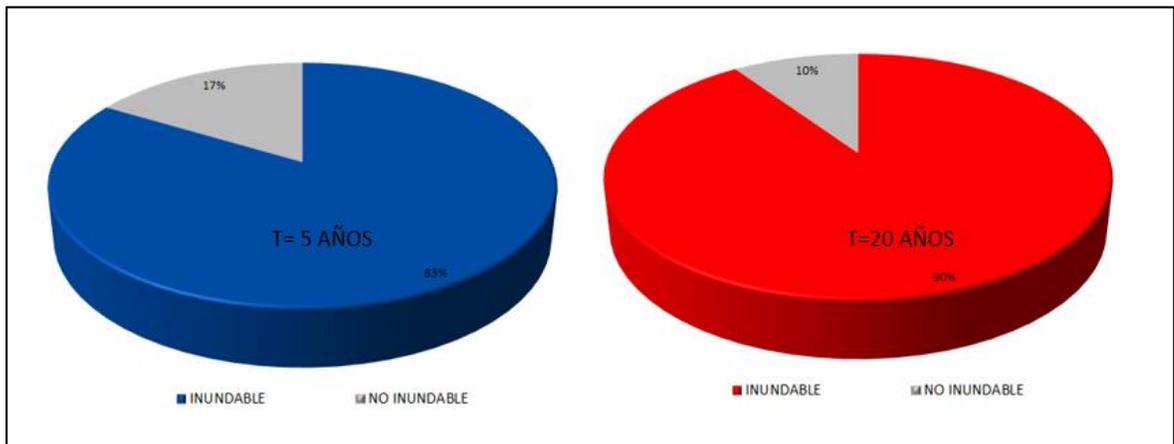
Como se puede examinar en la figura 85 en el casco urbano de corrales para un periodo de retorno de 50 años se inundará el 60% de éste, representando 12.79 ha y para un periodo de retorno de 100 años, probablemente se inundará un 79% el cual representa 16.67 ha de 21.14 ha.

FIGURA 87. IMAGEN MAPA DE INUNDACIÓN PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN EL CASCO URBANO DE PAZ DE RIO



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

FIGURA 88. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN 5 Y 20 AÑOS EN EL CASCO URBANO DE PAZ DE RIO

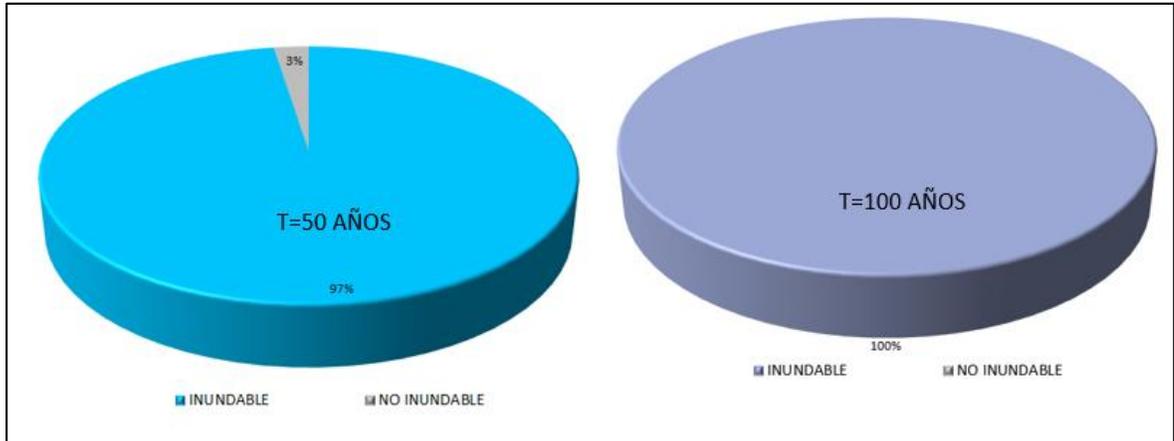


FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Como se puede analizar en el casco urbano de Paz de Rio, para un periodo de retorno de 5 años, posiblemente se inunda 83% de éste y para una huella de

inundacion de T=20 años se inunda el 90% de este casco urbano representando 18.38 ha del área total.

FIGURA 89. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN 50 Y 100 AÑOS EN EL CASCO URBANO DE PAZ DE RIO

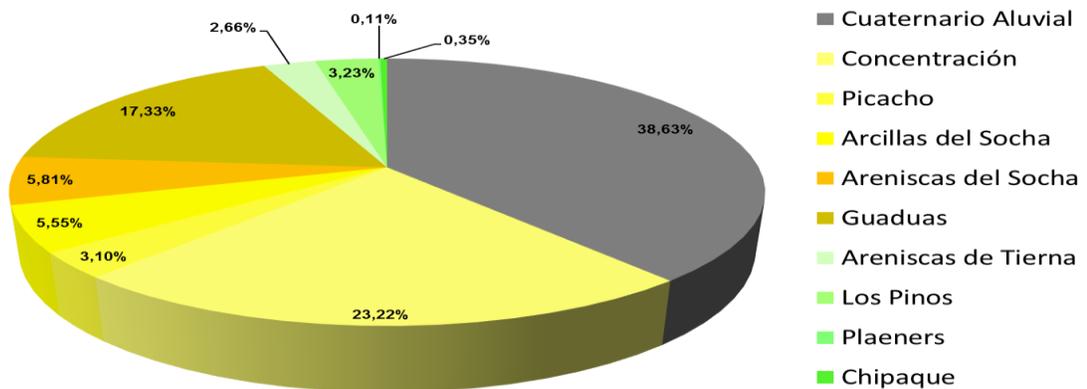


FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Se obtiene así que del municipio de Paz de Rio seguramente para una huella de inundación de T=50 años, se inundará el 97% representando 19.83 ha del casco urbano y para un periodo de retorno de 100 años, quizás se inundará el 100% del casco urbano.

27.4.1.3 Análisis Huellas De Inundación En La Geología

FIGURA 90.PORCENTAJE DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS EN LA GEOLOGIA
AREA DE GEOLOGIA INUNDABLE PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

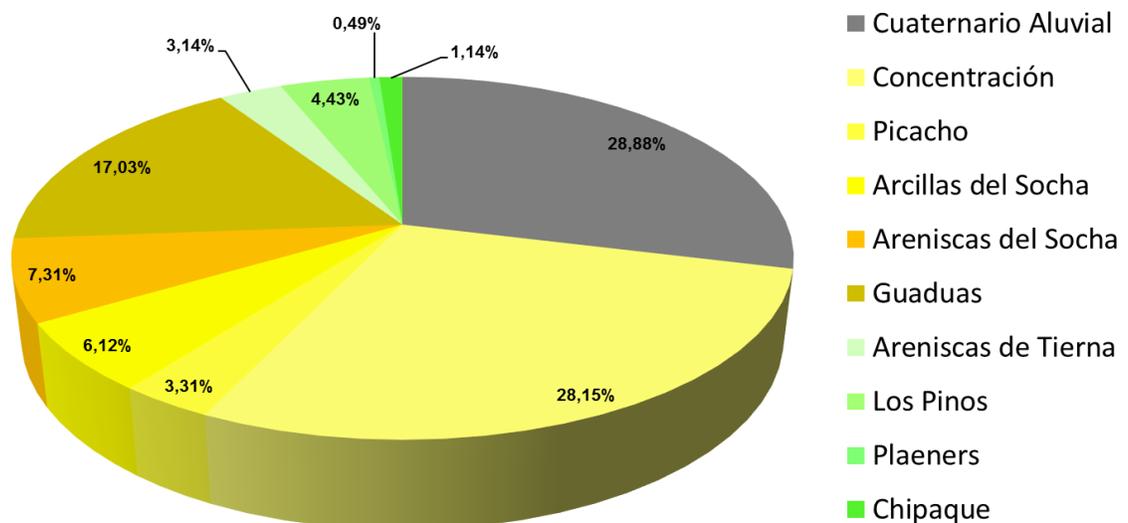


FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Se puede apreciar como en la figura 89 que para un periodo de retorno de T=5 años lo que se inunda en cuanto a Geología son 625,85 Hectáreas con Depósitos Aluviales (38,63 %), Formación Concentración (23,22 %), Formación Picacho (3,10 %), Formación Arcillas del Socha (5,55 %), Formación Areniscas del Socha (5,81 %), Formación Guaduas (17,33 %), Formación Areniscas de Tierna (2,66 %), Formación Los Pinos (3,23 %), Formación Plaeners (0,11 %), Formación Chipaque (0,35 %).

FIGURA 91. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS EN LA GEOLOGIA

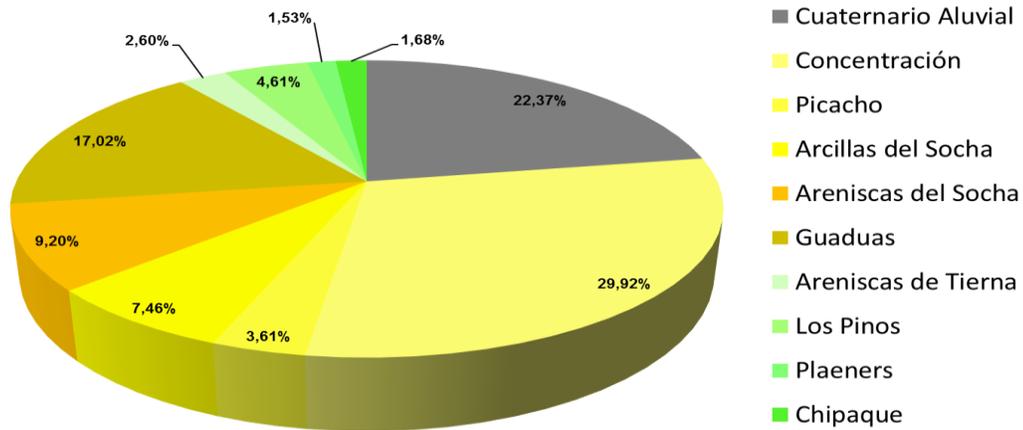
AREA DE GEOLOGIA INUNDABLE PARA UN PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Como se puede estimar en la figura 90 para un periodo de retorno de T=50 años lo que se inunda en cuanto a Geología corresponde a Depósitos Aluviales (28.88 %), Formación Concentración (28.15 %), Formación Picacho (3.31 %), Formación Arcillas del Socha (7.31 %), Formación Areniscas del Socha(6.12 %), Formación Guaduas (17,03 %).

FIGURA 92. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LA GEOLOGIA
AREA DE GEOLOGIA INUNDABLE PARA UN PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS

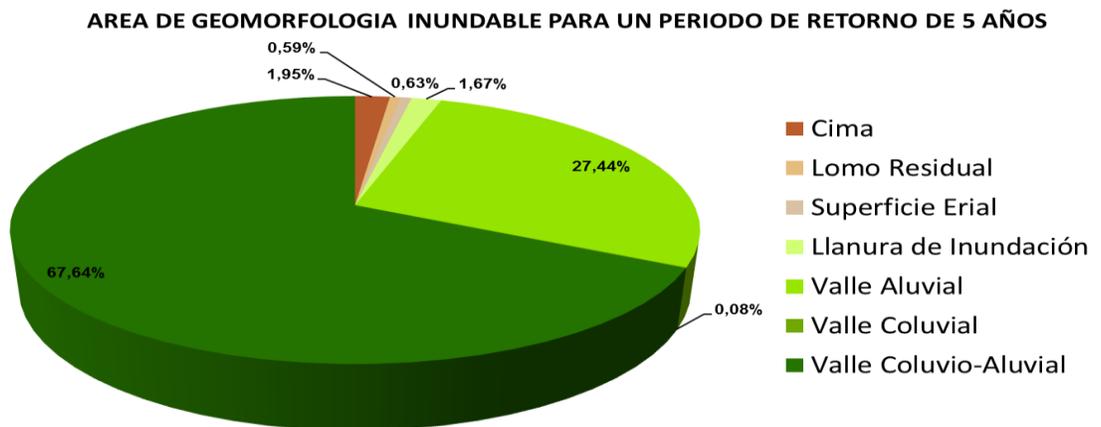


FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Examinando la figura 91 se puede deducir que en un periodo de retorno de T=100 años las formaciones más susceptibles a inundaciones son las siguientes Depósitos Aluviales (22.37 %), Formación Concentración (29.92 %), Formación Arcillas del Socha (9.20 %), Formación Guaduas (17,02 %),

27.4.1.4 Análisis Huellas De Inundación En La Geomorfología

FIGURA 93. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS EN LA GEOMORFOLOGIA
AREA DE GEOMORFOLOGIA INUNDABLE PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

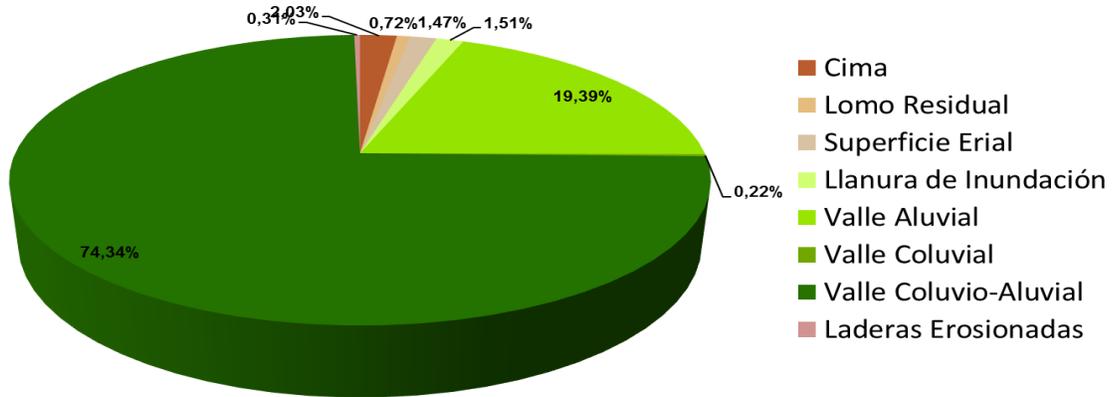


FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Se puede apreciar como en la figura 92 que para un periodo de retorno de T=5 años lo que se inunda en cuanto a Geomorfología son 625,85 Hectáreas con ambiente

denudaciones como Cima (1.95 %), Lomo Residual (0,59 %), Superficie Erial (0,63 %); ambiente fluvial como Llanura de Inundación (1,67 %), Valle Aluvial (27,44 %), Valle Coluvial (0,08 %), Valle Coluvio-Aluvial (67,64 %).

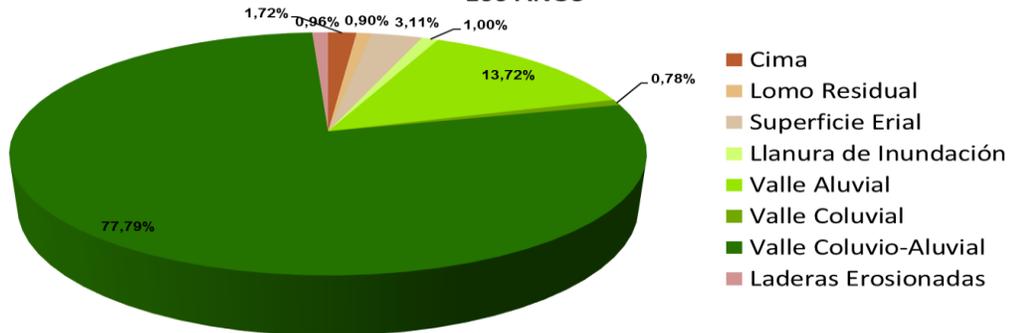
FIGURA 94. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS EN LA GEOMORFOLOGIA
AREA DE GEOMORFOLOGIA INUNDABLE PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Como se puede estimar en la figura 93 para un periodo de retorno de T=50 años lo que se inunda en cuanto a Geomorfología corresponde con ambiente denudacional como Cima (1.74 %), Lomo Residual (0,92 %), fluvial como Llanura de Inundación (1,52 %), Valle Aluvial (23,52 %), Valle Coluvio-Aluvial (71.51 %).

FIGURA 95. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LA GEOMORFOLOGIA
AREA DE GEOMORFOLOGIA INUNDABLE PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

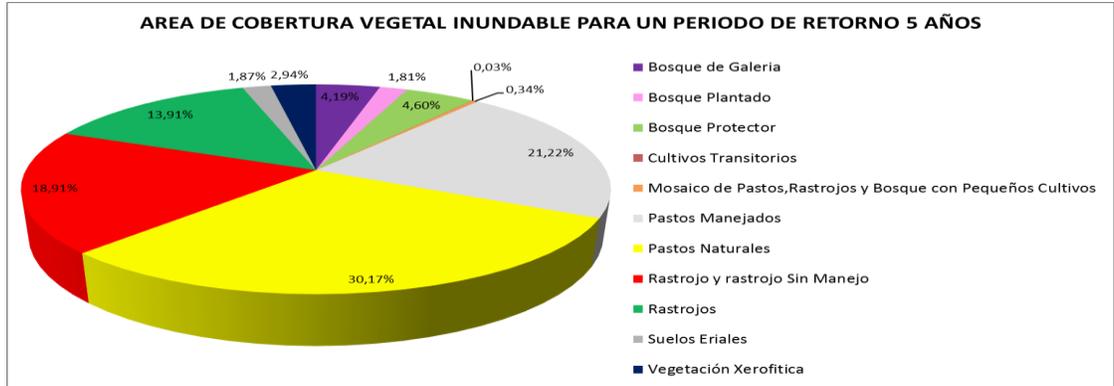


FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Examinando la figura 94 se puede deducir que en un periodo de retorno de T=100 años las geoformas más susceptibles a inundaciones son las siguientes Llanura de Inundación (1 %), Valle Aluvial (13.72 %), Valle Coluvio-Aluvial (77.79 %).

27.4.1.3 Análisis Huellas De Inundación En La Cobertura Vegetal

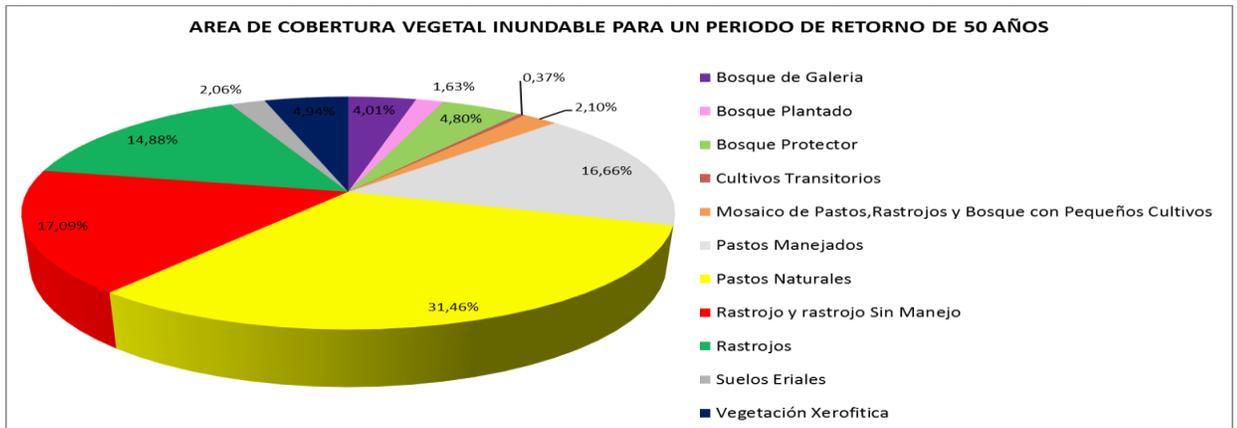
FIGURA 96. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS EN LA COBERTURA VEGETAL



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Se puede apreciar como en la figura 95 que para un periodo de retorno de T=5 años lo que se inunda en cuanto a cobertura vegetal son 625,85 Hectáreas con porcentajes como pastos naturales (30.17%) suelos eriales (21.22 %), rastrojos (13.91 %); rastrojos y rastrojos sin manejo (18.91 %), bosque protector (4.60 %), bosque de galería (4.19%), vegetación xerofítica (2.94 %).

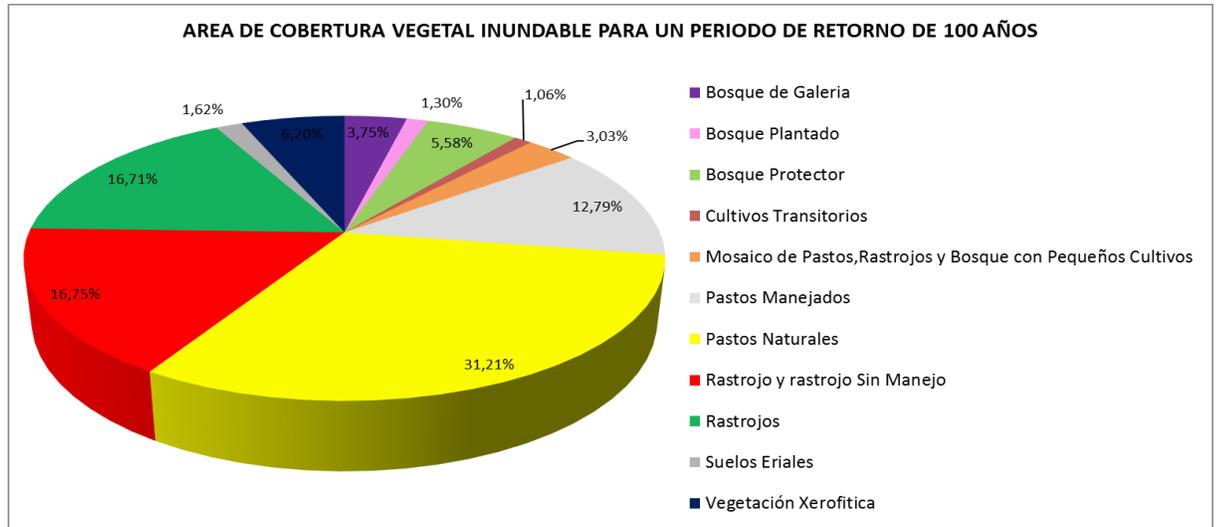
FIGURA 97. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS EN LA COBERTURA VEGETAL



FUENTE.LOS AUTORES; 2016

Como se puede estimar en la figura 96 para un periodo de retorno de T=50 años lo que se inunda en cuanto a cobertura vegetal son pastos naturales (31,462 %) suelos eriales (2,063 %), rastrojos (14,881 %); rastrojos y rastrojos sin manejo (17,09 %), bosque protector (4,8011 %), bosque de galería (4,00720 %), vegetación xerofítica (4,94 %).

FIGURA 98. PORCENTAJE DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS EN LA COBERTURA



FUENTE. LOS AUTORES; 2016

Examinando la figura 97 se puede deducir que en un periodo de retorno de T=100 años las coberturas vegetales más susceptibles a inundaciones son las siguientes pastos naturales (31,21 %), rastrojos y rastrojos sin manejo (16.75 %), rastrojos (16.71 %). pastos manejados, (12.79 %),

28 CONCLUSIONES

Se obtuvieron resultados aceptables en condiciones de flujo permanente y de acuerdo con la información hidráulica y geométrica ingresada en el modelo.

Se pudo describir cualitativa y cuantitativamente la respuesta del sistema hídrico ante un evento extremo de inundación.

Se logró simular satisfactoriamente el comportamiento hidrológico del río Chicamocha y prever su comportamiento en periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.

El modelo hidráulico hec-ras, presento suficiente aptitud para las condiciones locales del área de estudio.

Se anticipó probabilidad de amenaza inminente con efectos adversos hacia los pobladores de los municipios de Corrales y Paz de Río.

Se suministran datos e información validada de acuerdo con el actual estado del arte de la modelación hidráulica para el área de estudio de gran utilidad para las autoridades municipales y ambientales.

Se detectó que los núcleos urbanos que están más amenazados por inundación son Corrales y Paz de Río, el perímetro urbano de Tasco no presenta ninguna amenaza en cuanto a avenidas torrenciales.

El casco urbano de Paz de Río sería el más afectado por inundación en el periodo de retorno de 5 años previéndose un área inundada correspondiente al 80% del área urbana y llegando a un 100% inundable para el periodo de retorno de 100 años.

Con el estudio hidrológico se pudo determinar la alta probabilidad de ocurrencia de fuertes precipitaciones cada 10 a 12 años como pasó en el 2002 y 2012

29 RECOMENDACIONES

Se utilizó el método de gumbel que es un método de probabilidad para simular eventos de inundación que puedan llegar a presentarse, lo que se recomienda es hacer un estudio que nos ayude con la generación de algún tipo de estructuras teniendo en cuenta las curvas de intensidad, duración y frecuencia que se plantean en este trabajo.

La inundación que se presentó el 13 de abril de 2012 en Paz de Rio fue causada por el estancamiento de material rocoso en el río Soapaga y por ésta razón sería necesario conocer el volumen de material que permita modelar más deterministamente una inundación.

También es importante que se tomen medidas de mitigación como el dragado del Río Chicamocha y sus unidades hidrográficas en las zonas críticas de inundación para evitar futuras catástrofes.

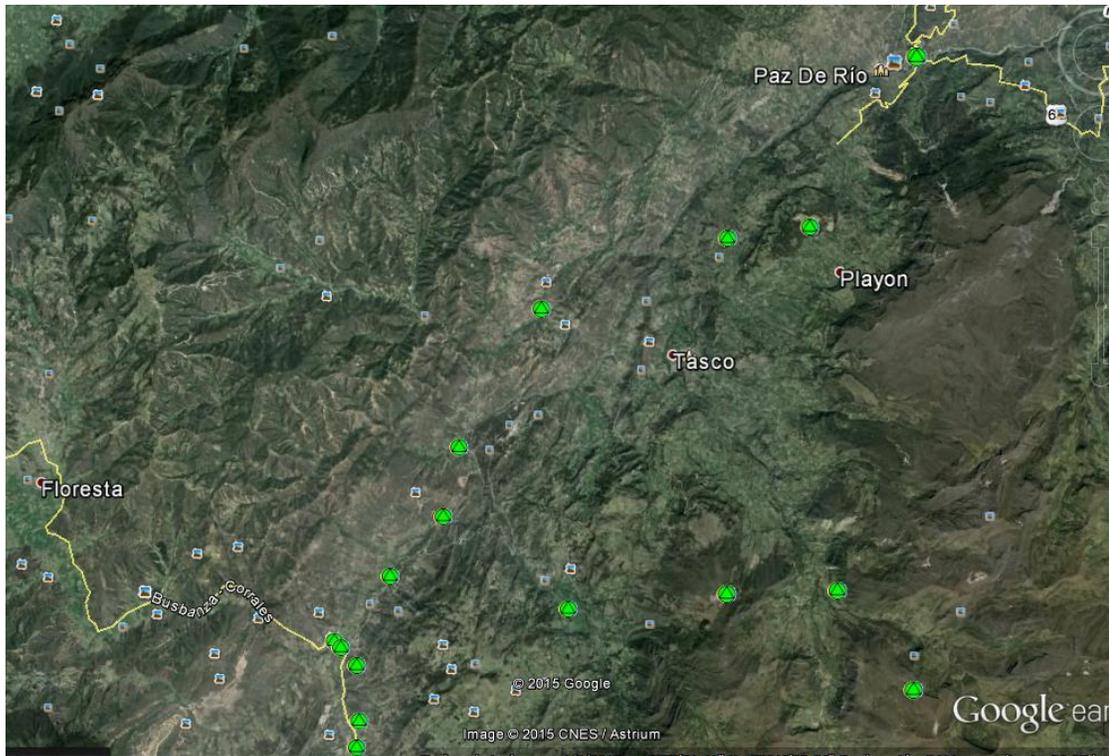
Que las autoridades municipales competentes, incluyan los resultados del presente estudio en los temas relacionados con la gestión del riesgo por inundaciones, en el marco de la actualización periódica del EOT.

30 ANEXOS

PUNTOS CRITICOS



RECORRIDO DE CAMPO



DATOS DE ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA													
ESTACION DENOMINACION	TASCO			COORDENADAS								LA=0554 N	COTA=
	PM										LO=7247 W	2486 m.s.n.m	
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1970	31	64	33	47	89	35	39	29	61	135	154	9	726
1971	57	62	109	88	137	17	35	47	35	84	39	44	754
1972	71	21	108	233	89	37	16	12	41	34	65	28	755
1973	23	13	37	51	66	28	28	32	121	57	142	72	670
1974	28	117	88	103	126	29	51	56	94	89	145	1	927
1975	0	63	63	65	126	47	84	58	76	98	56	98	834
1976	8	41	129	123	74	64	48	29	40	186	79	20	841
1977	2	2	83	167	96	76	23	50	58	90	161	7	815
1978	1	52.2	83	154	133	78	43	41	101	132	88	14	920.2
1979	3	33	138	109	99	187	91	106	54	168	180	50	1218
1980	15	93	39	75	54	89	57	88	72	114	87	28	811
1981	3	39	30	173.7	148.5	84.6	56.2	44.2	72.2	64.3	56.2	48.8	820.7
1982	15.7	76.8	115.6	203.2	83.2	68.7	30.6	28.9	46.8	100.1	88.4	80.4	938.4
1983	33.1	19.6	51.5	173.1	78.8	13.9	21	41.1	22.4	60.2	60.6	53.7	629
1984	30.4	35	120.8	117.1	36.3	40.6	49.4	58.9	70.3	45.6	52	22.6	679
1985	28.6	23.4	47.1	120.5	102	22.7	32.4	22	96.3	95.3	56.8	30.5	677.6
1986	32.9	54.5	88.4	146	42.7	34.5	22	13.3	34.8	240.2	67.9	31.1	808.3
1987	6.1	35.9	27.6	60.9	106	33.8	62	23.7	67.1	159	72.8	32.5	687.4
1988	23.6	45.5	31.4	89.5	67	40.5	48.9	47	75.5	83.9	128.4	31	712.2
1989	2.7	25.6	150.3	41.4	67.1	26.7	22.8	28.4	56.9	45.9	22.6	20	510.4
1990	6.1	27.7	80.2	224	26	39.5	26.3	23.3	6.5	88.3	50.3	31.2	629.4
1991	6.8	9.2	130.9	91.3	50.8	20.4	23.1	17.4	20	39.7	149.9	30.5	590
1992	48	53.7	24.2	96.6	33.2	19.7	14.7	25.9	45.2	12.8	103.8	22.9	500.7
1993	34.8	49.3	38.2	265	327	44.1	75.2	14.6	55.5	107.1	133.9	49.7	1194.4
1994	21.4	71.1	194.5	135.3	102.1	50.2	35.8	39.2	183.7	190.2	84.8	3.8	1112.1
1995	4.8	51.5	93	66	61	85	4.1	105.8	17.5	108	27	86.5	710.2
1996	36	36.5	70.5	143.5	81.5	37	78.5	49.5	49.5	170.7	58.1	12.8	824.1
1997	81.8	9.3	82	137.7	64.3	34	48	9.1	38.4	37.3	42	2.3	586.2
1998	0	37.5	69.7	106.4	158.6	49.1	42.7	101.3	36.2	50.4	50.7	93.5	796.1
1999	30.4	37.5	60.3	80.2	59.9	51.2	33.8	43.8	106.8	109.8	63.8	24.6	702.1
2000	45.5	83.5	73.5	33.8	55.7	52	59.3	26.1	114.8	113.5	9	10.5	677.2
2001	20	36.9	77.4	8.5	101.7	35.8	40.1	15.7	82.3	49.9	53.5	51.3	573.1
2002	13.8	15.1	63.6	135.7	86.5	34.5	0	39	13.2	7	180.9	80.33	669.63
2003	71.8	89	163	207.7	20.2	43	87.9	9.3	44.2	106.9	59.6	50.3	952.9
2004	0	63	2	74.2	118.2	4	15	20	36.5	93.4	38.5	11	475.8
2005	27	0	5	55.5	85	122	12.3	12.3	87.8	3.5	192.8	25.4	628.6
2006	34.8	7.4	147.6	161.1	98.9	90.1	19	29.6	28.1	115	126.5	20.1	878.2
2007	5.2	13	48.4	90.6	70.6	16.6	29.1	67.5	22.3	97.7	70.7	40.7	572.4
2008	40.8	28.1	82.1	82.3	82.3	64	47.5	85	65.1	80.2	136.6	24	818
2009	74.1	78.1	111.2	94.9	58.1	33	10.6	49.4	11.2	41.2	95.1	63.7	720.6
2010	2.2	7.6	34.8	169.6	167.5	85.2	167.6	48.2	100.6	92.9	154.6	55.8	1086.6
2011	3.4	108.9	114.3	183.5	119.8	49	30.6	49.4	37.3	126.7	118.3	44.8	986
2012	65.1	85.6	172	209.6	28.5	29.5	40	60.4	22	94.7	33.7	69.2	910.3
2013	44.3	65.3	35.5	149.8	77.2	12.2	29.5	58.2	33.4	46.3	118	25.3	695
2014	15.2	72	61.7	82	53.8	19.6	14.4	13.5	10.2	144.22	190.2	74	750.82

DATOS DE ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA													
ESTACION	BETEITIVA			COORDENADAS							LA=0554 N	COTA=	
DENOMINACION	CO									LO=7248 W	2575 m.s.n.m		
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1992	15.8	21.7	34.6	33.8	47.3	34.7	14.4	40.4	48.9	16.1	110.4	36.4	454.5
1993	39	70.2	71.2	118.6	185.3	25.4	51.2	11.1	31.4	66.1	124.7	17.8	812
1994	28.1	58.8	89.8	100.9	71.4	41.2	34.4	48.1	108.5	154.3	108.2	9.3	853
1995	4.4	57.6	112.6	79.7	78.6	95.9	55.6	107.7	28.8	87.9	36.3	105.1	850.2
1996	34.8	41.6	92.1	146.9	68.7	60	52.5	45.2	48	102.2	55.2	27.7	774.9
1997	62	10.1	54.4	108.7	44.2	30.8	56.6	14.3	80.7	61.4	47.6	12.6	583.4
1998	1.3	54.9	104.3	82.7	105.8	60	55.7	87.6	59.4	65.4	83.3	90.5	850.9
1999	32.3	106.7	102.6	132.7	142.8	77.3	68	109.4	135.3	119.8	88.8	60.7	1176.4
2000	106.7	72.5	72.6	65.3	72.8	55.4	62	44.1	149.8	112.4	46.1	31.4	891.1
2001	18.8	32.2	93.8	10.9	136	39.4	46.8	23.1	87.9	55.8	126.5	78.3	749.5
2002	12.4	35.8	83.7	188.8	95.9	89.1	97.2	92.5	100.2	121.4	142	99	1158
2003	61.5	92.3	108.3	153.9	28.6	88.7	104	89.4	96.9	118.8	144.8	96.9	1184.1
2004	61.4	94.3	109.9	156.8	132	102.8	110.7	86.3	93.6	116.3	147.5	94.7	1306.3
2005	8	47.3	17.7	69.2	57.5	57.7	39.1	11.6	44.6	123.3	70.5	37.6	584.1
2006	53.2	11.1	148.8	192	125	85	30.8	30.7	40.1	100.3	92.2	82.2	991.4
2007	7	3.9	62.9	111.2	76.2	32	26.6	78	25.3	120.6	77.5	77.6	698.8
2008	47.4	14.9	61	72.8	78.9	81.1	51.4	76.2	61.9	60.4	184.6	86.1	876.7
2009	44.8	69.7	92.2	118.8	71.2	37.2	13.3	46.2	13.3	40	73.7	84	704.4
2010	60.9	7.5	49.9	86.9	65.5	55.3	159.6	45.5	102.8	102.1	169	70	975
2011	5.8	136.7	112.8	183	136.9	74.5	44.3	47.8	27.3	111	145.2	48.8	1074.1
2012	64.9	2.6	76.4	185.6	34.4	28.9	48.2	49.3	21.2	109.6	45.1	50.1	716.3
2013	24.3	65.6	10.6	100.8	112.6	21.4	41.3	54.9	36.2	44.7	123.7	15.6	651.7
2014	9.3	69.8	46.8	76.9	105.2	33.2	21.6	55.2	18.6	70.9	123.4	73.2	704.1

DATOS DE ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA													
ESTACION	gameza										LA=0548 N	COTA=3200	
DENOMINAC	PM			COORDENADA							LO=7246 W	m.s.n.m	
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR
1984	20.6	14.2	12.3	24	157.8	95.3	167.3	151.7	144.9	37.9	98.4	17.7	942.1
1985	52.1	22.8	64.5	81.8	150.3	217.1	195	138.8	97.7	146.4	108.3	29.5	1304.3
1986	44.8	113.7	19.2	129.7	114.3	218.6	246.3	122.9	85	184	67.2	32.3	1378
1987	10.1	19.1	69.4	64.9	107.5	116.3	265	140.7	132.2	260.4	80	21.7	1287.3
1988	0.4	26	24.5	60.6	73.3	108.6	220.2	84.9	126.9	55.9	109.4	13.8	904.5
1989	8.5	16.8	111.5	34.2	155.3	117.3	147.9	77.4	126.8	95.5	58.5	55.4	1005.1
1990	3.5	41.7	127.1	173.8	205.6	171.1	183	146.5	57.1	106.7	135.4	114.2	1465.7
1991	17.2	21.8	120.9	114.5	132.6	139.7	243.2	238.6	81.5	82.3	101.6	45.2	1339.1
1992	5.5	14.9	25.4	68.1	37.4	30	158	208.9	96.6	50.4	121.6	31.4	848.2
1993	35.6	29.4	56.8	134.8	173.8	132	217.5	123.6	49.6	76.2	125.5	31.7	1186.5
1994	25.4	30	92	72.8	137.8	150.9	209.3	221.1	94	171.4	87.6	27.8	1320.1
1995	3	19.1	65.6	91.6	95.5	150.4	127	142.6	58.4	55.1	38.9	53.6	900.8
1996	59.8	40.4	103.9	120.7	76.9	142.7	230.5	120.7	85.2	119.3	89.3	34.6	1224
1997	41.9	56.4	53.2	48.4	108.5	89.5	362.9	147.6	37.5	56	43.7	19.9	1065.5
1998	8	23.2	82	81.2	184.8	275.6	168.2	179.7	56.6	66.6	46.7	16.1	1188.7
1999	55.4	53	78.9	97.5	52.6	108.8	166.1	102.7	159	100.9	78.9	38.1	1091.9
2000	50.3	45	85.9	63.2	122.1	101.9	112.5	176.3	152.2	130	35.6	65.5	1140.5
2001	3.1	36	29.3	39.4	130.1	197.4	160.1	238.1	139.3	105.5	66.9	78.4	1223.6
2002	11.3	8.6	72.1	87.8	117.8	302.1	200	214	72.4	74.3	37.3	33.4	1231.1
2003	0	11.1	93.7	102	108.2	127.8	293.1	60	108.9	165.2	62.4	42.5	1174.9
2004	5.5	37.2	32.7	145.3	179.9	249.4	135.5	221.9	108.7	101.2	65.4	60.8	1343.5
2005	37.9	32.2	29.3	98.6	165.3	97.5	132.9	138.9	102.2	217.6	134.3	20.6	1207.3
2006	27.6	2.2	93.1	158.1	137.8	171.6	237.1	155.5	80.5	104.2	93.1	51.3	1312.1
2007	9.5	21.6	44.2	66.7	124.7	216.1	122.9	259.3	81.4	120	88.5	40	1194.9
2008	32.1	33.2	69	59.8	125.9	161	201.5	137.7	116.8	100.4	131.7	12.7	1181.8
2009	113.1	69	78.6	84.4	72.1	150.6	182	185.9	58.6	92.2	54.1	26.6	1167.2
2010	1.3	15.7	66.5	172.5	174.7	166.5	209.6	151.5	112.3	197.6	162.6	65.4	1496.2
2011	7.6	91.7	123.5	198.1	182.1	163.1	118.4	121.1	92.4	190.2	133.2	39.8	1461.2
2012	39.4	9.4	112.1	318.7	90.2	124.5	230	163.8	102.8	145	90.4	24.8	1451.1
2013	5.5	48.2	29.8	110.8	130.2	114.5	214.5	106.2	84.8	99	85.5	14.8	1043.8
2014	13.7	54.7	42.3	57.2	80.9	231.5	270.8	119.6	136.6	116.913333	87.733333	38.653333	1007.3

DATOS DE ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA													
ESTACION	BELENCITO										LA= 0546 N	COTA=2530	
DENOMINACI	PM			COORDENADA							LO=7253 W	m.s.n.m	
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VRANUAL
1984	31.6	37.7	70.8	55.7	67.7	32.5	53.7	73.4	84.1	55.2	117.8	32	712.2
1985	49.3	17.4	52.8	71.2	108.4	25.9	52.2	24.2	64.1	78.3	70.1	45.1	659
1986	30.3	132	43.7	175.2	44.4	52.2	20.6	12.6	60.2	228.9	70.5	5.1	875.7
1987	5	11.3	63.4	113.6	166.7	41.7	74.4	33	73.3	166	68.9	17.8	835.1
1988	11.4	36.5	17.5	114.5	84.8	51.8	62.2	69.8	123.7	151.5	172.9	18.5	915.1
1989	7.5	15.5	138.2	90.1	73.2	37.7	15.5	63.9	61.6	63.1	86	59.6	711.9
1990	2.4	64.5	176.4	179.4	47.1	37.9	45.4	19.6	12	91.1	96	111.5	883.3
1991	14.2	36.7	121.3	139.4	142.2	34.5	35.3	19.6	36.6	51.7	148.2	43.5	823.2
1992	5.4	53	25.4	84.8	52.5	54	16.9	39.1	75.9	32.2	131	28.2	598.4
1993	19.3	32.4	35.2	107.9	198.3	29.4	63.3	5.1	49.9	93.3	110.6	46.2	790.9
1994	56	44.1	77.2	101.5	72.5	54.4	34	39.2	30.2	80.4	64.4	10.9	664.8
1995	3.3	30	102.5	106.7	102.8	88	48.3	78.1	26.9	97.4	62	78.1	824.1
1996	115.5	14.5	143.2	114.7	105	45.4	75.2	41.2	85.1	145.2	108.5	24.7	1018.2
1997	61	14.3	64.2	50.8	87.8	28.1	39.8	15.7	40.3	30.7	28.9	4.4	466
1998	4	25.8	57.8	85.1	188.6	76.7	69.7	96.5	65.4	78.7	76.1	77.8	902.2
1999	53.5	95.4	110.2	102.5	84	93.9	38.3	47.8	152.9	110.7	48.3	48.9	986.4
2000	84.9	74.5	75.9	64.7	76.9	64.4	46	51.5	121	114.5	26.4	37.2	837.9
2001	9.8	28.6	44.7	5.7	81.1	31	57.5	29	88.5	69.1	50.8	103.9	599.7
2002	4.3	20.4	72.5	154.5	91.8	46.2	40.3	25.9	31.3	70.6	13.7	57.9	629.4
2003	2.6	45.7	107.1	71.4	40.9	71.1	68	5.8	101.7	170.2	159.4	78.7	922.6
2004	47.3	33.2	53.5	99.3	131.4	28.4	80.5	38.1	87.5	89.8	67.6	46.6	803.2
2005	31.7	53	15.4	70.6	112.6	61.9	37.9	30.8	60.3	154.8	92.6	29.4	751
2006	99	8.3	192.8	163.7	124	75.4	36.9	45.4	23.8	87.6	79.9	100.5	1037.3
2007	39.6	8.6	48.3	82.3	166.7	39	40.1	87.4	33.2	141.1	54.9	60.2	801.4
2008	64.3	18.9	86.3	75.5	133.6	98.5	62.5	88.3	65.7	82	180.2	11.7	967.5
2009	66.2	10	82.3	156.2	57.3	64.8	21.1	50.6	44.9	84	60.7	54.8	752.9
2010	10	21.5	28.6	305.1	216.5	87.8	202.2	47.2	67.3	159.2	165.6	66.9	1377.9
2011	3.9	115.4	89.5	194	144.8	66.2	55.2	64.6	52	141.6	171.5	80.4	1179.1
2012	61.6	18.1	98.6	200.3	42.9	59.6	37.7	42	14.8	119.7	81.4	29.7	806.4
2013	6.2	94.3	12.3	124.9	99.2	21.9	65.9	78.8	35.5	63.3	105.2	25.3	732.8

DATOS DE ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA													
ESTACION	mongua								LA=0545 N	COTA=2900			
DENOMINAC	PM			COORDENADA				LO=7247 W	m.s.n.m				

Año	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1984	28.2	21	6.4	60	70.5	90.5	88.8	101.3	150	37	71.8	8.5
1985	29	24.9	56	57.8	72.5	106.7	121	198.9	80.9	119	74.5	65
1986	23.7	100.5	16.6	108.8	89.5	105.2	103	113	49.2	97.9	83	9.5
1987	16.4	17	54.8	35	121	39.7	167.9	91.5	100	145.3	72.5	22.5
1988	2.5	21.5	13	80.5	59.8	110	200.5	139.6	202.2	101.8	187.1	20.4
1989	7.6	11.4	143.4	41	74	61.2	96	36.1	98.2	72.7	59	39.1
1990	0	43.3	120.1	152.3	263.8	156.4	187.5	66.4	28.8	79.3	107.2	69.5
1991	10.6	11.8	112.1	93.8	115.4	49.3	45.4	111.8	56.7	65.7	64.1	40.4
1992	0.2	0	12.3	35.8	28	66.5	170	137	77	30	112	38
1993	23	21	41	115	156	101	113	48	47	48	129	12
1994	30	33	87	47	89	52.1	83.7	110.5	55.6	112.8	85.3	4.6
1995	20.9	40.4	82.2	90.9	113.5	115.7	66.2	121	34.9	51	12.5	57.6
1996	48.3	25.7	108.2	120	61.3	81.7	108.6	98.3	35	118.6	80	16.1
1997	42.3	17.8	38.4	40.4	72.6	41.7	197.8	64.5	36.4	28.5	33.3	0
1998	5	17.1	67.4	71.3	135.8	202.9	90.9	116.2	46.1	82.3	38.1	44.6
1999	64.1	22.8	30.6	85	36.5	66.1	102	61.9	149.8	73.5	52.9	34.3
2000	19.9	23.2	109.3	50.1	72.1	44.1	63	54.5	112.8	135.7	44.8	23.9
2001	0	25.8	34.1	16	70.1	126.6	89.4	108.1	103.3	82.3	80.8	65.1
2002	2.7	4.7	59.4	72.1	64.6	89.8555556	116.372222	98.81111111	81.3277778	82.3	77.1055556	31.7277778
2003	19.7052632	25.4157895	62.7526316	72.2526316	92.9473684	8.8	10.6	0	32.3	82.3	7.4	30
2004	0.9	3.8	6.3	139	92.9473684	16	111.083611	93.8705556	78.8763889	82.3	73.6202778	2.7
2005	57.1	24.3864662	60.064411	75.4310777	92.9473684	82.478836	111.083611	93.8705556	78.8763889	82.3	73.6202778	13.4
2006	21.9	24.3864662	113.5	144	105.8	117.3	77.7	101.8	53.7	94.9	68.7	30.7
2007	9.4	2	54.1	61.4	116.4	99.8	62.5	181.2	44.5	120.1	49.3	38.7
2008	30.8	46.1	35.5	69.6	97.3	85.3	80.6	83.8	64.6	83.7	112.2	3
2009	69.4	44.7	79.3	60.8	86.3	89.5	80.1	100.9	25.5	78.3	57.7	22.3
2010	0	14.1	47.7	201.9	151.8	171.7	156.6	88.3	78.7	170.3	149.8	54.4
2011	7.7	116	139.9	217.4	150.7	118	57.9	92.8	97.8	188.1	145.1	9.8
2012	21.7	7.5	105.7	279.8	52.7	60.2	144.8	112.3	49.3	81.6	66.2	23.6
2013	0	52.9	23.2	89.1	117.5	49.1	167.6	63.9	42.9	70.8	71.5	15.8
2014	12.4	39.2	79.4	27.8	69.8	118.2	117.2	63.4	74.7	89.9466667	78.0048704	28.2409259

DATOS LINMIMETRICOS

FECHA DE PROCESO			15 de octubre de 2015									
ESTACION			35077100			PUENTE COLORADO						
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
1.283	1.342	1.349	1.165	3.274	1.453	1.318	1.377	2.842	2.223	2.721	1.671	3.274
1.0	0.6	1.0	1.7	2.4	1.3	1.0	0.8	1.5	3.3	2.4	2.6	3.330
0.858	1.014	1.339	3.222	2.471	2.921	1.343	0.67	0.657	6.859	3.831	1.384	6.859
0.95	0.91	0.72	0.8	4.06	2.39	1.43	1.51	1.91	6.89	3.84	2.32	6.890
1.2	1.1	0.9	3.0	2.1	4.5	3.1	3.0	6.2	4.5	10.1	3.6	10.090
2.749	1.861	2.741	1.712	2.153	1.701	1.098	1.071	1.629	2.494	2.133	1.251	2.749
0.425	0.542	0.697	2.116	2.886	1.407	0.929	0.565	0.261	1.934	3.176	1.968	3.176
0.9	0.2	1.5	2.2	4.6	1.6	0.8	0.6	0.9	1.2	2.0	0.9	4.640
0.507	0.349	0.266	0.699	0.66	0.679	0.461	0.331	0.384	0.44	0.727	0.93	0.930
0.47	0.3	0.3	2.5	5.94	1.65	0.99	0.79	1	1.42	6.81	3.29	6.810
1.2	1.6	3.6	7.5	8.1	3.0	2.0	1.4	1.9	3.7	4.4	1.7	8.110
0.959	0.706	1.406	1.173	1.597	2.802	1.725	4.568	1.812	2.828	1.703	2.135	4.568
1.08	0.94	1.8	2.25	4.94	2.6	2.2	1.92	1.64	2.53	1.95	1.32	4.940
1.3	1.0	0.6	1.6	2.3	1.6	0.9	0.6	0.9	0.8	0.8	0.5	2.290
0.24	0.37	0.98	4.76	7.51	3.03	1.65	3.98	2.86	5.19	3.51	4.42	7.510
2	3.4	3.3	3.3	2.2	1.9	1.4	2	3.5	4.9	4.9	3	4.900
1.4	1.5	1.9	2.5	2.1	2.2	1.4	1.1	2.0	2.6	2.4	1.0	2.600
0.8	0.5	1	0.5	1.7	1.1	0.6	0.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.700
0.7	0.5	1.5	4.4	2.9	4.2	1.2	0.9	0.8	1	1.5	0.9	4.400
0.3	0.2	0.6	2.2	1.2	1.4	1.1	1.0	1.1	4.0	4.1	2.3	4.137
1.1	0.75	0.77	3.1	1.19	1.6	0.99	0.83	0.99	2.2	3.87	1.57	3.870
1.02	1	0.59	1.6	2.46	1.67	1.43	0.95	0.66	2.24	3.02	1.8	3.020
1.5	0.7	2.2	6.7	7.5	2.3	1.4	0.9	0.7	1.6	3.3	1.7	7.496
0.601	0.348	0.936	3.013	2.286	1.786	0.836	1.268	0.881	3.748	3.638	2.012	3.748
1.074	0.664	0.54	1.557	2.911	1.725	1.285	1.035	1.763	3.479	2.888	1.869	3.479
0.963	1.25	2.493	2.942	3.078	1.337	0.841	0.732	1.32	1.123	1.243	0.53	3.078
0.311	0.262	0.282	2.444	4.176	3.153	9.261	3.524	3.98	3.611	6.82	5.533	9.261
1.694	1.834	4.758	12.3	11.35	4.561	2.327	2.086	1.503	3.35	5.78	4.691	12.300
1.519	0.748	1.185	9.992	2.448	0.959	0.637	1.058	0.519	0.826	0.579	0.34	9.992
0.157	0.282	0.161	0.565	2.135	0.316	0.212	0.888	0.633	0.688	1.132	0.721	2.135

15 de octubre de 2013													
35077100	PAZ DERIO												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
1983	5.816	5.346	6.842	48.35	88.16	40.7	45.78	55.37	20.93	17.45	10.02	6.819	88.160
1984	4.7	8.2	6.7	9.4	21.1	30.7	36.1	48.1	52.4	23.2	34.1	9.7	52.430
1985	4.855	2.789	5.381	14.9	31.82	58.28	35.92	28.84	29.48	43.14	33.29	35.38	58.280
1986	5.239	11.62	16.91	29.19	27.7	64.07	73.35	37.06	11.9	89.36	50.17	13.54	89.360
1987	5.8	8.0	11.3	10.5	40.5	34.7	49.5	39.2	24.2	62.8	53.9	16.3	62.800
1988	5.2	7.1	9.4	111.9	108.6	121.6	126.9	117.5	119.4	114.7	137.1	131.1	137.100
1989	170.4	181.4	139.5	150.5	110.6	94.26	103.9	59.27	69.33	77.08	55.52	62.03	181.400
1990	71.2	32.7	63.5	108.3	61.2	39.4	36.3	28.4	8.2	21.5	34.7	25.4	108.300
1991	7.82	6.33	16.72	22.39	25.82	21.41	34.02	35.18	24.27	18.16	26.42	13.77	35.180
1992	5.39	4.75	3.83	10.67	12.06	17.95	27.71	29.53	19.21	12.59	12.58	12.46	29.530
1993	3.6	3.0	4.4	22.5	67.3	43.0	38.0	34.9	22.6	22.0	34.8	25.8	67.300
1994	8.555	10.18	20.42	36.45	52.64	45.52	52.47	44.39	28.8	38.38	37.9	18.89	52.640
1995	7.1	8	15.2	16.6	23.8	37.7	36.6	46.4	27	45	43.3	30.9	46.400
1996	23.5	22.6	24.4	33.9	29.9	24.8	25.2	30.8	42.4	42.8	50.6	33.0	50.600
1997	13.2	24.3	26.8	19.47	28.14	27.09	23.82	24.6	32.82	35.98	29.08	13.3	35.980
1998	7.78	6.09	7.64	6.02	23.13	26.4	20.97	31.15	24.93	17.8	19.44	13.95	31.150
1999	4.8	4.4	11.1	21.9	24.3	54.8	26.1	26.8	8.6	13.6	8.1	28.8	54.800
2000	20.8	20.4	22.9	39.5	27.1	25.4	54.5	25.4	28.2	53.7	57.1	27	57.100
2001	20.8	10	10	25	1752	35	536	48	20	24	41	13	1752.000
2002	14.3	7.9	7.0	16.9	45.7	29.9	29.7	28.8	25.1	49.3	42.9	16.3	49.300
2003	12.27	10.57	25.99	59.64	4285	47.4	42.95	28.35	17.62	29.92	42.25	22.86	4285.000
2004	25.93	26.48	26.48	26.01	27.9	40.8	16.21	3.819	11.5	38.02	35.61	36.11	40.800
2005	10.8	8.6	6.8	11.6	53.9	58.7	37.9	39.2	37.4	35.9	60.5	28.7	60.520
2006	18.2	12.63	23.04	13.13	9.34	13.3	11.52	38.743	16.52	15.32	17.54	8.484	38.743
2007	6.342	6.422	9.422	31.48	41.24	36.37	82.87	25.86	29.64	79.31	62.97	29.31	82.870

15 de octubre de 2015													
35077100	PUENTE Chameza												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
1984	1.054	1.136	1.116	1.206	4.142	5.259	9.066	16.41	18.37	9.682	11.81	2.657	18.370
1985	1.4	1.0	1.6	3.8	7.4	9.6	5.5	7.1	9.2	14.7	13.0	14.2	14.680
1986	1.911	2.279	4.278	9.148	7.951	15.02	9.929	3.992	3.839	43.04	22.72	4.068	43.040
1987	2.35	2.19	1.96	2.92	10.2	8.58	7.68	10.11	5.68	16.45	14.13	9.34	16.450
1988	2.3	2.3	2.4	4.0	2.6	10.6	13.8	7.7	22.0	29.0	50.8	13.9	50.830
1989	5.017	3.007	8.004	4.706	7.673	8.412	6.849	5.072	5.088	6.967	6.163	4.056	8.412
1990	1.86	2.06	2.58	8.13	12.71	3.61	3.08	3.3	3.89	7.95	9.74	9.02	12.710
1991	2.7	2.8	7.5	7.6	10.5	6.4	8.0	8.3	9.1	6.9	13.6	6.8	13.560
1992	3.02	2.78	2.61	3.26	2.83	3.25	2.46	3.43	3.54	2.39	4.39	5.55	5.550
1993	1.82	1.88	1.93	5.54	17.73	8.79	6.2	9.15	4.01	3.96	11.33	8.77	17.730
1994	2.7	3.2	5.6	14.1	16.6	13.2	14.1	7.0	4.9	13.5	17.5	6.0	17.520
1995	2.123	1.502	2.77	2.665	3.437	9.16	8.543	19.9	6.585	10.14	7.501	6.753	19.900
1996	2.85	1.77	5.03	4.91	9.35	12.01	20.94	9.69	5.51	16.05	11.5	7.75	20.940
1997	3.9	2.7	2.7	4.5	3.8	5.4	5.1	5.1	4.4	4.5	4.7	3.5	5.360
1998	2.43	2.37	2.7	5.3	12.28	14.43	16.31	14.93	8.24	8.52	9.77	7.82	16.310
1999	4.4	8.1	9.8	11.7	10.2	8.9	6.1	7.4	18.1	18.4	22.1	11.4	22.100
2000	5.5	5.5	4.9	5.7	7.7	8.2	7.2	6.3	9.8	13.2	12.7	3.9	13.200
2001	3	2.3	2.2	1.5	3.6	2.9	2.2	2.8	3.6	4.2	5	4.7	5.000
2002	2.3	1.2	2.9	6.9	5.6	13.2	4.9	8.8	3.5	3.2	4.4	2.8	13.200
2003	1.2	*	3.3	9.5	8.3	7.2	9.6	5.9	6.4	23.1	30.4	12.7	30.420
2004	3.39	2.67	2.61	7.4	21.01	11.72	5.42	11.09	7.09	12.27	14.45	5.7	21.010
2005	3.59	3.93	3.01	3.83	6.93	5.5	3.81	3.98	3.9	11.51	12.64	5.11	12.640
2006	4.1	2.6	3.3	21.8	31.9	19.9	12.7	3.6	7.1	8.7	14.3	7.6	31.880
2007	3.289	2.26	3.583	5.822	4.92	6.771	4.829	6.093	6.395	13.4	15.94	8.529	15.940
2008	4.877	3.486	2.67	3.484	8.916	10.71	8.876	10.75	13.91	10.5	24.62	14.48	24.620
2009	4.425	4.275	7.122	8.467	7.612	6.312	5.128	4.458	3.688	3.987	5.092	3.019	8.467
2010	1.524	1.181	1.242	11.27	14.05	13.56	44.51	20.39	9.412	13.07	30.8	20.13	44.510
2011	4.947	6.635	22.63	54.32	66.83	28.66	15.72	15.67	14.01	25.09	40.08	39.26	66.830
2012	10.160	4.975	8.529	54.28	23.07	9.536	7.961	15.67	9.1	11.36	6.364	3.557	54.280
2013	3.630	4.194	4.942	4.852	12.52	4.054	5.748	6.666	5.837	6.272	8.876	6.653	12.520

BIBLIOGRAFIA

Aristizabal Murillo, Mauricio. «Modelos hidrológicos e hidráulicos de zonificación de la amenaza por inundación en la Dorada Caldas.» 2012.

boyaca, excelsio periodico virtual. *excelsio*. 22 de abril de 2012.

<http://www.excelsio.net/2012/04/inundaciones-no-cesan-en-boyaca.html>.

CAMPOS, CLASIFICACION. 13 de enero de 2005. ecnociencia.uach.mx/numeros/v1n3/data/5-morfometria-de-la-cuenca.

Cranfield, Universidad de. «modelado de inundación.» 02 de 03 de 2013.

<http://www.fierasdelaingenieria.com/modelado-predictivo-de-inundacion>.

engineers, us army corps of. *us army corps of engineers*. s.f.

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>.

geologia, sarmto. *sarmiento*. 25 de 02 de 2015.

Gutiérrez Gutiérrez, Andrea Yojana, y Jesús Molano Acelas. «Estudio de riesgo por inundación debido a amenazas geoclimáticas a lo largo de la cuenca de Río Chiquito en el municipio de Firavitoba Boyacá.» 2011.

HIDROLOGICA, CUENCA. *CUENCA HIDROLOGICA*. 14 de ENERO de 2005.

<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/algunos-parametros-de-forma-y-drenaje-de-la-cuenca-hidrografica>.

number, Strahler. «Strahler Analysis .» *fiji.sc/Strahler_Analysis*. 2012.

Ricaurte Vasquez, Sandra Milena, y Jorge Machado Higuera. «Estudio de riesgos por inundación de los rios Chicamocha y Chiquito en el municipio de Tibasosa - Boyacá.» 2002.