




	<p style="text-align: center;">Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

TABLA DE CONTENIDO



1	Introducción	21
2	Revisión de información cartográfica	22
3	Revisión de estudios temáticos e instrumentos de gestión ambiental	24
4	Estrategia de participación y comunicación	26
4.1	Identificación de actores.....	26
4.1.1	Metodología.....	26
4.2	Fases de ejecución	26
4.2.1	Marco conceptual.....	27
4.2.2	Convocatoria y medios de comunicación.....	27
4.3	Resultados de las estrategias de participación y comunicación	28
4.3.1	Jornada de socialización	28
4.3.2	Encuestas semi estructuradas	32
5	Resultados del análisis predial y caracterización de infraestructura social y económica	36
5.1	Objetivo general encuesta componente socio económico	36
5.2	Objetivos específicos encuesta componente socio económico.....	36
5.3	Caracterización socioeconómica	36
5.3.1	Objetivo general encuesta componente hidrológico	67
5.3.2	Objetivos específicos encuesta componente hidrológico.....	67
5.4	Disposiciones del suelo de acuerdo con el EOT de Gachetá.....	67
6	Levantamiento topográfico y batimétrico	70
6.1	Generalidades.....	70
6.2	Área de estudio y localización	70
6.3	Puntos de apoyo y control	71
6.3.1	Georreferenciación de los vértices de la red geodésica	71
6.3.2	Procesamiento de la información.....	75

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---



6.3.3	Precisiones	75
6.3.4	Coordenadas ajustadas	76
6.4	Levantamiento Topobatimétrico	77
6.4.1	Actividades preliminares	77
6.4.2	Georreferenciación Horizontal	77
6.4.3	Levantamiento secciones topobatimétricas Estación Total.....	78
6.5	Levantamiento puntos Fotocontrol	80
7	LEVANTAMIENTO LIDAR.....	83
7.1	Aeronave y sensor empleado	83
7.2	Planificación del vuelo	84
7.3	Vuelo toma de datos	85
7.4	Control de calidad durante la captura de datos	86
7.5	Captura de datos	86
7.6	Control de calidad después de la captura de datos	86
8	Generación de cartografía digital y modelo digital de terreno	87
8.1	Alcance	87
8.2	Documentos base y de referencia	87
8.3	Metodología	88
8.4	Sistema de referencia	88
8.5	Procesamiento de información UAV	88
8.6	Productos obtenidos.....	88
8.7	Productos obtenidos - Ortofotomosaico	89
8.8	Validación de ortofotografía	90
8.9	Productos obtenidos – Modelo Digital del Terreno	92
8.10	Productos obtenidos – Modelo Digital de Superficie	92
8.11	Modelo Digital de Terreno Integrado - DTMI.....	93
8.11.1	Curvas de nivel	98
9	Modelación hidráulica e hidrológica	100

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---



9.1	Caracterización Hidrológica	100
9.1.1	Aspectos Generales	100
9.1.2	Caracterización morfométrica de la cuenca	101
9.2	Identificación de Estaciones Hidrológicas Localizadas en el Área de Estudio 122	
9.2.1	Información Secundaria.....	122
9.3	Caracterización Hidrológica en el Área de Estudio.....	124
9.3.1	Delimitación del Área Hidrológica del Estudio	125
9.3.2	Estimación del Índice de Capacidad de Infiltración y Escurrimiento del Suelo 125	
9.3.3	Determinación del Programa de Cómputo Hidrológico	126
9.3.4	Análisis Estadístico de la Información Seleccionada	126
9.3.5	Cálculo de Caudales	127
9.3.6	Modelación Hidrológica.....	135
9.3.7	Análisis de Frecuencia de Lluvias Máximas en 24 Horas y Determinación del Aguacero de Diseño	136
9.3.8	Determinación de las Crecientes con Diferentes Períodos de Retorno 136	
9.3.9	Crecientes Máximas Obtenidas para la Cuenca Aportante	139
9.4	Modelación Hidráulica.....	144
9.4.1	Modelos Hidrodinámicos del Mercado	144
9.4.2	Marco Conceptual del HEC RAS (2D)	144
9.4.3	Generación de la Geometría 2D.....	148
9.4.4	Datos para la Modelización en Condiciones de Flujo No Permanente 148	
9.4.5	Ejecución del Modelo 2D.....	149
9.4.6	Implementación del Modelo	150
9.4.7	Resultados de la Modelación Hidráulica	156
10	Delimitación del cauce permanente	165

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

10.1	Análisis multitemporal de la variación del cauce	165
10.1.1	Periodo 1944-1969.....	165
10.1.2	Periodo 1969-2007.....	166
10.1.3	Periodo 2007-2009.....	166
10.1.4	Periodo 2009-2022.....	167
10.2	Cauce Permanente Geomorfología.....	168
10.3	Cauce Permanente Análisis Hidrológico.....	170
10.4	Cauce Permanente, Escala 1:2000 (integración hidrológica y geomorfología).....	171
11	Definición del límite funcional de la ronda hídrica	176
11.1	Componente Geomorfológico	176
11.1.1	Metodología.....	179
11.1.2	Información secundaria.....	179
11.1.3	Geomorfología escala 1:25.000.....	179
11.1.4	Condiciones del patrón de drenaje	182
11.1.5	Análisis Multitemporal	183
11.1.6	TIPOS DE MORFOLOGÍA EN LA ZONA DE ESTUDIO	193
11.1.7	Mapa de Geoformas (Unidad, Subunidad y Componente Geomorfológico), Escala 1:2.000.....	197
11.1.8	Interpretación del Ortofotomosaico	209
11.1.9	Clasificación de las unidades geomorfológicas.....	209
11.1.10	Parámetros morfológicos y morfométricos para el área de estudio 210	
11.1.11	Delimitación del componente geomorfológico de la ronda hídrica (1:2000) 221	
11.2	Delimitación del Componente Hidrológico – Hidráulico de la Ronda Hídrica 223	
11.2.1	Criterios	224
11.2.2	Establecimiento y Evaluación del Modelo Hidrodinámico	225

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

11.2.3	Delimitación de la Ronda Hídrica Asociada al Componente Hidrológico – Hidráulico	226
11.3	Componente ecosistémico	229
11.3.1	Delimitación de las zonas de vida.....	229
11.3.2	Sistema Holdridge.....	229
11.3.3	Metodología.....	234
11.4	Caracterización económica, social y cultural.....	250
11.4.1	Evaluación de los usos de las zonas aledañas al cauce permanente 250	
11.4.2	Análisis de los niveles de ocupación y usos de los recursos naturales o su aprovechamiento sociocultural.....	253
11.4.3	Análisis de patrones de asentamiento.....	256
11.5	Definición del Límite Físico de la Ronda Hídrica	257
11.6	Identificación de los Elementos Constituyentes de la Ronda Hídrica...	258
11.7	Resultados Límite Físico y Elementos Constituyentes de la Ronda Hídrica 262	
12	DEFINICIÓN DE ÁREAS DE ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LA RONDA HÍDRICA 265	
12.1	Definición de Áreas Homogéneas	265
12.2	ESTRATEGIAS DE MANEJO	266
12.2.1	Preservación	266
12.2.2	Restauración.....	267
12.2.3	Uso Sostenible.....	267
12.3	Régimen de Usos	270
12.3.1	Preservación	271
12.3.2	Restauración.....	271
12.3.3	Uso Sostenible	272
13	Conclusiones.....	274
14	Referencias Bibliográficas	276

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Resumen Planchas - Información cartográfica	22
Tabla 3.1. Caracterización información secundaria.....	24
Tabla 3.2. Información documental – estudios.	25
Tabla 4.1. Desarrollo de Socialización.	28
Tabla 4.2. Agenda de trabajo.	30
Tabla 5.1. Crecimiento poblacional en Gachetá.....	38
Tabla 5.2. Predios levantados en campo y que se encuentran dentro de la zona de estudio	48
Tabla 5.3. Manzanas que atravieza la Quebrada El Chulo	69
Tabla 6.1. Resumen de Coordenadas Red GNSS Quebrada El Chulo	76
Tabla 9.1. Definición de cuencas	101
Tabla 9.2. Área de la cuenca	101
Tabla 9.3. Área subcuencas Quebrada El Chulo	102
Tabla 9.4. Perímetro de la cuenca	102
Tabla 9.5. Perimetro subcuencas Quebrada El Chulo	102
Tabla 9.6. Longitud recta de la cuenca	103
Tabla 9.7. Longitud recta de la subcuencas Quebrada El Chulo	103
Tabla 9.8. Ancho de la cuenca	103
Tabla 9.9. Ancho de la subcuencas Quebrada El Chulo	103
Tabla 9.10. Índice de Gravelius para la evaluación de la forma.....	104
Tabla 9.11. Índice de Gravelius de la cuenca Quebrada El Chulo	104
Tabla 9.12. Índice de Gravelius de las subcuencas Quebrada El Chulo	104
Tabla 9.13. Clasificación del factor de forma	105
Tabla 9.14. Factor de forma de la cuenca Quebrada El Chulo	105
Tabla 9.15. Factor de forma de las subcuencas Quebrada El Chulo.....	105
Tabla 9.16. Índice de alargamiento	106

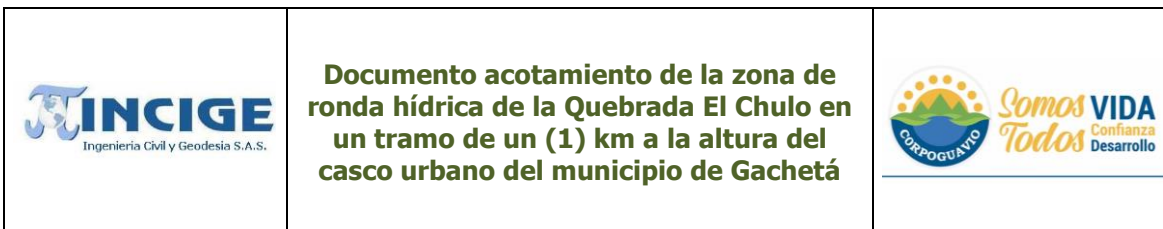


Tabla 9.17. Índice de alargamiento Quebrada El Chulo	106
Tabla 9.18. Índice de alargamiento de las unidades Cuenca Quebrada El Chulo	106
Tabla 9.19. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente	106
Tabla 9.20. Pendiente media de la cuenca Quebrada El Chulo.....	107
Tabla 9.21. Pendiente media de las unidades Quebrada El Chulo	108
Tabla 9.22. Elevación media de la cuenca Quebrada El Chulo.....	108
Tabla 9.23. Elevación media de las UHN II cuenca Quebrada El Chulo	108
Tabla 9.24. Longitud del cauce de la cuenca Quebrada El Chulo.....	112
Tabla 9.25. Longitud del cauce de las unidades cuenca Quebrada El Chulo	112
Tabla 9.26. Pendiente media de los cauces de la cuenca Quebrada El Chulo	115
Tabla 9.27. Pendiente media de los cauces de las unidades de la cuenca Quebrada El Chulo	116
Tabla 9.28. Cálculo del tiempo de concentración de la cuenca Quebrada El Chulo	119
Tabla 9.29. Cálculo del tiempo de concentración de las unidades de la cuenca Quebrada El Chulo.....	119
Tabla 9.30. Parámetros morfométricos	121
Tabla 9.31. Estaciones meteorológicas.....	122
Tabla 9.32. Datos de precipitación máxima en 24 horas a nivel multianual.....	123
Tabla 9.33. Condiciones de humedad antecedente a la lluvia de diseño	131
Tabla 9.34. Selección del valor CN" considerando diferentes combinaciones hidrológicas de suelo y vegetación.....	132
Tabla 9.35. Valores de CN II cuenca Quebrada El Chulo	133
Tabla 9.36. Valores de CN III cuenca Quebrada El Chulo	134
Tabla 9.37. Precipitación Máxima en 24 Horas con Diferentes Períodos de Retorno Quebrada El Chulo.....	136
Tabla 9.38. Resultados del modelo hidrológico en las subcuencas	140
Tabla 9.39. Condición de Frontera	146
Tabla 9.40. Condición de solución para cada paso de tiempo computacional	147

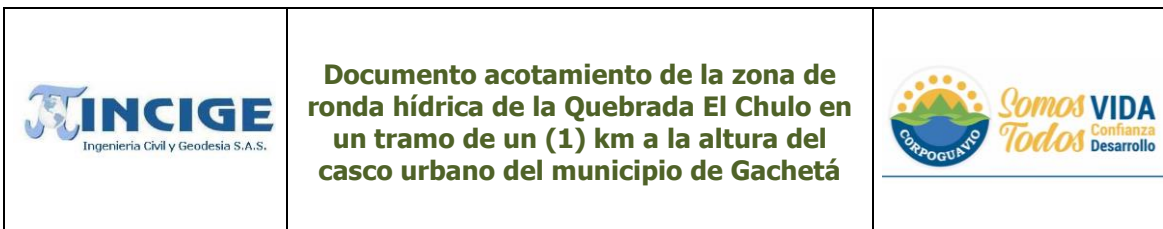


Tabla 9.41. Resumen de parámetros utilizados en la modelación hidráulica.....	154
Tabla 9.42. Resistencia Hidráulica Total en el área de flujo “n de manning” - Rugosidad.....	155
Tabla 11.1. Jerarquización geomorfológica para el área de estudio.....	182
Tabla 11.2. Patrón de drenaje subcuenca hidrográfica de la Quebrada El Chulo	183
Tabla 11.3. Características de las fotografías usadas durante el análisis multitemporal de los rasgos geomorfológicos	186
Tabla 11.4. A: Geoformas para el periodo comprendido entre 1944/ B: Geoformas para el periodo comprendido entre 1969.....	189
Tabla 11.5. A: Geoformas para el periodo comprendido entre 1969/ B: Geoformas para el periodo comprendido entre 2007.....	190
Tabla 11.6. A: Geoformas para el periodo comprendido entre 2007/ B: Geoformas para el periodo comprendido entre 2009.....	191
Tabla 11.7. A: Geoformas para el periodo comprendido entre 2009/ B: Geoformas para el periodo comprendido entre 2022.....	193
Tabla 11.8. Puntos de control para la verificación en terreno de los diferentes tipos de morfología.....	193
Tabla 11.9. Parámetros morfológicos y morfométricos usados como atributos para la descripción de las geoformas (Rangos de intervalos de altura o relieve relativo)	201
Tabla 11.10. Parámetros morfológicos y morfométricos usados como atributos para la descripción de las geoformas (Rangos de inclinación de la ladera)	203
Tabla 11.11. Parámetros morfológicos y morfométricos usados como atributos para la descripción de las geoformas (Rangos de forma de la ladera).....	204
Tabla 11.12. Parámetros morfológicos y morfométricos usados como atributos para la descripción de las geoformas (Rangos de forma de la ladera).....	206
Tabla 11.13. Insumos para la interpretación geomorfológica a escala 1:2.000...	209
Tabla 11.14. Jerarquización geomorfológica para el área de estudio	218
Tabla 11.15. Unidades geomorfológicas asociadas a la ronda hídrica del área de estudio	221
Tabla 11.16. Resultados del modelo hidrológico	226

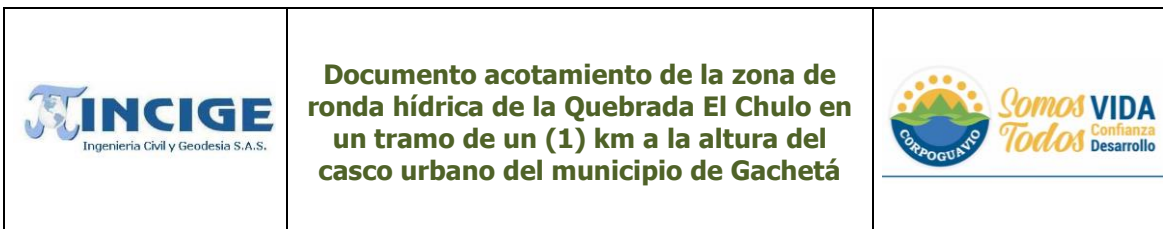


Tabla 11.17. Zonas térmicas según biotemperatura de acuerdo a la clasificación de Holdridge.....	231
Tabla 11.18. Provincias de humedad de acuerdo con la clasificación de Holdridge	232
Tabla 11.19. Zonas térmicas según biotemperatura de acuerdo con la clasificación de Holdridge	232
Tabla 11.20. Resultados del inventario forestal realizado en la zona de vida.....	237
Tabla 11.21. Composición florística de Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme.....	242
Tabla 11.22. Número de individuos por familia.....	242
Tabla 11.23. Número de individuos por especie.....	243
Tabla 11.24. Origen de las especies de flora	244
Tabla 11.25. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies de cobertura de Bosque abierto bajo de tierra firme	245
Tabla 11.26. Cálculo del "H" con alturas de las especies con mayor IVI	246
Tabla 11.27. Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje	247
Tabla 11.28. Resultados relación entre la densidad y área de drenaje (N).....	247
Tabla 11.29. Delimitación del componente ecosistémico	248
Tabla 11.30. Servicios ecosistémicos	253
Tabla 11.31. Demanda de agua para actividades domésticas y productivas.....	254
Tabla 11.32. Cobertura de servicios domiciliarios en el municipio de Gachetá....	257
Tabla 11.33. Área Componentes Límite Físico de la Ronda Hídrica de la Quebrada El Chulo.....	262
Tabla 11.34. Área Elementos Constituyentes de la Ronda Hídrica de la Quebrada El Chulo.....	262
Tabla 12.1. Tipo de cobertura vegetal y usos asociados para cada área homogénea al interior de la Ronda Hídrica de la Quebrada El Chulo.....	265
Tabla 12.2. Tipo de cobertura vegetal y potencial de restauración.....	266
Tabla 12.3. Descripción áreas homogéneas y medidas de manejo	270
Tabla 12.4. Acciones de manejo para las zonas homogéneas de preservación...	271
Tabla 12.5. Acciones de manejo para las zonas homogéneas de restauración ...	272





	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Tabla 12.6. Acciones de manejo para las zonas homogéneas de uso sostenible. 272

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1. Fases de ejecución	27
Figura 4.2. Modelo encuesta socioeconómica	33
Figura 4.3. Entrevista percepción eventos históricos de emergencia	35
Figura 5.1. Mapa municipio de Gachetá	37
Figura 5.2. Pirámide poblacional Gachetá.....	38
Figura 5.3. Índice de pobreza Gachetá, Cundinamarca y Colombia	39
Figura 5.4. Cobertura en Salud Gachetá, Cundinamarca y Colombia	39
Figura 5.5. Actividades económicas Gachetá	40
Figura 5.6. Población total Vereda Resguardo I	41
Figura 5.7. Población total Vereda Resguardo II.....	41
Figura 5.8. Predios dentro de la franja de 250 m alrededor de la Quebrada El Chulo	42
Figura 5.9. Histograma áreas predios zona de estudio	43
Figura 5.10. Uso de los predios cercanos a la Quebrada El Chulo	44
Figura 5.11. Distribución por sexo y régimen de salud	44
Figura 5.12. Nivel de escolaridad y ocupación	45
Figura 5.13. Uso del suelo predios censados	46
Figura 5.14. Uso del suelo EOT zonas de estudio.....	68
Figura 6.1. Localización zona de estudio	71
Figura 6.2. Localización general puntos GPS.....	74
Figura 6.3. Detalle localización puntos GPS.	74
Figura 6.4. Archivos anexo 10	76
Figura 6.5. Archivos anexo 9	80
Figura 6.6. Densidad de información levantada Quebrada El Chulo	80
Figura 6.7. Localización puntos de fotocontrol	81
Figura 6.8. Archivos anexo 11	82
Figura 7.1. Aeronave utilizada en levantamiento.....	83

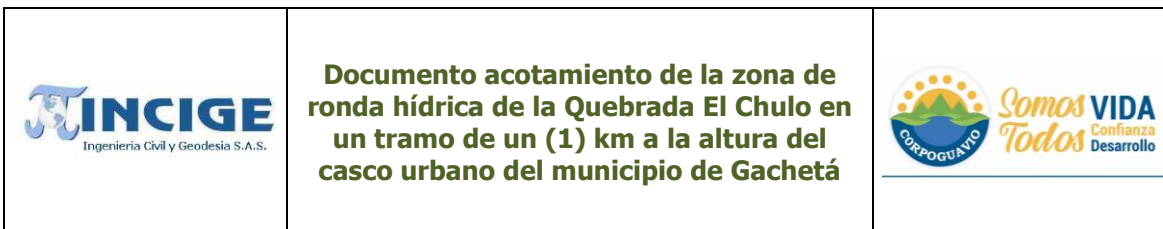


Figura 7.2. Cámara con sensor de 20 MP de 1 pulgada	84
Figura 7.3. Planificación de vuelo mediante sensor UAV	85
Figura 8.1. Ortofotomosaico formato TIF	89
Figura 8.2. Ortofotografía detallada en máxima resolución a color (RGB)	90
Figura 8.3. Resolución espacial requerida por la norma técnica, según la escala del proyecto	91
Figura 8.4. Archivos anexo 11	91
Figura 8.5. Modelo de terreno - DTM	92
Figura 8.6. Modelo de superficie - DSM.....	93
Figura 8.7. Nube de puntos levantada en terreno – Secciones 3D dibujadas	94
Figura 8.8. Vistas planta y 3D malla tridimensional	94
Figura 8.9. Zona levantamiento batimétrico	95
Figura 8.10. Modelo de terreno integrado, fotogramétrico & batimétrico	96
Figura 8.11. Detalle planta de los modelos sensor UAV e integrado	97
Figura 8.12. Detalle planta - perfil de los modelos sensor UAV e integrado.....	97
Figura 8.13. Detalle verificación consistencia DTMi con DTM y DSM sobre ortofoto	98
Figura 8.14. Curvas de nivel cada 20 centímetros	98
Figura 8.15. Archivos anexo 11	99
Figura 9.1. Curva hipsométrica cuenca de la Quebrada El Chulo.....	109
Figura 9.2. Curva hipsométrica subcuenca 1	110
Figura 9.3. Curva hipsométrica subcuenca 2	110
Figura 9.4. Curva hipsométrica área de draneje.....	111
Figura 9.5. Perfil del cauce principal de la Quebrada El Chulo.....	113
Figura 9.6. Perfil del cauce principal de la subcuenca 1 de la Quebrada El Chulo	113
Figura 9.7. Perfil del cauce principal de la subcuenca 2 de la Quebrada El Chulo	114
Figura 9.8. Perfil del cauce principal del área de drenaje de la Quebrada El Chulo	114
Figura 9.9. Cuenca Quebrada El Chulo.....	120

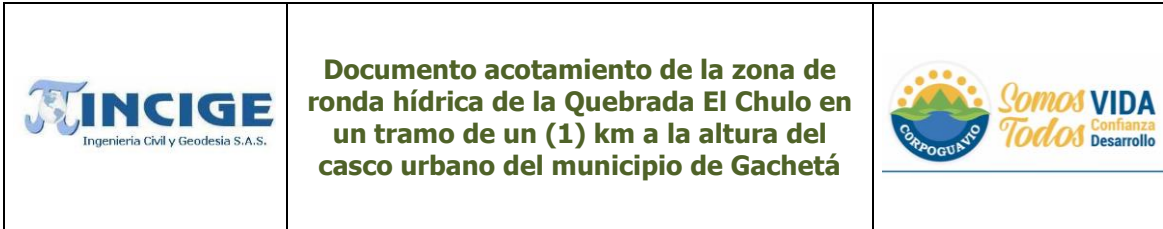


Figura 9.10. Clasificación hidrológica de suelos en cuenca de la Quebrada El Chulo	129
Figura 9.11. Coberturas de la tierra y uso del suelo en la cuenca de la Q. El Chulo	130
Figura 9.12. Modelo hidrológico Quebrada El Chulo	139
Figura 9.13. Hidrograma de creciente para diferentes periodos de retorno de la Subcuenca 1 – Q. El Chulo	141
Figura 9.14. Hidrograma de creciente para diferentes periodos de retorno de la Subcuenca 2 – Q. El Chulo	141
Figura 9.15. Hidrograma de creciente para diferentes periodos de retorno del Área de Drenaje 3 – Q. El Chulo.....	142
Figura 9.16. Hidrograma de creciente para diferentes periodos de retorno para la Unión A	143
Figura 9.17. Hidrograma de creciente para diferentes periodos de retorno para la Salida	143
Figura 9.18. Detalle levantamiento LIDAR.....	145
Figura 9.19. Resolución malla computacional	146
Figura 9.20. Mallado 2D empleado	148
Figura 9.21. Ventana de análisis de flujo en condición no permanente.....	150
Figura 9.22. Modelo de elevación digital	151
Figura 9.23. Condiciones de Frontera a)	152
Figura 9.24. Condiciones de Frontera b)	153
Figura 9.25. Hidrogramas Quebrada El Chulo para TR de 100 años	153
Figura 9.26. Parámetros utilizados en la modelación hidráulica.....	154
Figura 9.27. Resistencia Hidráulica Total en el área de flujo “n de manning” - Rugosidad.....	156
Figura 9.28. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 2.33, 5, 10 y 15 años tramo 1.....	157
Figura 9.29. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 15, 25, 50 y 100 años tramo 1	158



	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Figura 9.30. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 2.33, 5, 10 y 15 años tramo 2..... 159

Figura 9.31. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 15, 25, 50 y 100 años tramo 2..... 160

Figura 9.32. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 2.33, 5, 10 y 15 años tramo 3..... 161

Figura 9.33. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 15, 25, 50 y 100 años tramo 3..... 162

Figura 9.34. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 2.33, 5, 10 y 15 años tramo 4..... 163

Figura 9.35. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 15, 25, 50 y 100 años tramo 4..... 164

Figura 10.1. Cauce la de Quebrada El Chulo año 1944/1969 165

Figura 10.2. Cauce la de Quebrada El Chulo año 1969/2007 166

Figura 10.3. Cauce la de Quebrada El Chulo año 2007/2009 166

Figura 10.4. Inicio de canalización del cauce la de Quebrada El Chulo - año 2022 167

Figura 10.5. Inicio de canalización a través de tubería del cauce la de Quebrada El Chulo - año 2022..... 167

Figura 10.6. Cauce Permanente Geomorfología 169

Figura 10.7. Mancha de inundación obtenida para un periodo de retorno de 2.33 171

Figura 10.8. Resultado cauce permanente..... 172

Figura 10.9. Metodología para la definición del Cauce Permanente en sistemas lóticos 173

Figura 10.10. Cauce permanente zona objeto de estudio 174

Figura 10.11. Cauce permanente zona objeto de estudio seccionada 175

Figura 11.1. Insumos, actividades y productos para definir el componente geomorfológico de la zona de estudio..... 178

Figura 11.2. Flujograma del proceso metodológico. 179

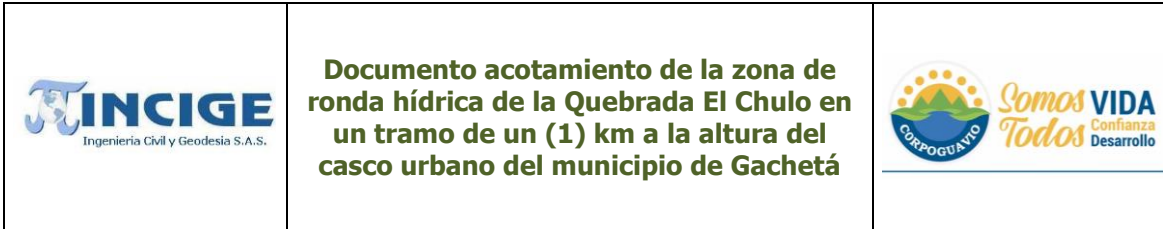


Figura 11.3. Mapa de jerarquización geomorfológica para el área de estudio escala 1:25.000.....	181
Figura 11.4. Forma del patrón de drenaje de la quebrada El Tablón, El Chulo y La Esperanza.....	183
Figura 11.5. Proceso de georreferenciación de fotografía aérea del año 1969 (Ver Tabla 11.3).....	184
Figura 11.6. Digitalización de las subunidades geomorfológicas en la fotografía aérea de 1944.....	185
Figura 11.7. Digitalización de las subunidades geomorfológicas en la fotografía aérea de 2007.....	186
Figura 11.8. A: Superficie de explanación -año 1944/ B: Superficie de explanación -año 1969.....	188
Figura 11.9. A: Quebrada El Chulo- año 1944/ B: Quebrada El Chulo- año 1969	188
Figura 11.10. A: Quebrada El Chulo- año 1969/ B: Quebrada El Chulo- año 2007.....	189
Figura 11.11. A: Superficie de explanación - año 1969/ B: Superficie de explanación-año 2007.....	190
Figura 11.12. Canal antrópico.....	192
Figura 11.13. Escarpe de loma.....	192
Figura 11.14. Localización puntos de campo.....	194
Figura 11.15. Flujograma del proceso metodológico seguido para la elaboración del mapa geomorfológico.....	198
Figura 11.16. Esquema de jerarquización geomorfológica.....	199
Figura 11.17. Distribución espacial de las unidades geomofológicas al interior del área de estudio de la Quebrada El Chulo.....	219
Figura 11.18. Distribución espacial de las unidades geomofológicas al interior del área de estudio de la Quebrada El Chulo seccionada.....	220
Figura 11.19. Componente geomorfológico asociado a la ronda hídrica.....	222
Figura 11.20. Componente geomorfológico asociado a la ronda hídrica seccionada.....	223
Figura 11.21. Insumos, actividades y productos para definir el componente hidrológico - hidráulico.....	225

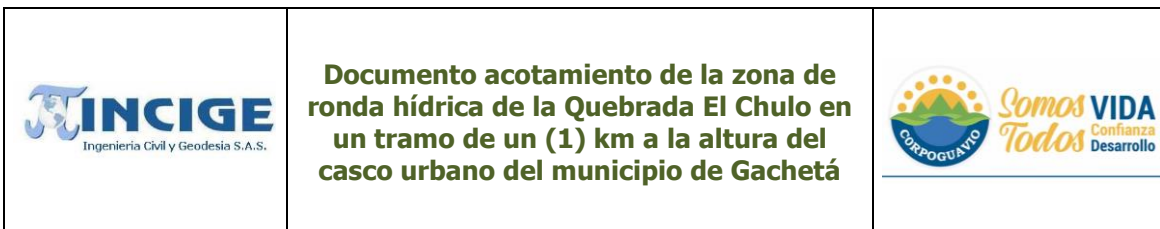


Figura 11.22. Límite físico de la Ronda Hídrica asociada al componente hidrológico – hidráulico.....	227
Figura 11.23. Límite físico de la Ronda Hídrica asociada al componente hidrológico – hidráulico seccionado.....	228
Figura 11.24. Diagrama de Holdridge para la definición de las zonas de vida	230
Figura 11.25. Resultados delimitación zonas de vida.....	233
Figura 11.26. Mapa de zonas de vida – Quebrada El Chulo	234
Figura 11.27. Localización Parcelas de Inventario Forestal en la Q. El Chulo.....	241
Figura 11.28. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies representativas de la cobertura de Bosque abierto bajo de tierra firme	246
Figura 11.29. Componente ecosistémico asociado a la ronda hídrica.....	249
Figura 11.30. Porcentaje de predios, según cobertura y usos de suelo en zonas aledañas al cauce permanente	251
Figura 11.31. Coberturas y usos económicos actuales del suelo en zonas aledañas al cauce permanente.....	252
Figura 11.32. Límite físico de la ronda hídrica en sistemas lóticos.....	258
Figura 11.33. Elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual a 30 metros y el resto es hasta el límite de la envolvente de los tres componentes en sistemas lóticos	259
Figura 11.34. Elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual al componente hidrológico (< 30 metros) y el resto es hasta el límite de la envolvente de los otros dos componentes (geomorfológico y ecosistémico) en sistemas lóticos	259
Figura 11.35. Cauce permanente.....	260
Figura 11.36. Superposición cauce permanente y componente hidrológico.....	260
Figura 11.37. Superposición componentes del límite físico de la ronda hídrica ...	261
Figura 11.38. Faja paralela y área de protección o conservación aferente	261
Figura 11.39. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo	263
Figura 11.40. Límite físico de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo	264





	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---



Figura 12.1. Metodología para la definición de las estrategias de manejo en la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo..... 268

Figura 12.2. Distribución de las estrategias de manejo de la Quebrada El Chulo 269

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---



LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 4.1.Socialización proyecto, Quebrada El Chulo (A)	31
Fotografía 4.2.Socialización proyecto, Quebrada El Chulo (B)	32
Fotografía 6.1. Posicionamiento vértice GAC1.....	73
Fotografía 6.2. Posicionamiento vértice GPS-1.....	73
Fotografía 6.3. Posicionamiento vértice GPS-2.....	73
Fotografía 6.4. Posicionamiento vértices de apoyo AT10, AT11 y AT19	77
Fotografía 6.5. Posicionamiento vértices de apoyo AT20, AT22 y AT23	78
Fotografía 6.6. Levantamiento Topobatimétrico Estación Total	79
Fotografía 6.7. Levantamiento puntos fotocontrol.....	81
Fotografía 11.1. Movimiento en masa en el escarpe de la loma de la Quebrada El Chulo (Norte: 2090792,78342/Este: 4930271,44059)	195
Fotografía 11.2. Socavación lateral en la Quebrada El Chulo (Norte: 2090943,97185 /Este: 4930410,84213)	196
Fotografía 11.3. Degradación antrópica por efectos de la ganadería y cultivos (Norte: 2091124,25045/Este: 4930582,44758)	197
Fotografía 11.4. Canal en la Quebrada El Chulo (Ac) (Norte: 2090422,65878 / Este: 4929841,12481).....	210
Fotografía 11.5. Canal en la Quebrada El Chulo (Ac) (Norte: 2090320,50719/Este: 4929749,61664).....	211
Fotografía 11.6. Superficie de explanación (Ase)(Norte: 2090245,07966 /Este:4929571,90664	212
Fotografía 11.7. Cauce activo de la Quebrada El Chulo (Fca) (Norte: 2090943,97185 / Este: 4930410,84213).....	213
Fotografía 11.8. Ladera denudada (Dld)en contacto con la geoforma de escarpe de loma (Del) (Norte: 2090840,13768 / Este: 4930242,60323).....	214
Fotografía 11.9. Ladera denudada (Dld) donde se puede observar una pendiente de aproximadamente 30° (Norte: 2090726,80616 /Este: 4929967,13893).....	214
Fotografía 11.10. Geoforma de Lomerio denudado (Dlde) en contacto con la geoforma de Ladera denudada (Dld) (Norte: 2090975,11385 /Este: 4930498,89853)	215

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---



Fotografía 11.11. Geoforma de Lomerio denudado (Dlde) en contacto con la geoforma de Ladera denudada (Dld) (Norte: 2091124,25045/ Este: 4930582,44758) 216

Fotografía 11.12. Geoforma de Ladera de erosión fluvial (Dlef) en contacto con el cauce activo de la Quebrada El Chulo (Fca) y la ladera denudada (Dld), al fondo se puede observar la geoforma de lomerio denudado (Dlde) (Norte: 2090912,78981/Este: 4930366,30496) 217

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Matriz de información cartográfica
- Anexo 2. Información predial franja de 250 m
- Anexo 3. Listado de asistencia
- Anexo 4. Oficios de invitación
- Anexo 5. Comunicación mediante WhatsApp
- Anexo 6. Registro fotográfico
- Anexo 7. Ayuda de memoria
- Anexo 8. Encuestas semiestructuradas
- Anexo 9. Levantamiento topográfico
- Anexo 10. Levantamiento Lidar
- Anexo 11. Cartografía digital y MDT
- Anexo 12. Componente Hidrología
- Anexo 13. Componente Hidráulico
- Anexo 14. Componente Ecosistémico
- Anexo 15. GDB Proyecto
- Anexo 16. Mapas Proyecto
- Anexo 17. Base Cartografica

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

1 INTRODUCCIÓN

En el marco del contrato de consultoría No 200-30.4-322 del 11 de julio de 2022, suscrito entre la Corporación Autónoma Regional del Guavio – CORPOGUAVIO y la firma Ingeniería Civil y Geodesia SAS - INCIGE, cuyo objeto es “Elaborar los estudios técnicos necesarios y suficientes para el acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá y elaborar la propuesta de actualización del proceso de reglamentación del uso y aprovechamiento del agua en la unidad hidrográfica quebrada El Gusano, en el municipio de Ubalá - Cundinamarca, jurisdicción de CORPOGUAVIO”, se presenta este informe, correspondiente con el Documento de acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá.

2 REVISIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA



Respecto a la información cartográfica suministrada por parte de la Corporación, en la Tabla 2.1 se presenta un cuadro resumen con algunos de los archivos aferentes al proyecto.

Tabla 2.1. Resumen Planchas - Información cartográfica

FUENTE					ELEMENTO	GRUPO	ESCALA	ENTREGA		FORMATO			
POM CA	PO RH	PM A	INCI GE	SI				NO	GD/SH APE	AUTO CAD	JPG/ PDF		
X				CartografiaBaseCuencaGuavio_3506.gdb	Cobertura Vegetal	1:25.000	X			X			
X					Edificación Obra Civil	1:25.000	X			X			
X					Entidades Territoriales y Unidades Administrativas	1:25.000	X			X			
X					Impresión	1:25.000	X			X			
X					Índice Mapas	1:25.000	X			X			
X					Instalaciones	1:25.000	X			X			
X					Construcciones para transporte	1:25.000	X			X			
X					Puntos de Control	1:25.000	X			X			
X					Relieve	1:25.000	X			X			
X					Superficies Agua	1:25.000	X			X			
X					Topónimos	1:25.000	X			X			
X					Transporte Aéreo	1:25.000	X			X			
X					Transporte Marítimo Fluvial	1:25.000	X			X			
X					Transporte Terrestre	1:25.000	X			X			
X					DIVISION_POLITICOADMINISTRATIVA_COLOMBIA.mdb	Limites Colombia	1:25.000	X			X		
X						Limites en cuencas	1:25.000	X			X		
X					IntermediosRiesgoGuavio.gdb	Escenarios Índice de Fragilidad	1:25.000	X			X		
X				Escenarios Movimientos en Masa		1:25.000	X			X			
X				Escenarios Riesgo		1:25.000	X			X			
X				Escenarios Tendenciales		1:25.000	X			X			
X				Favorabilidad Movimientos en Masa		1:25.000	X			X			
X				Indicador Porcentaje		1:25.000	X			X			
X				Índice Vulnerabilidad		1:25.000	X			X			
X				Intermedios Incendios Forestales		1:25.000	X			X			
X				Inundaciones 24-03-19		1:25.000	X			X			
X				Precipitación		1:25.000	X			X			
X				Vulnerabilidad Expuestos		1:25.000	X			X			
X				RASTER		1:25.000	X			X			
X				POMCA_RIO_GUAVIO.gdb		11 GEOLOGIA	1:25.000	X			X		
X						12 GEOMORFOLOGIA	1:25.000	X			X		
X						14 SUELOS	1:25.000	X			X		
X						15 RECURSO HIDRICO SUPERFICIAL	1:25.000	X			X		
X						16 HIDROGEOLOGIA	1:25.000	X			X		
X					17 GEOTECNIA	1:25.000	X			X			
X					19 CLIMA	1:25.000	X			X			
X					20 BIOTICO	1:25.000	X			X			
X					22 POLITICO ADMINISTRATIVO	1:25.000	X			X			
X					23 ECONOMICO	1:25.000	X			X			
X					24 SOCIOCULTURAL	1:25.000	X			X			
X					26 GESTION RIESGO	1:25.000	X			X			
X					27 INDICES	1:25.000	X			X			
X					28 SINTESIS AMBIENTAL	1:25.000	X			X			
X					30 ZONIFICACION POMCA	1:25.000	X			X			
X					31 AREAS ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS	1:25.000	X			X			

INSUMOS PARA EL PROYECTO											
FUENTE				ELEMENTO	GRUPO	ESCALA	ENTREGA		FORMATO		
							SI	NO	GD/SH APE	AUTO CAD	JPG/ PDF
POM CA	PO RH	PM A	INCI GE								
X					_32_AREAS_REGLAMENTACION_ESPECIAL	1:25.000	X		X		
X					ESCENARIO_APUESTA_ZONIFICACION_AMBIENTAL	1:25.000	X		X		
X						1:25.000	X		X		
X				Solicitud_RFPN.gdb		1:25.000	X		X		
X				DTM	DTM_CuencaGuavio	1:25.000	X		X		
X				IMÁGENES	SPOT5	1:25.000	X		X		
X				09_GUAVIO_CLIMA.gdb	ESTACIONES_MET	1:25.000	X		X		
X					UAH	1:25.000	X		X		
X					Balance Hídrico	1:25.000	X		X		
X					evapotranspiración_potencial	1:25.000	X		X		
X					evapotranspiración_real	1:25.000	X		X		
X					Isotermas	1:25.000	X		X		
X					Isoyetas	1:25.000	X		X		
X					Raster	1:25.000	X		X		
X					Otros Insumos	EscenAmenInunda	1:25.000	X		X	
X						Escenario apuesta	1:25.000	X		X	
X				DEM	DEM	1:25.000	X		X		
		X		SHP	0. Apoyos	1:25.000	X		X		
		X		GDB	BD_PMAM_Grande.gdb	1:25.000	X		X		
		X			GDB_IGAC_10K.gdb	1:25.000	X		X		
		X			POMCA_RIO_GUAVIO.gdb	1:25.000	X		X		
		X		GDB	dp00.gdb	1:25.000	X		X		
		X			dp10.gdb	1:25.000	X		X		
		X			dp100.gdb	1:25.000	X		X		
		X			dp20.gdb	1:25.000	X		X		
		X			dp30.gdb	1:25.000	X		X		
		X				1:25.000	X		X		
		X				1:25.000	X		X		
		X			dp40.gdb	1:25.000	X		X		
		X			dp50.gdb	1:25.000	X		X		
		X			dp60.gdb	1:25.000	X		X		
		X			dp70.gdb	1:25.000	X		X		
		X			dp80.gdb	1:25.000	X		X		
		X			dp90.gdb	1:25.000	X		X		
		X			PORH.mdb	1:25.000	X		X		
		X			SHP	03. SHP2014	1:25.000	X		X	
		X		SHP	6.7. Isoyetas	1:25.000	X		X		
		X		RASTER	RASTER	1:25.000	X		X		
		X		SHP	03. SHP	1:25.000	X		X		
		X			Anexo 1. Gacheta	1:25.000	X		X		
		X		SHP	229IC3	1:25.000	X		X		
		X			229IIIA1	1:25.000	X		X		
		X			229IIIA3	1:25.000	X		X		
		X			GDB	228IID1.mdb	1:25.000	X		X	
		X		228IID3.mdb		1:25.000	X		X		
		X		228IID4.mdb		1:25.000	X		X		
		X		228IVB2.mdb		1:25.000	X		X		
		X		SHP	228IVB4.mdb	1:25.000	X		X		
		X			Catastro_Gachetá_buffer1	1:25.000	X		X		
		X		SHP	Catastro_Ubalá_buffer2	1:25.000	X		X		
		X		Fotografías aéreas	Fotografías aéreas	1:25.000	X		X		
		X			Límite Gacheta	1:25.000	X		X		
		X		SHP	Límite Ubalá A	1:25.000	X		X		
		X			Límite Veredal	1:25.000	X		X		

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

3 REVISIÓN DE ESTUDIOS TEMÁTICOS E INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL

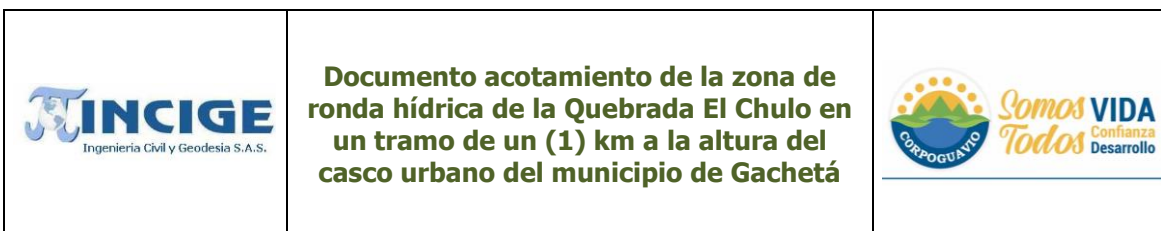
En el presente capítulo se resume la información aferente a la Quebrada El Chulo, identificada en los principales estudios temáticos e instrumentos de gestión ambiental de la zona de estudio. Para evaluar las características de la información, se calificó la cualidad de los documentos como alta o baja, de acuerdo con los criterios definidos en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Caracterización información secundaria.

CUALIDAD	DEFINICIÓN	ALTA (A)	MEDIA (M)	BAJA (B)
Pertinencia	Se refiere a que tan adecuada es la información para el propósito que se busca con su lectura.	Cuando la información es un 100% útil para el propósito del proyecto	Cuando la información es un 70% útil para el propósito del proyecto	Cuando la información es un 40% útil para el propósito del proyecto
Fiabilidad o confiabilidad	Cuando la información analizada proviene de fuentes confiables	Cuando utilice fuentes fiables como instituciones oficiales, universidades, instituciones científicas o que esté generada a partir de información primaria utilizando metodologías apropiadas.	Cuando la información utiliza el 50% de fuentes fiables	Cuando la información utiliza fuentes que no son fiables.
Calidad	La definición de calidad de la información se apoya en el criterio del profesional encargado de determinada temática, con base en la experiencia y comparación con otras informaciones.	Cuando el documento tiene marco conceptual, metodología validada y concluye con base en los análisis realizados.	Cuando el documento tiene marco conceptual, metodología validada pero no presenta conclusiones con base en los análisis realizados	Cuando la información no tiene datos que aplican para la elaboración de los informes.
Actualidad	Información que aplica para los propósitos de la elaboración del proyecto	Cuando la información tiene datos que aplican para la elaboración de los productos	Cuando la información tiene datos que aplican parcialmente para la elaboración de los productos	Cuando la información no tiene datos que aplican para la elaboración de los productos

Fuente: (A.G.S. LTDA, 2019).

Para la toma de decisiones se deja a criterio de cada profesional, siendo lo más importante la retroalimentación que hacen los documentos en el proyecto. A





continuación, se relaciona en la Tabla 3.2 el resume de la información aferente a la Quebrada El Chulo, con su correspondiente calificación y aporte.

Tabla 3.2. Información documental – estudios.

COMPONENTE	TÍTULO DOCUMENTO	AUTOR	AÑO	CARACTERÍSTICAS DE LA INFORMACIÓN				OBSERVACIONES
				P	F	C	A	
Localización	POMCA DEL RÍO GUAVIO (3506)	A.G.S Ltda.	2019	A	A	A	M	Permite identificar cuales municipio tienen jurisdicción sobre la cuenca de estudio.
Climatología	POMCA DEL RÍO GUAVIO (3506)	A.G.S Ltda.	2019	A	A	A	M	Permite identificar el comportamiento, distribución y tendencias que tienen las variables climáticas (Precipitación, temperatura, brillo solar, evaporación y humedad) sobre el área de estudio.
Hidrografía	POMCA DEL RÍO GUAVIO (3506)	A.G.S Ltda.	2019	A	A	A	A	Permite identificar y analizar las características físicas de la cuenca y así mismo sus condiciones de drenaje debidas a estas.
Hidrología	POMCA DEL RÍO GUAVIO (3506)	A.G.S Ltda.	2019	A	A	A	A	Permite reconocer y analizar las condiciones de regulación y retención hídrica que tiene la cuenca de estudio.
Zonificación Climática	POMCA DEL RÍO GUAVIO (3506)	A.G.S Ltda.	2019	A	A	A	A	Permite establecer y/o definir las regiones climáticas dentro de la cuenca.
Geomorfología (Unidades Morfológicas)	PORH ÁREAS DE DRENAJE - CUENCA DEL RÍO GUAVIO	Consortio Aguas del Guavio	2014	A	A	A	A	Permite definir y analizar las unidades geomorfológicas en la zona y así mismo su tendencia.
Suelos	PORH ÁREAS DE DRENAJE - CUENCA DEL RÍO GUAVIO	Consortio Aguas del Guavio	2014	A	A	A	A	Permite identificar el uso de suelo y sus coberturas.
Fauna	PORH ÁREAS DE DRENAJE - CUENCA DEL RÍO GUAVIO	Consortio Aguas del Guavio	2014	A	A	A	M	Permite identificar que tipo de especies pueden habitar en la zona y cuales predominan.
Caudales	PORH ÁREAS DE DRENAJE - CUENCA DEL RÍO GUAVIO	Consortio Aguas del Guavio	2014	A	A	A	A	Permite identificar y analizar la tendencia de crecientes y variaciones que tiene el caudal en diferentes periodos de tiempo.
Oferta Hídrica	PORH ÁREAS DE DRENAJE - CUENCA DEL RÍO GUAVIO	Consortio Aguas del Guavio	2014	A	A	A	A	Permite identificar las variaciones y características del caudal en el tiempo y en el espacio y así mismo sus patrones estacionales dentro del área de drenaje.
Índices Hidrológicos	PORH ÁREAS DE DRENAJE - CUENCA DEL RÍO GUAVIO	Consortio Aguas del Guavio	2014	A	A	A	A	Permite comparar en diferentes períodos de tiempo y espacio el comportamiento del recurso y establecer su grado de influencia (vulnerabilidad de desabastecimiento) en las variaciones del régimen natural.
Demanda Hídrica	PORH ÁREAS DE DRENAJE - CUENCA DEL RÍO GUAVIO	Consortio Aguas del Guavio	2014	A	A	A	A	Permite identificar, cuanto en promedio requieren los usuarios de la zona de estudio para satisfacer las necesidades de agua en actividades como agricultura, industria, entre otros.

Características de la información: Pertinencia (P). Fiabilidad (F). Calidad: (C). Actualidad (A)

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

4 ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN Y COMUNICACIÓN

4.1 IDENTIFICACIÓN DE ACTORES

Generar espacios, instrumentos y mecanismos de participación, involucramiento y comunicación para el Acotamiento de la Ronda Hídrica de la Quebrada El Chulo.

4.1.1 Metodología

- Identificación de medios, instancias, mecanismos comunitarios y de participación para el desarrollo de los procesos de participación y comunicación.
- Realizar la socialización con los actores de la información pertinente sobre el acotamiento de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo como lo son los objetivos, el alcance y el plan de trabajo, todo alineado a la normatividad vigente y los marcos conceptuales relacionados.
- Socializar por medio de la acción participativa con los actores con el fin de identificar sus necesidades con respecto a las zonas de especial importancia, para así tenerlas en especial consideración en la ejecución del proyecto de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo.
- Recolectar las principales observaciones, inquietudes y perspectivas sobre el proceso de acotamiento de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo.

4.2 FASES DE EJECUCIÓN

Para el desarrollo de esta estrategia, se llevaron a cabo las siguientes fases las cuales son complementarias y circulares ya que al revisar nuevas fuentes de información y se hicieron reuniones con los actores para completar todas las necesidades que resulten en el estudio de acotamiento de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo. A continuación, se presentan las fases de la estrategia del proyecto:



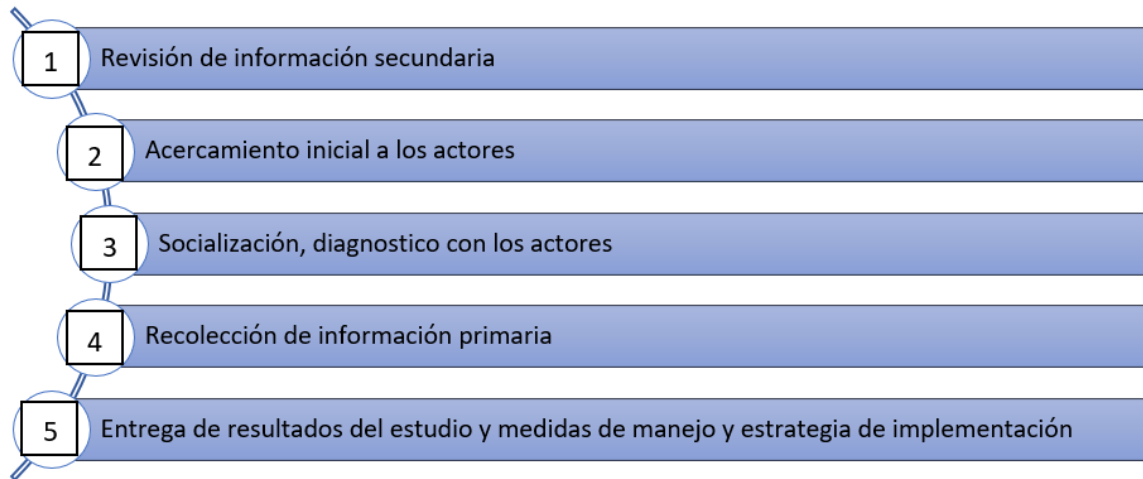
	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Figura 4.1. Fases de ejecución



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.



4.2.1 Marco conceptual

Como área de influencia del desarrollo de la estrategia para el acotamiento de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo, se consideran las veredas en las que se encuentra la jurisdicción.

4.2.2 Convocatoria y medios de comunicación

Para realizar la identificación de los actores se consultó información secundaria (Fase 1) brindada por la alcaldía municipal de Gachetá como los presidentes de las Juntas de Acción comunal Vereda Resguardo I y Vereda Resguardo II y se realizó el acercamiento (Fase 2) en el cual se hizo el primer encuentro con algunos de los actores y los propietarios de los predios, para generar un relacionamiento inicial y poder crear relaciones de confianza y buena comunicación, con el fin de conocer los aspectos relevantes de la zona y las dinámicas sociales y comunitarias que pudiesen llegar a ser importantes en desarrollo de la estrategia de participación y comunicación.

Para desarrollar efectivamente las actividades de este componente, fue importante realizar una convocatoria para la socialización (Fase 3) como estrategia por medio de comunicación oral, escrita y digital. Se visitaron uno a uno los predios realizando la invitación personalmente, así mismo se les entregó una invitación escrita formal con toda la información pertinente y se enviaron comunicados por medio de la plataforma de chat WhatsApp a través de los presidentes de las Juntas de Acción Comunal.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Para recolectar información primaria (Fase 4), se realizaron visitas a cada uno de los predios que están en la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo, para recolectar más información por medio de una encuesta semiestructurada y se mantuvo constante comunicación con los actores por medio de llamadas telefónicas.

Así pues, los medios que se utilizaron para la adecuada comunicación con los principales actores y la comunidad en general y que fueron claves para conocer las posiciones, percepciones y expectativas fueron:

- Red social WhatsApp
- Oficios
- Visitas a cada predio
- Llamadas telefónicas

4.3 RESULTADOS DE LAS ESTRATEGIAS DE PARTICIPACIÓN Y COMUNICACIÓN

4.3.1 Jornada de socialización

4.3.1.1 Desarrollo de la socialización

Tabla 4.1. Desarrollo de Socialización.

OBJETIVOS DE LA JORNADA
<p>OBJETIVO GENERAL Desarrollar un espacio de participación para el involucramiento de los actores, organizaciones e instituciones con el fin de socializar la información del proyecto y recoger información relevante que expresen los actores sobre sus perspectivas sobre el acotamiento de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo.</p>
<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dar a conocer la información básica del proyecto, objetivos, alcances y posibles resultados. • Identificar los puntos de vista y perspectivas de los actores en cuanto al acotamiento de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo. • Identificar los principales conflictos socio ambientales en las diferentes áreas que hacen parte de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo.
ACTORES CONVOCADOS
<ul style="list-style-type: none"> • Junta de acción comunal vereda resguardo I • Junta de acción comunal vereda resguardo II • Secretario de planeación del municipio de Gachetá • Actores identificados
CONVOCATORIA Y DIFUSION DE LA REUNION
<p>Para realizar los procesos de convocatoria y difusión de información se usaron diferentes medios y estrategias de comunicación adaptadas a las características de la población y el territorio. Así, se realizaron acciones mediante comunicación digital, presencial, voz a voz y escrita, esto con el fin</p>

de llegar a la mayor cantidad de personas. A continuación, se describen los procesos de información y convocatoria usados:

- Contacto telefónico con los presidentes de las Juntas de Acción Comunal:

Para la participación se contactaron con los 2 presidentes de las Juntas de acción comunal por medio de llamadas telefónicas para acordar el espacio de reunión, fechas y requerimientos logísticos.

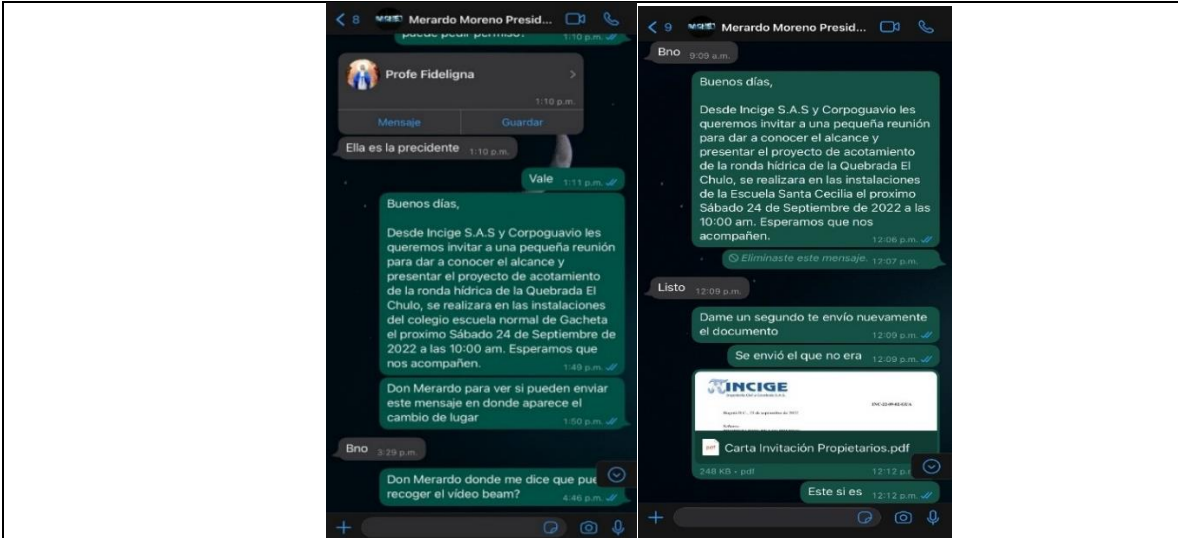
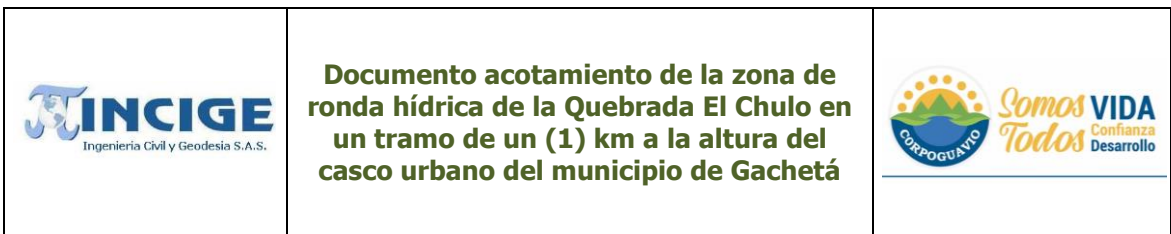
- Comunicación escrita dirigida a los actores y secretario de planeación:

Se realizaron oficios de invitación a cada uno de los propietarios de los predios de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo, entregados de forma física en cada una de las residencias para así esperar la participación e involucramiento del espacio. Así mismo se realizó un oficio radicado en la alcaldía municipal de Gacheta dirigido al secretario de planeación.



- Red social WhatsApp:

A través de esta red social se hizo contacto y comunicación constante con los presidentes de las Juntas de acción comunal para enviar por medio de los grupos de difusión para la comunidad la información relevante para la invitación y convocatoria.





Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

4.3.1.2 Agenda de trabajo

Tabla 4.2. Agenda de trabajo.

ORDEN DEL DÍA		
<ul style="list-style-type: none"> - Primer momento: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentación de los asistentes ▪ Presentación del equipo de profesionales ▪ Presentación del objetivo de la jornada - Segundo momento: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentación PPT sobre la forma en que se realiza el proceso de delimitación física de la ronda hídrica y los posibles resultados ▪ Presentación mapa de cobertura y uso del suelo ▪ Presentación conflictos derivados del análisis - Tercer momento: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Espacio para aclarar inquietudes ▪ Cierre de la socialización 		
DESARROLLO DE LA JORNADA		
Momento	Primer momento	Tiempo
1	Presentación de los asistentes, presentación de objetivos de la jornada	20 minutos
Se realiza la presentación de los asistentes a la reunión y miembros del equipo técnico de consorcio, se hace apertura de la jornada, se le comparte a los asistentes el objetivo de la jornada, los alcances y el tiempo programado para la reunión.		
Momento	Segundo momento	Tiempo
2	Presentación del proceso de delimitación y resultados	30 minutos

	<p align="center">Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	---	---

Se realiza una presentación en PPT en la cual se muestra la forma en que se realiza el proceso de delimitación física de la ronda hídrica y los posibles resultados, incluyendo el mapa de cobertura y uso del suelo y los conflictos que se derivan del análisis.

Momento	Tercer momento	Tiempo
3	Momento para aclarar inquietudes y cierre	20 minutos

Se da un espacio para precisar información relevante y aclarar las inquietudes de la comunidad frente al proyecto y se realiza el registro de asistencia.

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

4.3.1.3 Resultados



La jornada de socialización del acotamiento de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo se realizó el día 24 de septiembre de 2022 con la participación de 6 personas los cuales se identificaron como propietarios de predios y presidentes de las Juntas de Acción Comunal. La convocatoria se realizó a partir de visita directa a los predios con una invitación física a cada uno de los propietarios, a partir de mensajes de WhatsApp por medio de los grupos de difusión que tienen las Juntas de Acción Comunal.

Durante el desarrollo de la socialización, los participantes manifestaron su interés en realizar proyectos que estén en pro del mejoramiento de la seguridad de sus viviendas y mencionaron algunos eventos de desastres que han ocurrido en la zona, se generaron preguntas como ¿Qué pasa si alguien compra un predio cerca a la quebrada y no sabe que tiene que dejar el espacio de la ronda hídrica? ¿Cómo afectan las leyes a las personas que ya tienen sus viviendas en la ribera de la quebrada? y mostraron preocupación por el futuro de los predios que están muy cercanos a la Quebrada El Chulo y como las leyes expuestas pueden llegar a afectarlos en sus viviendas.

Fotografía 4.1.Socialización proyecto, Quebrada El Chulo (A)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Fotografía 4.2.Socialización proyecto, Quebrada El Chulo (B)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

4.3.2 Encuestas semi estructuradas

Para la delimitación del componente socio económico e hidrológico, se realizaron 2 encuestas semi estructuradas para revisar las condiciones en las cuales se encuentra la comunidad que está ubicada en la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo y los registros históricos de eventos de inundaciones o avenidas torrenciales, cambios ambientales relacionados con el cuerpo de agua y el suelo.

4.3.2.1 Metodología

Para identificar a las personas a las cuales realizarles las entrevistas se realizó un acercamiento a la zona y se reconocieron los predios que están alrededor de la zona de la Quebrada El Chulo para así poder encuestar a la mayoría de la población que podría llegar a verse afectada o beneficiada con el estudio.

Inicialmente, se realizó una encuesta orientada a recolectar información acerca las características socioeconómicas de la población asentada en la zona de estudio inicial de acuerdo con la experiencia de la población. Las preguntas pretenden conocer la situación, la afectación, la percepción social y comunitaria, las condiciones con las de la infraestructura instalada en cuanto a la tipificación de viviendas, un ejemplo de esta encuesta se puede apreciar en la Figura 4.2.

Figura 4.2. Modelo encuesta socioeconómica

41

ENCUESTA SOCIO ECONÓMICA - RONDA QUEBRADA CHULO
FORMATO DE CAMPO

INCIGE S.A.S.
INCIGE

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre Encuestador: Gloria Vivian Castillo G. Fecha: 20/10/2022
 Departamento: Antioquia Vereda/Barrio: Quebrada
 Municipio: Gachetá Ubicación/Dirección: Cra 3 # 03-04

PARAMETROS VULNERABILIDAD SOCIAL

Nombre del propietario: Patricio Rubén Herrera Cardenas Teléfono de contacto: _____
 Nombre del encuestador: Jose Adelluz Herrera Cardenas Teléfono de contacto: 311 386 5212

Tenencia: Propia _____ Arriendo Trabajo _____ Familiar _____ Otro ¿Cuál? _____
 Uso del predio: Comercial Tipo de comercio _____
 Ganadería _____ Tipo de animal y número de animales _____
 Agricultura _____ Tipo de cultivo y cantidad _____
 Piscicultura _____ Tipo de animal y número de animales _____
 Minería _____ Tipo de explotación _____
 Recreativo _____
 Otro ¿Cuál? _____

Comentarios adicionales: _____

CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN (Personas que viven en el predio)

Número de hogares en el predio: 1 No. total de personas en el hogar: 3 ¿Cuánto tiempo viven en el predio? 3 años
 ¿Cuántas horas permanecen en el día? _____
 ¿Cuántas horas permanecen en la noche? 12 horas

Sitio de procedencia de los habitantes: _____

No. Habitantes por género: Femenino 1 Masculino 2 Otro _____
 No. Habitantes por nivel de escolaridad: Ninguno _____ Primaria 2 Secundaria _____ Técnico _____ Universitario _____ Postgrado _____
 No. Habitantes por actividad económica: Estudiante _____ Independiente _____ Empleado _____ Pensionado _____ Hogar _____ Otro ¿Cuál? Arrendatario

CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

¿A qué régimen de salud están afiliados los habitantes del predio? Subsidada _____ Contributivo _____
 (¿Cuál es la empresa o entidad prestadora del servicio?) (EPS) Capresaga
 En caso de urgencia médica, ¿A cuál centro asistencial se dirige? Hospital de Gachetá

SALUD

PREDIO

Área total del predio (m²): _____ Ubicación de la vivienda: _____
 Área total de la vivienda (m²): _____ Zona de labora: _____ Zona de ronda: Zona plaza
 No. Total de habitaciones: 2 Zona de ronda: _____

ECONÓMICO

¿Afiliado al SISBEN? SI _____ NO NO sabe

PARAMETROS VULNERABILIDAD FÍSICA

Fecha de construcción: Menos de 5 años Más de 5 años _____ Más de 15 años _____ Más de 30 años _____
 Estado de la construcción: Completa Incompleta _____ En construcción _____
 Responsable de la construcción: Ingeniero Maestro _____ Propio _____ Otro ¿Cuál? _____
 Número de pisos: Sobre terreno 2 sótanos _____

Tipo de edificación: Estructura con reforzamiento deficiente Estructuras con confinamiento _____
 Estructuras ligeras _____ Estructuras simples _____
 Edificación reforzada _____ Construcciones simples _____
 Mampostería reforzada _____

Estado de conservación: Sin deformaciones o agrietamientos _____ Deformaciones o agrietamientos _____
 Deformaciones o agrietamientos en algunos de sus elementos _____
 Inclinación en alguno de sus elementos _____

Humedades Grietas _____ Fisuras _____



Registro Fotográfico: 1. De frente (piso y techo completa)
 2. Laterales (izq. y der)
 3. Interior (paredes, techo) _____
 4. Interior (Piso, paredes) _____
 5. Entorno exterior

Comentarios adicionales: _____

CARACTERIZACIÓN RIESGOS

¿A qué tipo de amenaza cree usted que su predio está expuesto? Inundación Derrumbe _____ Inundación _____ Otro ¿Cuál? _____
 ¿Conoce a que tipo de riesgo estaría expuesto su predio por la Quebrada el Chulo? SI NO
 ¿Alguna entidad o institución le ha informado acerca de algún riesgo en su predio? SI NO
 En caso de emergencia (incendio, inundación, sismo, deslizamiento, etc) ¿Sabe usted que hacer? SI NO
 ¿Sabe usted si en la vereda existe un sistema de alerta temprana? SI NO
 ¿Conoce usted algún punto de encuentro o de refugio en caso de presentarse una emergencia? SI NO
 ¿Ha sido afectado el predio por algún tipo de desastre, emergencia o contingencia? SI NO
 Descripción: _____

(Por qué?)
 Vivir en la ronda del río
 Deforestación _____
 Vertimiento _____
 Captación de agua _____
 Otro ¿Cuál? _____

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

A manera general de la encuesta se puede mencionar, que las personas entrevistadas han habitado gran parte de su vida en el territorio objeto de estudio, la mayoría son originarios del municipio de Gachetá por lo tanto tiene amplio conocimiento de la Quebrada El Chulo, la población está en un rango entre los 5 y los 70 años, se identificaron varios eventos de derrumbes en la zona e inundaciones en el municipio siendo las de mayor impacto una hace aproximadamente 50 años y otra hace aproximadamente 3 años.

Por otra parte se realizó una segunda encuesta orientada a conocer los eventos históricos de emergencia presentados en la zona de estudio, principalmente inundaciones y/o avenidas torrenciales, para lo cual esta se enfocó a recolectar los principales eventos ocurridos con el propósito de conocer su magnitud, efectos y percepción de la comunidad frente a los eventos ocurridos y caracterización del riesgo aceptable o percepción del riesgo frente a las inundaciones, un ejemplo de la encuesta se puede apreciar en la Figura 4.3.

Como resultados de la encuesta, se puede mencionar que la mayoría de los entrevistados coinciden con la información sobre eventos presentados en la Quebrada El Chulo, no se conoce con exactitud las fechas de los eventos. La comunidad manifiesta que no son muy frecuentes las inundaciones ya que la quebrada tiene baja afluencia, sin embargo, uno de los problemas identificados son los derrumbes y la consecuencia de esto al tapar la quebrada y llevar hacia el pueblo los residuos generando las inundaciones en la cuenca baja de la quebrada.

Las inundaciones presentadas en la zona de estudio indican que coincidió con un evento de precipitación, hubo personas afectadas y predios inundados en el sector y el nivel de ocupación era bajo, igual que el nivel de intervención del cauce y las laderas, los habitantes son cuidadosos con el medio ambiente.

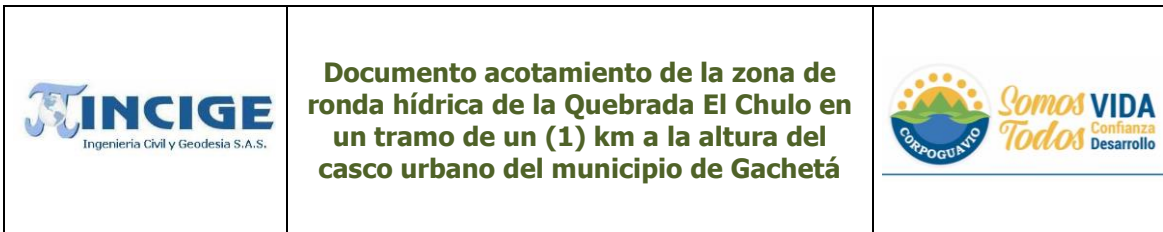




Figura 4.3. Entrevista percepción eventos históricos de emergencia

ANEXO I. FORMATOS PARA ENTREVISTA CON COMUNIDADES

Anexo I.1. Formato para inundaciones fluviales lentas

FORMATO PARA ENCUESTA CON COMUNIDADES			
¿SE HAN PRESENTADO INUNDACIONES EN LA ZONA?			
SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	NS/R <input type="checkbox"/>	
FECHA DE PRESENTACIÓN			
< 5 AÑOS <input type="checkbox"/>		Entre 31 y 50 años <input checked="" type="checkbox"/>	
Entre 5 y 15 años <input type="checkbox"/>		Entre 51 y 75 años <input type="checkbox"/>	
Entre 16 y 30 años <input type="checkbox"/>		Mayor a 75 años <input type="checkbox"/>	
¿Conoce la fecha exacta? <input type="checkbox"/>		¿Cuál fue?	
¿QUÉ LUGARES HAN SIDO AFECTADOS?			
Departamento <u>Cundinamarca.</u>		Municipio o Distrito <u>Gachetá.</u>	
Barrio o Localidad _____		Vereda o Centro Poblado <u>Centro.</u>	
Nombre de la corriente <u>El Tablon</u>			
Delimitación del lugar _____			
¿DESCRIBA LA MAGNITUD Y EFECTOS DE LA INUNDACIÓN? <input type="checkbox"/>			
Nivel alcanzado: <u>N/R</u>		Duración (horas, días): <u>Varios días</u>	
Personas afectadas: <u>N/R</u>		Daños: <u>Varios productos del pueblo</u>	
LA PERSONA ENCUESTADA MANIFIESTA ESTAR :			
ACERCA DE LA FECHA:			
Segura <input checked="" type="checkbox"/>	Con Dudas <input type="checkbox"/>		
ACERCA DE LA DESCRIPCIÓN:			
Segura <input type="checkbox"/>	Con Dudas <input checked="" type="checkbox"/>		
LA PERSONA QUE ENCUESTA, VALORA QUE LA ENCUESTA ES:			
Fiable <input checked="" type="checkbox"/>	Poco Fiable <input type="checkbox"/>	Nada Fiable <input type="checkbox"/>	
JUSTIFICACIÓN :			
<u>Inundación por fuertes lluvias y derrumbes.</u>			
PERSONA ENCUESTADA		PERSONA QUE ENCUESTA	
Anónimo <input type="checkbox"/>		Nombre y Apellidos:	
Nombre y Apellidos <u>Jose Herrera.</u>		Responsabilidad:	
Dirección <u>Cra 3 # 03-04.</u>			
Teléfono <u>311 386 5212</u>			
EDAD APROXIMADA DE LA PERSONA ENCUESTADA			
15-20 <input type="checkbox"/>		41-50 <input checked="" type="checkbox"/>	
21-30 <input type="checkbox"/>		51-75 <input type="checkbox"/>	
31-40 <input type="checkbox"/>		76-100 <input type="checkbox"/>	
OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE BRINDADA POR LA PERSONA ENCUESTADA:			
OBSERVACIONES DE LA PERSONA QUE ENCUESTA : <u>NO vivio la inundacion, pero tiene el conocimiento de esta</u>			

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	---	---

5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS PREDIAL Y CARACTERIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA SOCIAL Y ECONÓMICA

5.1 OBJETIVO GENERAL ENCUESTA COMPONENTE SOCIO ECONÓMICO

Complementar la información secundaria disponible sobre los aspectos sociales y económicos de la población que se encuentra alrededor de la Quebrada El Chulo.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ENCUESTA COMPONENTE SOCIO ECONÓMICO

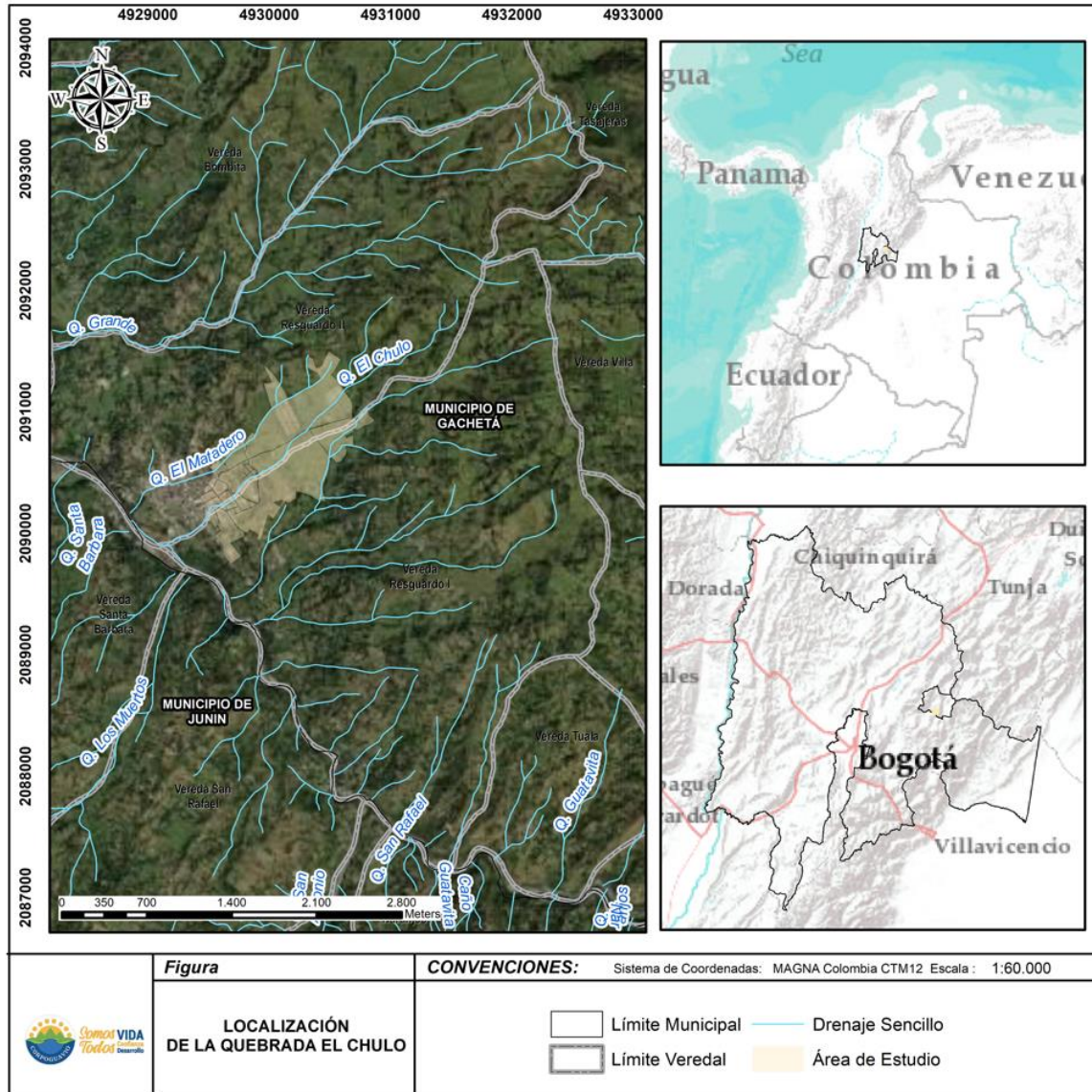
- Identificar los aspectos sociales de las personas que viven en los predios que se encuentran alrededor de la Quebrada El Chulo.
- Identificar los aspectos económicos de las personas que viven en los predios que se encuentran alrededor de la Quebrada El Chulo.
- Realizar una caracterización de la población con la información recolectada.

5.3 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

El departamento de Cundinamarca se encuentra ubicado en la zona centro de Colombia, tiene una población de 2.280.037 habitantes y tiene una superficie de 24.210 km², en la cual hay 116 municipios dentro de los cuales se encuentra Gachetá.

El municipio de Gachetá se encuentra a una distancia de 99 km de la ciudad de Bogotá capital del departamento, tiene una extensión de 262.2 km², cuenta con aproximadamente 11.000 habitantes de los cuales el 70% viven en zona rural, cuenta con 14 veredas que corresponden a: Tualá Eras, Yerbabuena, Resguardo I, Cusaquín, Salinas, Tasajeras, Muchindote, Hatogrande, Zaque, Moquentiva, Resguardo II y Villa.

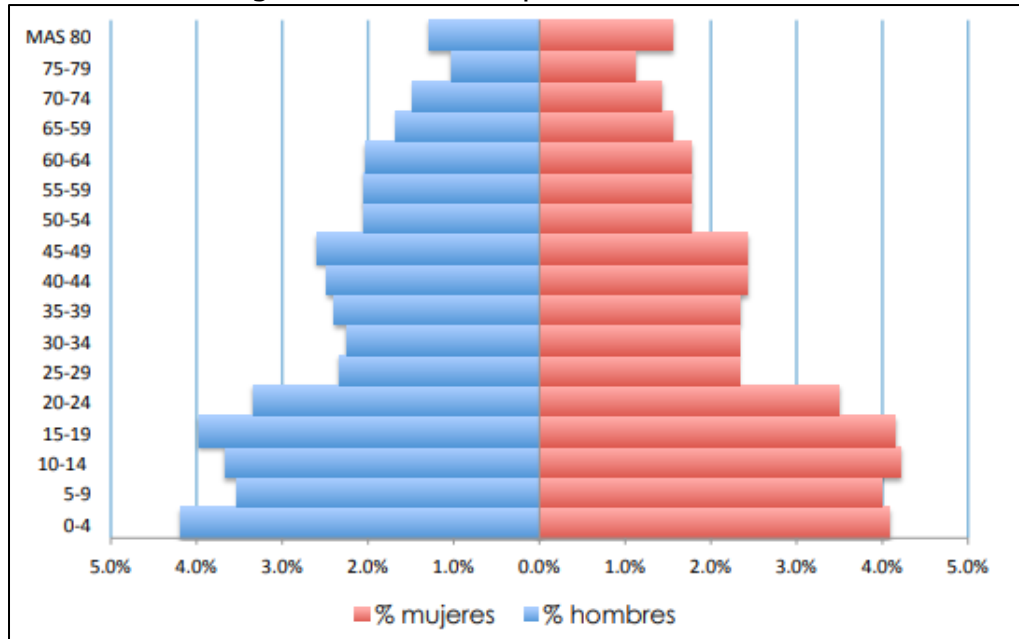
Figura 5.1. Mapa municipio de Gachetá



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

De acuerdo con el último censo realizado por el DANE en el año 2018 se puede ver que el crecimiento poblacional se ha mantenido estable y las proyecciones muestran un leve aumento (2.5% anual), en donde la población predominante es masculina con un 50.1% en comparación con la población femenina teniendo un 49.9%.

Figura 5.2. Pirámide poblacional Gachetá



Fuente: Departamento municipal de planeación, 2018

Presenta una población actual de 11.310 habitantes según el último censo realizado por el DANE en el año 2018, con una proyección a 2020 de 11.454 personas.

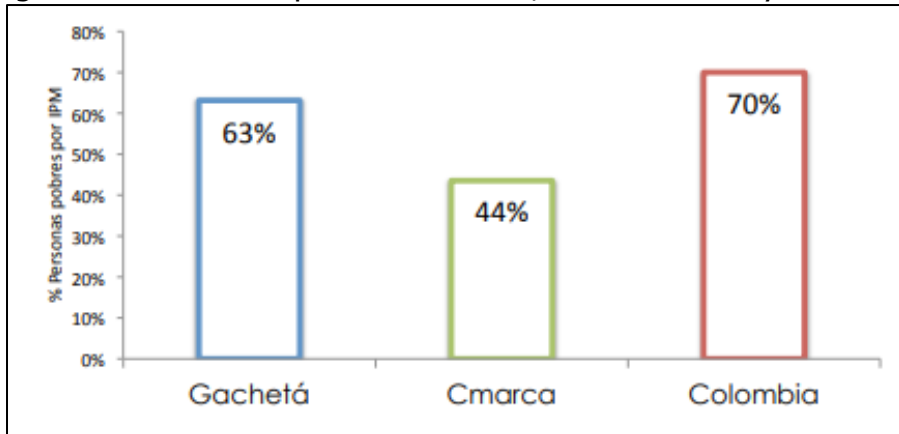
Tabla 5.1. Crecimiento poblacional en Gachetá

AÑO	TOTAL	CABECERA MUNICIPAL	CENTROS POBLADOS Y RURAL DISPERSO
2018	11.310	3.846	7.464
2019	11.383	3.901	7.482
2020	11.454	3.958	7.496

Fuente: DANE, 2018

El índice de pobreza multidimensional según el departamento nacional de planeación del municipio de Gachetá está en un 63%, en comparación a Cundinamarca con un 44% y a nivel nacional que tiene un 70%.

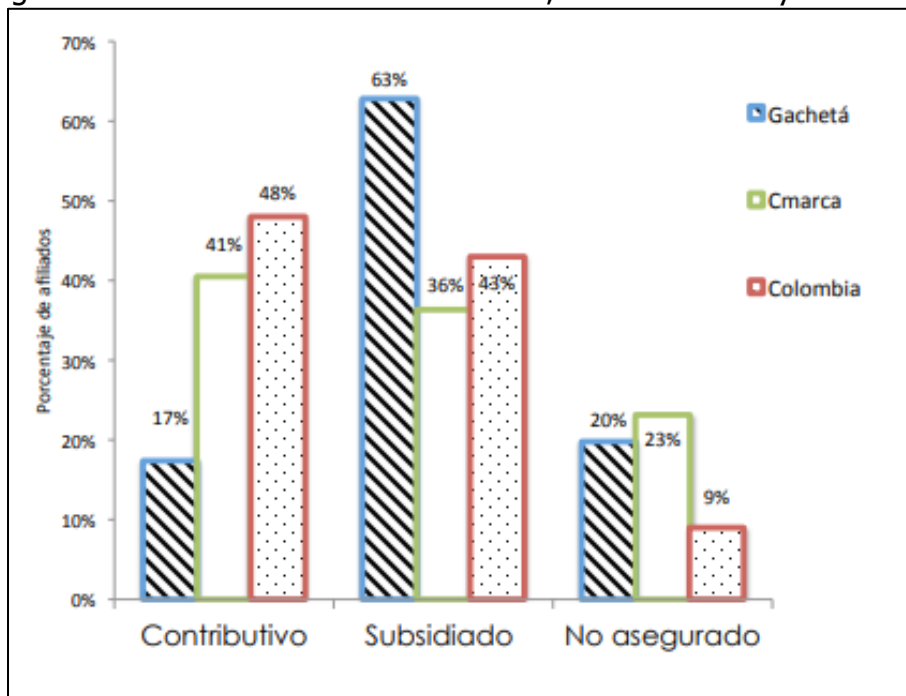
Figura 5.3. Índice de pobreza Gachetá, Cundinamarca y Colombia



Fuente: Departamento municipal de planeación, 2018

Con respecto al régimen y la cobertura en salud, el DANE estableció que se tiene una cobertura del 80.2%, para el año 2012 según las estadísticas el 63% de la población de Gachetá está bajo un régimen subsidiado, el 17% en un régimen contributivo y el 20% de la población no se encuentran asegurados.

Figura 5.4. Cobertura en Salud Gachetá, Cundinamarca y Colombia



Fuente: Departamento municipal de planeación, 2018.

Los tres sectores de mayor importancia económica del municipio son servicios de empresas, producción pecuaria y actividades de finca raíz.

Figura 5.5. Actividades económicas Gachetá



Fuente: Departamento municipal de planeación, 2018.

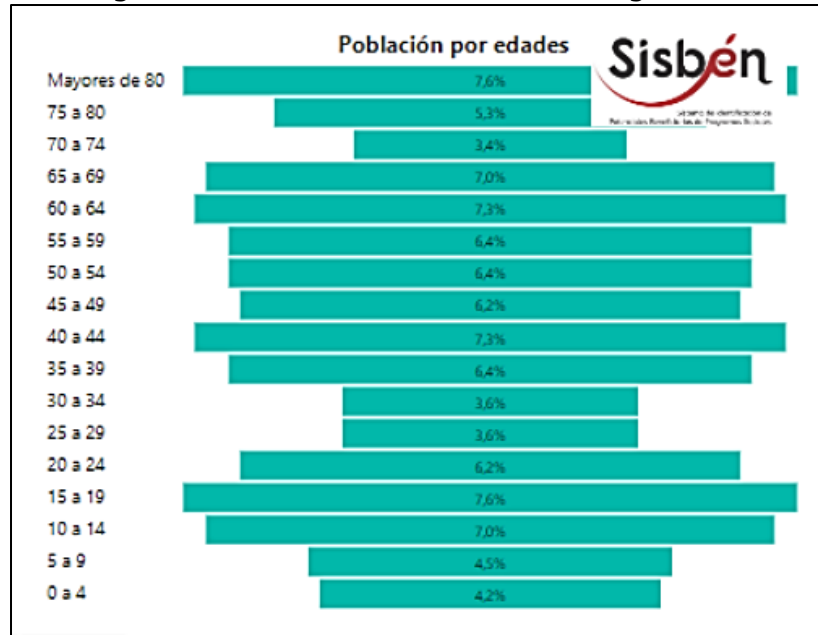
La zona de estudio de la Quebrada El Chulo está ubicada en las veredas Resguardo I y Resguardo II, las cuales están ubicadas en la zona sur y centro respectivamente del municipio.

Según la información del Sisbén brindada por la alcaldía del municipio:

En la vereda Resguardo I hay una población total de 357 personas, de los cuales 174 son hombres y 183 son mujeres, hay 145 hogares y un promedio de 2.46 personas por hogar y 137 viviendas.

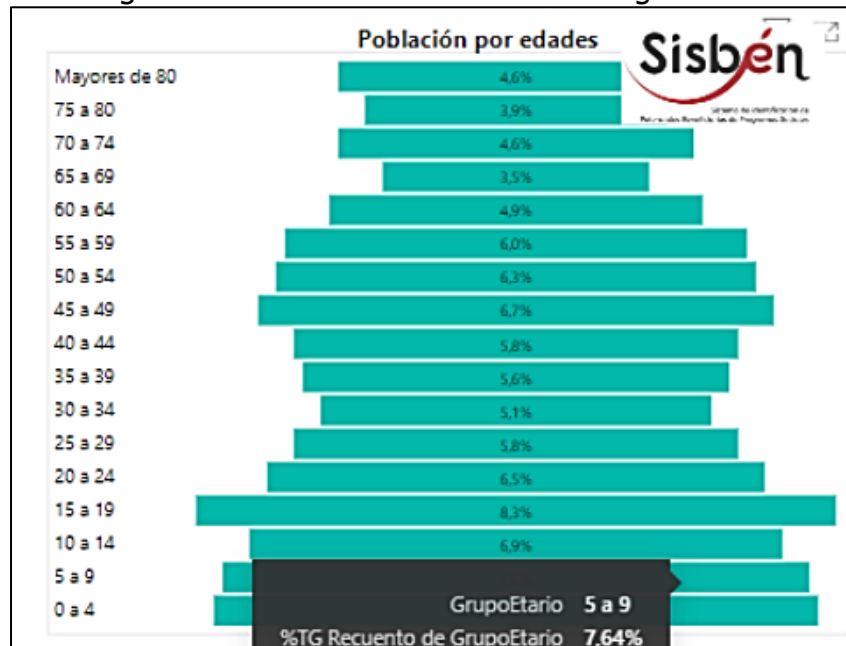
En la vereda Resguardo II hay una población total de 432 personas, de los cuales 209 son hombres y 223 son mujeres, hay 167 hogares y un promedio de 2.59 personas por hogar y 140 viviendas.

Figura 5.6. Población total Vereda Resguardo I



Fuente: Alcaldía de Gachetá – Sisbén, 2022.

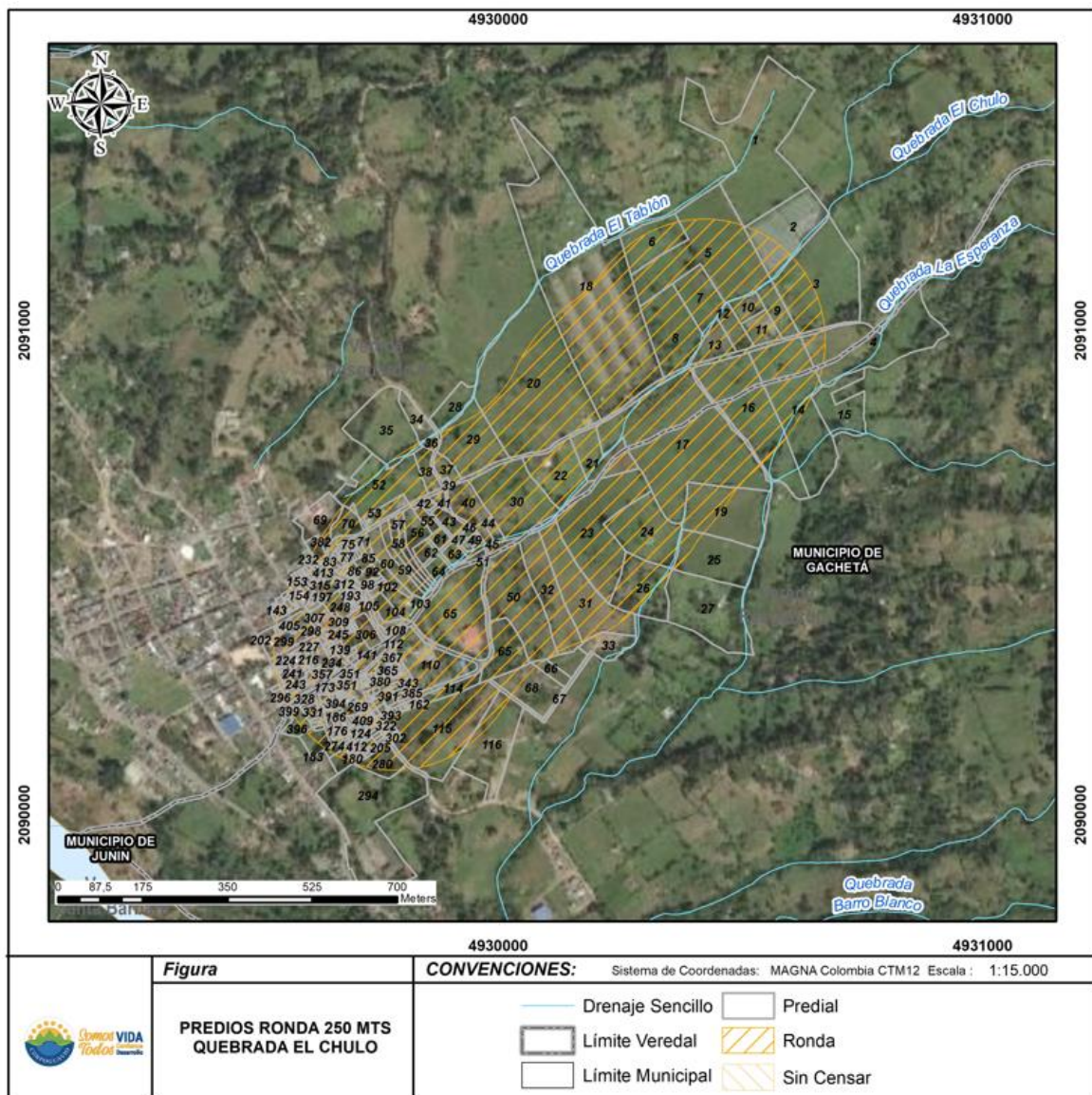
Figura 5.7. Población total Vereda Resguardo II



Fuente: Alcaldía de Gachetá – Sisbén, 2022.

A partir de la definición de la zona de estudio que corresponde a un búfer de 250 m a cada lado de la Quebrada El Chulo entre las coordenadas E: 1.049.919 m N: 1.025.231 m, hasta la coordenada E: 1.049.281 m N: 1.024.492 m, para una longitud total aproximada de 1000 m. De acuerdo con la cartografía predial, en el área de estudio se encuentran 414 predios, como se muestra en la Figura 5.8.

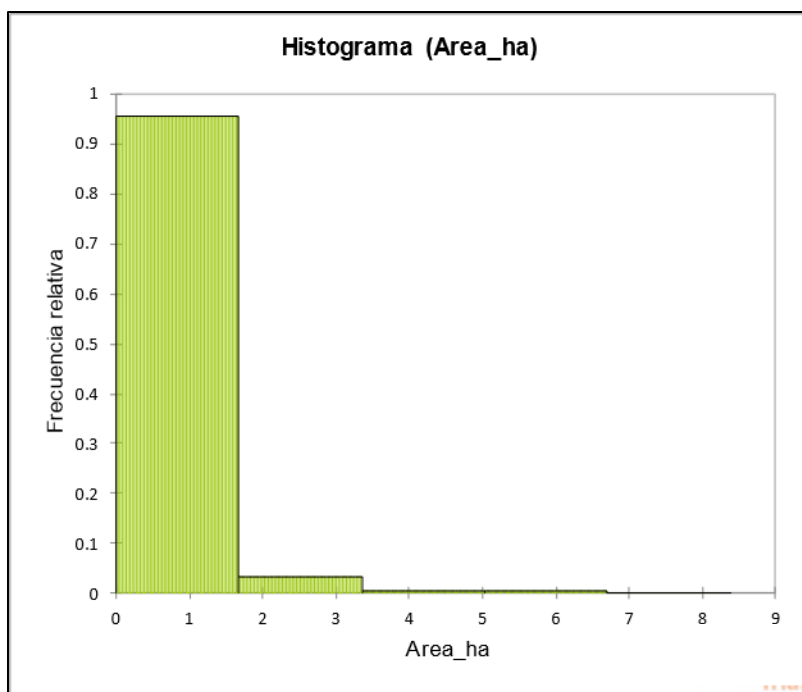
Figura 5.8. Predios dentro de la franja de 250 m alrededor de la Quebrada El Chulo



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

A partir de la información cartográfica predial recopilada para la zona de estudio, se construyó el histograma de frecuencias acumuladas (Figura 5.9) con los datos del área de los predios, en donde se puede apreciar que todos los predios son menores a 10 ha, dentro de los cuales el 97.8% de los predios son menores a 2 ha (405 predios), de los cuales solo el 2.4% (10 predios) son superiores a 1 ha, correspondientes con los predios que se localizan principalmente en la zona urbana del municipio, hacia el sector suroccidental. Así pues, tan solo 9 predios tienen un área mayor a 2 ha dentro del área de estudio.

Figura 5.9. Histograma áreas predios zona de estudio

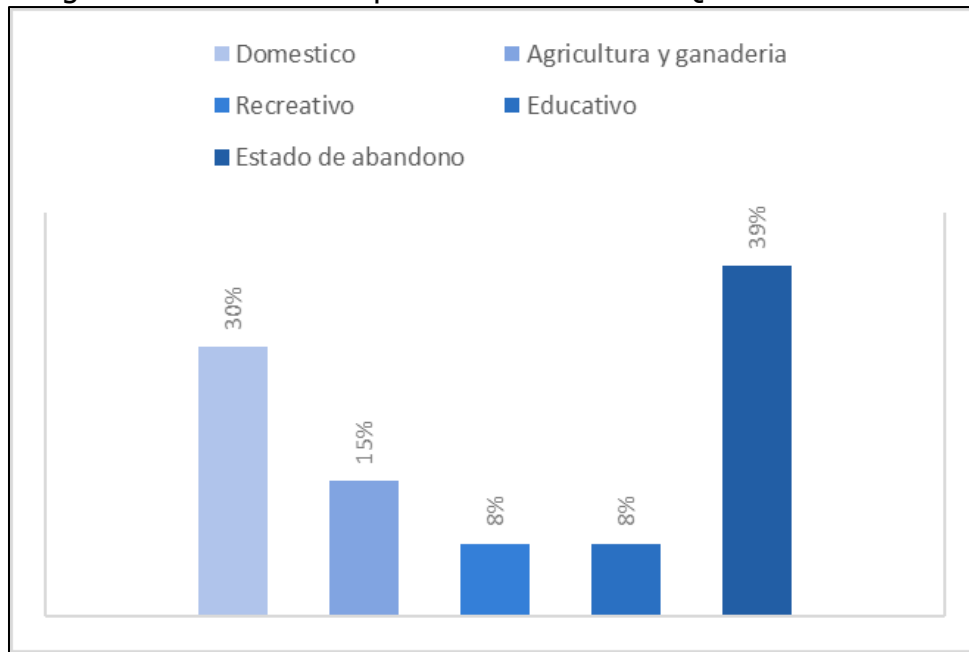


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

A partir de la información recolectada de los predios en la encuesta socioeconómica que se encuentran en el área de estudio de la Quebrada El Chulo, se identificó que:

- Con respecto a la tenencia de los predios es propia, en arriendo y de trabajo mayormente, el 30% de los predios son de uso doméstico, el 15% son de uso de agricultura y ganadería, el 8% es de uso recreativo, el 8% es de uso educativo y el 39% restante son predios abandonados con estructuras abandonadas.

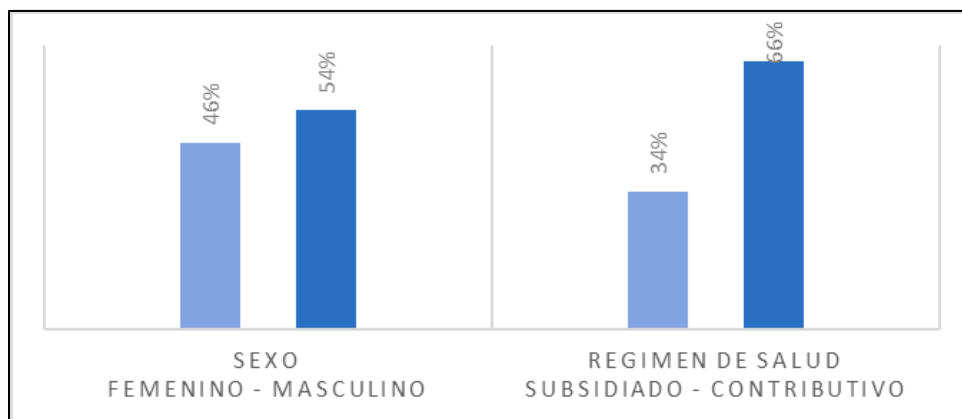
Figura 5.10. Uso de los predios cercanos a la Quebrada El Chulo



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

- La mayoría de las personas que viven en los predios son oriundos del municipio de Gachetá, el 46% de la población es femenino y el 54% masculino, El 34% de la población están en un régimen de salud subsidiado y el 66% están en un régimen de salud contributivo.

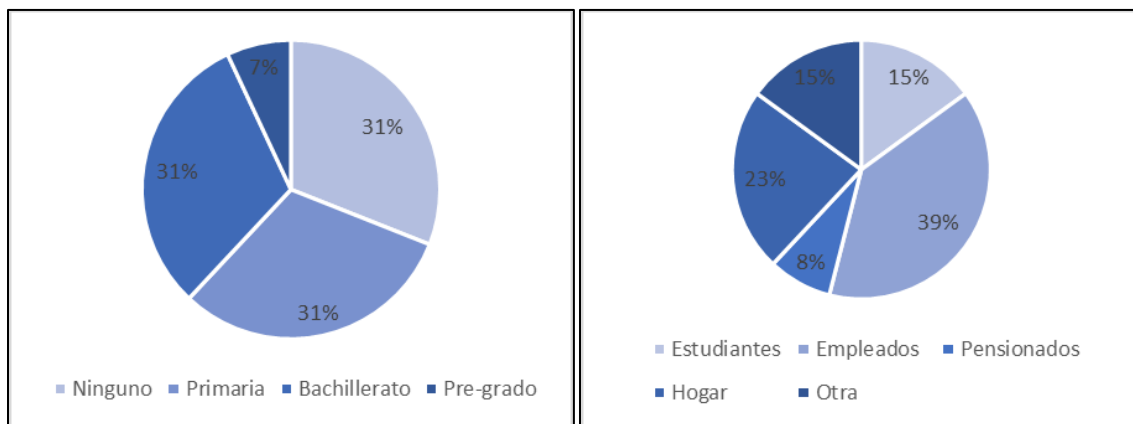
Figura 5.11. Distribución por sexo y régimen de salud



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

- El 31% de la población no tiene ningún grado de escolaridad, el 31% está cursando o estudio hasta primaria, el 31% de la población está cursando o estudio hasta bachillerato y el 7% de la población tiene un nivel de escolaridad de pregrado, el 15% son estudiantes, el 39% son empleados, el 8% son pensionados, el 23% se dedican al hogar y el 15% son agricultores de trabajo informal o no tienen ninguna actividad en el hogar.

Figura 5.12. Nivel de escolaridad y ocupación



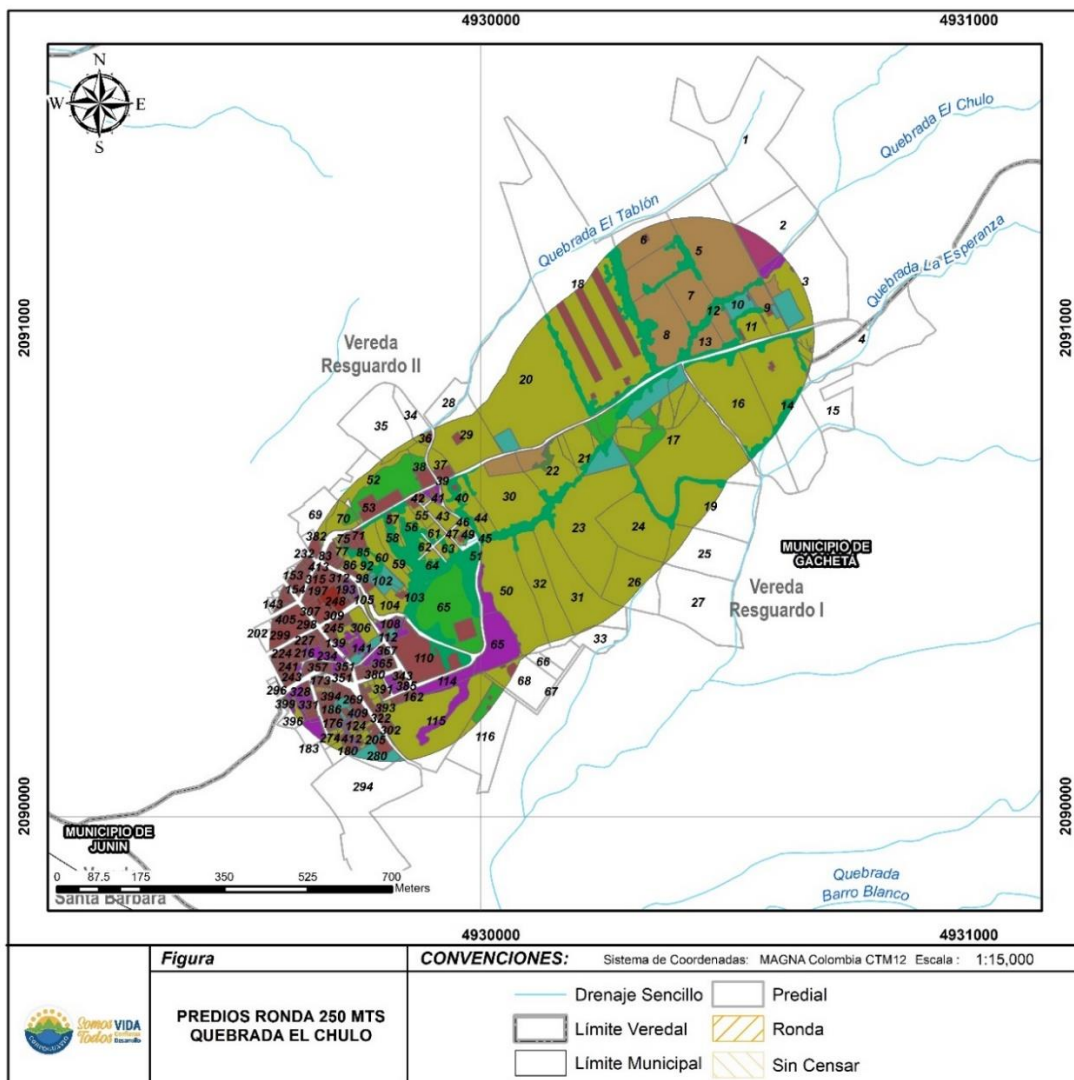
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

De los predios que se encuentran en la zona de estudio se puede acotar que, el 6% de estos están ubicados en una zona plana y el 94% están ubicados en zona de ladera, de las estructuras vistas el 17% fueron construidas hace menos de 5 años, el 33% fueron construidas hace más de 5 años, el 33% fueron construidas hace más de 15 años y el 17% fueron construidas hace más de 30 años, el 100% de las estructuras están construidas totalmente, el 17% de las estructuras son de 2 pisos y el 83% de las estructuras son de 1 piso, el 90% de las estructuras son con reforzamiento y el 10% en mampostería reforzada, con respecto al estado de conservación, el 62% son estructuras sin deformaciones ni agrietamientos y el 38% tienen daños superficiales en acabados.

Así mismo, de la encuesta de percepción de riesgo realizada, la población cree que su predio está expuesto a inundaciones en un 65%, a derrumbes en un 35% y mencionaron otros riesgos como anegación, así como por qué en un 100% es vivir en la ronda de la quebrada y mencionaron otras causas como dragados, también se menciona que luego de las obras hidráulicas realizadas se han mejorado los problemas de inundación en la zona y no se tiene claro o se recuerdan las fechas exactas o aproximadas que los eventos más grandes que se han presentado sobre la misma.



Así pues, en la Figura 5.13 se muestran el uso de los predios que fueron censados en los trabajos de campo respectivos, se puede observar que el uso principal en la zona norte corresponde a pastos enmalezados y limpios (veredas resguardo I y II) y algunos arbustales bajos y bosques bajos, en la zona suroccidental se encuentran pequeños predios urbanos del barrio la Primavera del municipio de Gachetá.

Figura 5.13. Uso del suelo predios censados



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Paralelamente, a partir de la información recolectada en campo a partir del censo y la cartografía predial, se actualizaron los datos del propietario según la información

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

suministrada en campo para los predios que contestaron la encuesta, no fue posible actualizarla para los predios vacíos o en donde la comunidad no quiso suministrar información. En la Tabla 5.2, se muestran los predios levantados en campo y que se encuentran dentro de la zona de estudio priorizada para realizar la ronda de la Quebrada El Chulo.

Tabla 5.2. Predios levantados en campo y que se encuentran dentro de la zona de estudio

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
0	25297010000000036008000000000	0,001501		117								Tejido Urbano Discontinuo
1	2529700000000000304630000000000	0,805502		7								Hortalizas
2	2529701000000002801180000000000	0,009791		118								Tejido Urbano Discontinuo
3	2529701000000002801170000000000	0,009785		119								Pastos Enmalezados
4	2529701000000002801050000000000	0,009039		120								Tejido Urbano Discontinuo
5	2529701000000002801040000000000	0,009074		121								Tejido Urbano Discontinuo
6	2529701000000003600200000000000	0,000882		122								Tejido Urbano Discontinuo
7	2529701000000003600170000000000	0,006157		123								Tejido Urbano Discontinuo
8	2529701000000002801030000000000	0,00977		124								Tejido Urbano Discontinuo
9	2529701000000002801020000000000	0,00971		125								Pastos Enmalezados
10	2529701000000002800590000000000	0,017012		126								Pastos Enmalezados
11	2529701000000002100220000000000	0,006943		127								Tejido Urbano Discontinuo
12	2529701000000002100300000000000	0,007522		128								Arbustal Abierto Mesofilos
13	2529701000000002100290000000000	0,007201		129								Arbustal Abierto Mesofilos
14	2529701000000002400410000000000	0,011108		130								Tejido Urbano Discontinuo
15	2529701000000002800390000000000	0,001084		131								Tejido Urbano Discontinuo
16	2529700000000000207110000000000	2,230162		115								Pastos Enmalezados
17	2529700000000000305840000000000	0,019114		39								Tejido Urbano Discontinuo
18	2529700000000000305970000000000	0,000402		28								Pastos Enmalezados
19	2529700000000000304450000000000	0,000264		34								Pastos Enmalezados
20	2529700000000000207120000000000	0,257291		116								Pastos Limpios
21	2529700000000000303380000000000	0,096465		35								Pastos Enmalezados
22	2529700000000000200290000000000	0,847024		21								Pastos Enmalezados

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
23	252970000000000020025000000000	1,469325		24								Pastos Enmalezados
24	252970000000000020030000000000	1,065426	Predio 8 - Diana Patricia Arias	22	Resguardo I	Vía Manta	Diana Patricia Arias	N/R	Ana Tulia Rojas	3124987985	Propio	Pastos Enmalezados
25	252970000000000020019000000000	0,522422	Predio 9 - Sandra Acosta	40	Resguardo I	Vía Manta	Erlinda Garzón	3142415449	Sandra Acosta	3107942593	Arriendo	Pastos Enmalezados
26	252970000000000020583000000000	0,110887		44								Pastos Enmalezados
27	252970000000000020584000000000	0,094686		45								Pastos Enmalezados
28	252970000000000020024000000000	2,618398		23								Pastos Enmalezados
29	252970000000000020023000000000	1,565423		31								Pastos Enmalezados
30	252970000000000020031000000000	0,841753		26								Pastos Enmalezados
31	252970000000000020100000000000	1,19211		32								Pastos Enmalezados
32	252970000000000020022000000000	1,827317		30								Pastos Enmalezados
33	252970000000000030554000000000	0,071726		36								Pastos Enmalezados
34	252970000000000030490000000000	0,228395		53								Tejido Urbano Discontinuo
35	252970000000000030517000000000	0,271902		38								Tejido Urbano Discontinuo
36	252970000000000030577000000000	1,109839		52								Pastos Limpios
37	252970000000000020021000000000	2,06021	Predio 5 - Ligia de Herrera	50	Resguardo I	Vía Manta	Ligia de Herrera	3112026195	N/A	N/A	Propio	Pastos Enmalezados
38	252970000000000020451000000000	1,630294		14								Pastos Enmalezados
39	252970000000000020026000000000	0,751076		19								Pastos Enmalezados
40	252970000000000020710000000000	0,205507		25								Pastos Enmalezados
41	252970000000000020028000000000	5,196594	Potrero 2	17	Resguardo I - Vía Manta							Pastos Enmalezados
42	252970000000000020017000000000	0,002297		27								Pastos Enmalezados
43	252970000000000020453000000000	0,000002		15								Bosques Abiertos Bajo Tierra Firme
44	252970000000000020549000000000	2,075126	Potrero 1	16	Resguardo I - Vía Manta							Pastos Enmalezados

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
45	252970000000000030622000000000	0,452291		9								Hortalizas
46	252970000000000030462000000000	0,356541		11								Pastos Enmalezados
47	252970000000000030236000000000	0,280854		10								Maíz
48	252970000000000030621000000000	0,354655		12								Hortalizas
49	252970000000000030620000000000	0,414485	Predio 7 - Casa Café	13	Resguardo I	Vía Manta						Hortalizas
50	252970000000000030237000000000	1,464508		8								Hortalizas
51	252970000000000030452000000000	2,797272		5								Hortalizas
52	252970000000000030459000000000	0,687524		6								Hortalizas
53	252970000000000030583000000000	0,205451		37								Pastos Enmalezados
54	252970000000000030255000000000	1,155761		29								Pastos Enmalezados
55	252970100000000220045000000000	0,114438		61								Pastos Enmalezados
56	252970000000000030235000000000	0,456026		2								Cultivos Confinados
57	252970000000000030220000000000	0,001042		1								Cultivos Confinados
58	252970000000000030234000000000	0,928819		3								Pastos Enmalezados
59	252970000000000020452000000000	0,270852		4								Pastos Enmalezados
60	252970100000000520005000000000	0,014669		132								Tejido Urbano Discontinuo
61	252970100000000520010000000000	0,016011		133								Arbustal Abierto Mesofilos
62	252970000000000030253000000000	3,708046		20								Pastos Enmalezados
63	252970000000000030252000000000	4,220246	Predio Abandonado	18	Resguardo I - Vía Manta							Pastos Enmalezados
64	252970000000000020767000000000	0,016835		66								Pastos Enmalezados
65	252970000000000020766000000000	0,246638		68								Pastos Enmalezados
66	252970000000000020770000000000	0,009994		33								Pastos Enmalezados
67	252970000000000020777000000000	0,033596		67								Pastos Enmalezados
68	252970100000000280057000000000	0,036681		134								Tejido Urbano Discontinuo
69	252970100000000230001000000000	0,017191		135								tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
70	25297010000000023002000000000	0,030965		136								Arbustal Abierto Mesofilos
71	25297010000000023001900000000	0,03243		137								Arbustal Abierto Mesofilos
72	25297010000000023001300000000	0,002772		138								Arbustal Abierto Mesofilos
73	25297010000000023000200000000	0,013135		139								Arbustal Abierto Mesofilos
74	25297010000000023000300000000	0,01295		140								Tejido Urbano Discontinuo
75	25297010000000023001800000000	0,156167		141								Arbustal Abierto Mesofilos
76	25297010000000015004500000000	0,01242		142								Tejido Urbano Discontinuo
77	25297010000000015003200000000	0,014923		143								Tejido Urbano Discontinuo
78	25297010000000015003000000000	0,001991		144								Tejido Urbano Discontinuo
79	25297010000000015002900000000	0,002809		145								Tejido Urbano Discontinuo
80	25297010000000036000300000000	0,020293		146								Tejido Urbano Discontinuo
81	25297010000000015002800000000	0,030561		147								Tejido Urbano Discontinuo
82	25297010000000015002300000000	0,00232		148								Tejido Urbano Discontinuo
83	25297010000000015002400000000	0,009024		149								Tejido Urbano Discontinuo
84	25297010000000015003100000000	0,024832		150								Tejido Urbano Discontinuo
85	25297010000000036000700000000	0,021085		151								Tejido Urbano Discontinuo
86	25297010000000036000600000000	0,022013		152								Tejido Urbano Discontinuo
87	25297010000000036000500000000	0,030238		153								Tejido Urbano Discontinuo
88	25297010000000036000400000000	0,04184		154								Tejido Urbano Discontinuo
89	25297010000000029005700000000	0,010009		155								Tejido Urbano Discontinuo
90	25297010000000029000400000000	0,020995		156								Tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
91	252970100000000290003000000000	0,010776		157								Tejido Urbano Discontinuo
92	252970100000000290020000000000	0,020094		158								Pastos Enmalezados
93	252970100000000290051000000000	0,011464		159								Tejido Urbano Discontinuo
94	252970100000000290048000000000	0,013055		160								Tejido Urbano Discontinuo
95	252970100000000290044000000000	0,013696		161								Tejido Urbano Discontinuo
96	252970100000000290045000000000	0,013269		162								Tejido Urbano Discontinuo
97	252970100000000290037000000000	0,013893		163								Tejido Urbano Discontinuo
98	252970100000000290036000000000	0,016219		164								Tejido Urbano Discontinuo
99	252970100000000280058000000000	0,021519		165								Tejido Urbano Discontinuo
100	252970100000000280114000000000	0,010964		166								Tejido Urbano Discontinuo
101	252970100000000280044000000000	0,018851		167								Tejido Urbano Discontinuo
102	252970100000000280042000000000	0,010545		168								Tejido Urbano Discontinuo
103	252970100000000280088000000000	0,017433		169								Tejido Urbano Discontinuo
104	252970100000000280049000000000	0,007697		170								Arbustal Abierto Mesofilos
105	252970100000000280048000000000	0,002183		171								Arbustal Abierto Mesofilos
106	252970100000000280050000000000	0,012451		172								Tejido Urbano Discontinuo
107	252970100000000280046000000000	0,016414		173								Tejido Urbano Discontinuo
108	252970100000000200004000000000	0,01252		174								Tejido Urbano Discontinuo
109	252970100000000200003000000000	0,010143		175								Tejido Urbano Discontinuo
110	252970100000000280060000000000	0,014208		176								Tejido Urbano Discontinuo
111	252970100000000280076000000000	0,013842		177								Tejido Urbano Discontinuo
112	252970100000000280126000000000	0,012592		178								Tejido Urbano Discontinuo
113	252970100000000280110000000000	0,014012		179								Tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
114	252970100000000280128000000000	0,014935		180								Tejido Urbano Discontinuo
115	252970100000000280107000000000	0,009081		181								Pastos Enmalezados
116	252970100000000280106000000000	0,009066		182								Pastos Enmalezados
117	252970100000000280100000000000	0,113559		183								Arbustal Abierto Mesofilos
118	252970100000000280065000000000	0,01791		184								Tejido Urbano Discontinuo
119	252970100000000280096000000000	0,020373		185								Tejido Urbano Discontinuo
120	252970100000000280055000000000	0,027879		186								Maíz
121	252970100000000280095000000000	0,019532		187								Tejido Urbano Discontinuo
122	252970100000000280037000000000	0,064523		188								Maíz
123	252970100000000210019000000000	0,00703		189								Arbustal Denso
124	252970100000000210003000000000	0,036238		190								Tejido Urbano Discontinuo
125	252970100000000210020000000000	0,006694		191								Tejido Urbano Discontinuo
126	252970100000000210004000000000	0,005638		192								Tejido Urbano Discontinuo
127	252970100000000210012000000000	0,050356		193								Arbustal Denso
128	252970100000000210006000000000	0,016832		194								Tejido Urbano Discontinuo
129	252970100000000210021000000000	0,0065		195								Tejido Urbano Discontinuo
130	252970100000000210027000000000	0,009677		196								Arbustal Abierto Mesofilos
131	252970100000000210007000000000	0,021448		197								Tejido Urbano Discontinuo
132	252970100000000210005000000000	0,013045		198								Tejido Urbano Discontinuo
133	252970100000000210026000000000	0,00838		199								Arbustal Abierto Mesofilos
134	252970100000000210028000000000	0,007522		200								Arbustal Abierto Mesofilos
135	252970100000000200005000000000	0,012574		201								Tejido Urbano Discontinuo
136	252970100000000200002000000000	0,002771		202								Tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
137	252970100000000220019000000000	0,012969		90								Tejido Urbano Discontinuo
138	252970100000000280071000000000	0,016174		203								Tejido Urbano Discontinuo
139	252970100000000280072000000000	0,015739		204								Tejido Urbano Discontinuo
140	252970100000000280074000000000	0,015768		205								Maíz
141	252970100000000280073000000000	0,016007		206								Tejido Urbano Discontinuo
142	252970100000000280119000000000	0,010073		207								Tejido Urbano Discontinuo
143	252970100000000280120000000000	0,009922		208								Pastos Enmalezados
144	252970100000000280124000000000	0,009252		209								Pastos Enmalezados
145	252970100000000280122000000000	0,009059		210								Pastos Enmalezados
146	252970100000000280123000000000	0,009112		211								Tejido Urbano Discontinuo
147	252970100000000280011000000000	0,043742		212								Pastos Enmalezados
148	252970100000000280129000000000	0,012976		213								Tejido Urbano Discontinuo
149	252970100000000240002000000000	0,014307		214								Tejido Urbano Discontinuo
150	252970100000000240043000000000	0,012713		215								Tejido Urbano Discontinuo
151	252970100000000240044000000000	0,029735		216								Tejido Urbano Discontinuo
152	252970100000000240003000000000	0,017224		217								Tejido Urbano Discontinuo
153	252970100000000240005000000000	0,014892		218								Tejido Urbano Discontinuo
154	252970100000000240033000000000	0,006908		219								Tejido Urbano Discontinuo
155	252970100000000240040000000000	0,010226		220								Tejido Urbano Discontinuo
156	252970100000000240006000000000	0,009787		221								Tejido Urbano Discontinuo
157	252970100000000240007000000000	0,020941		222								Tejido Urbano Discontinuo
158	252970100000000240028000000000	0,045413		223								Tejido Urbano Discontinuo
159	252970100000000240032000000000	0,030474		224								Tejido Urbano Discontinuo
160	252970100000000240034000000000	0,032653		225								Tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
161	252970100000000240008000000000	0,030601		226								Tejido Urbano Discontinuo
162	252970100000000240011000000000	0,029908		227								Arbustal Abierto Mesofilos
163	252970100000000240030000000000	0,016417		228								Tejido Urbano Discontinuo
164	252970100000000240010000000000	0,038201		229								Tejido Urbano Discontinuo
165	252970100000000240038000000000	0,010446		230								Tejido Urbano Discontinuo
166	252970100000000240039000000000	0,008909		231								Tejido Urbano Discontinuo
167	252970100000000140047000000000	0,000141		232								Tejido Urbano Discontinuo
168	252970100000000250013000000000	0,003872		233								Tejido Urbano Discontinuo
169	252970100000000240037000000000	0,120689		234								Arbustal Abierto Mesofilos
170	252970100000000240035000000000	0,009145		235								Tejido Urbano Discontinuo
171	252970100000000240009000000000	0,02482		236								Tejido Urbano Discontinuo
172	252970100000000240042000000000	0,010594		237								Tejido Urbano Discontinuo
173	252970100000000240029000000000	0,00478		238								Tejido Urbano Discontinuo
174	252970100000000240014000000000	0,010824		239								Tejido Urbano Discontinuo
175	252970100000000240036000000000	0,017714		240								Tejido Urbano Discontinuo
176	252970100000000240004000000000	0,055833		241								Tejido Urbano Discontinuo
177	252970100000000240015000000000	0,065786		242								Arbustal Abierto Mesofilos
178	252970100000000240001000000000	0,052712		243								Tejido Urbano Discontinuo
179	252970100000000230008000000000	0,017019		244								Tejido Urbano Discontinuo
180	252970100000000230005000000000	0,06602		245								Tejido Urbano Discontinuo
181	252970100000000490004000000000	0,013239		107								Tejido Urbano Discontinuo
182	252970100000000230010000000000	0,011292		246								Tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
183	252970100000000490007000000000	0,023092		106								Arbustal Abierto Mesofilos
184	252970100000000210023000000000	0,006588		247								Tejido Urbano Discontinuo
185	252970100000000210016000000000	0,183804		248								Arbustal Denso
186	252970100000000210024000000000	0,006449		249								Tejido Urbano Discontinuo
187	252970100000000210031000000000	0,007811		250								Tejido Urbano Discontinuo
188	252970100000000210032000000000	0,007263		251								Arbustal Abierto Mesofilos
189	252970100000000210033000000000	0,006505		252								Arbustal Abierto Mesofilos
190	252970100000000210034000000000	0,005936		253								Tejido Urbano Discontinuo
191	252970100000000210035000000000	0,005936		254								Arbustal Abierto Mesofilos
192	252970100000000360016000000000	0,006547		255								Tejido Urbano Discontinuo
193	252970100000000360901900000000	0,003421		256								Tejido Urbano Discontinuo
194	252970100000000360014000000000	0,006023		257								Tejido Urbano Discontinuo
195	252970100000000360015000000000	0,009496		258								Tejido Urbano Discontinuo
196	252970100000000360012000000000	0,011859		259								Tejido Urbano Discontinuo
197	252970100000000360019000000000	0,009395		260								Tejido Urbano Discontinuo
198	252970100000000360011000000000	0,009892		261								Tejido Urbano Discontinuo
199	252970100000000360010000000000	0,014503		262								Tejido Urbano Discontinuo
200	252970100000000360009000000000	0,011437		263								Tejido Urbano Discontinuo
201	252970100000000220036000000000	0,024834		82								Tejido Urbano Discontinuo
202	252970100000000220001000000000	0,011648		83								Tejido Urbano Discontinuo
203	252970100000000490006000000000	1,078236	Predio 4 - Colegio	110	Resguardo I	Vía Manta	N/A	N/A	Alexander Navia	3132343548	Trabajo	Tejido Urbano Discontinuo
204	252970100000000290901900000000	0,015967		264								Tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
205	252970100000000290014000000000	0,015894		265								Tejido Urbano Discontinuo
206	252970100000000280062000000000	0,008036		266								Tejido Urbano Discontinuo
207	252970100000000280038000000000	0,01545		267								Tejido Urbano Discontinuo
208	252970100000000280089000000000	0,005825		268								Tejido Urbano Discontinuo
209	252970100000000280079000000000	0,019224		269								Tejido Urbano Discontinuo
210	252970100000000280041000000000	0,011022		270								Tejido Urbano Discontinuo
211	252970100000000280131000000000	0,009742		271								Hortalizas
212	252970100000000280045000000000	0,013256		272								Tejido Urbano Discontinuo
213	252970100000000280047000000000	0,004888		273								Tejido Urbano Discontinuo
214	252970100000000280036000000000	0,056262		274								Pastos Enmalezados
215	252970100000000280078000000000	0,008034		275								Pastos Enmalezados
216	252970100000000280125000000000	0,009744		276								Pastos Enmalezados
217	252970100000000280109000000000	0,010874		277								Tejido Urbano Discontinuo
218	252970100000000280127000000000	0,010902		278								Tejido Urbano Discontinuo
219	252970100000000280077000000000	0,005791		279								Red Vial y Territorios Asociados
220	252970100000000280135000000000	0,307723		280								Maíz
221	252970100000000280097000000000	0,009607		281								Tejido Urbano Discontinuo
222	252970100000000280069000000000	0,016067		282								Tejido Urbano Discontinuo
223	252970100000000280067000000000	0,015983		283								Tejido Urbano Discontinuo
224	252970100000000280116000000000	0,009676		284								Pastos Enmalezados
225	252970100000000150043000000000	0,00001		285								Tejido Urbano Discontinuo
226	252970100000000150033000000000	0,000158		286								Tejido Urbano Discontinuo
227	252970100000000280027000000000	0,016567		287								Red Vial y Territorios Asociados
228	252970100000000220023000000000	0,013798		87								Tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
229	252970100000000220017000000000	0,015514		89								Pastos Enmalezados
230	252970100000000220022000000000	0,01987		88								Tejido Urbano Discontinuo
231	252970100000000220035000000000	0,02069		84								Tejido Urbano Discontinuo
232	252970100000000220025000000000	0,01249		79								Tejido Urbano Discontinuo
233	252970100000000220002000000000	0,006747		81								Tejido Urbano Discontinuo
234	252970100000000220026000000000	0,027765		78								Pastos Enmalezados
235	252970100000000220034000000000	0,013008		80								Tejido Urbano Discontinuo
236	252970100000000220028000000000	0,029484		76								Pastos Enmalezados
237	252970100000000220031000000000	0,029372		73								Tejido Urbano Discontinuo
238	252970100000000220027000000000	0,028717		77								Pastos Enmalezados
239	252970100000000220029000000000	0,028453		75								Bosques Abiertos Bajo Tierra Firme
240	252970100000000220030000000000	0,030496		74								Tejido Urbano Discontinuo
241	252970100000000280108000000000	0,009035		288								Tejido Urbano Discontinuo
242	252970100000000280051000000000	0,026042		289								Hortalizas
243	252970100000000280052000000000	0,020106		290								Tejido Urbano Discontinuo
244	252970100000000280070000000000	0,015589		291								Pastos Enmalezados
245	252970100000000280068000000000	0,01603		292								Tejido Urbano Discontinuo
246	252970100000000230004000000000	0,140296		293								Pastos Enmalezados
247	252970100000000490001000000000	0,096723		108								Arbustal Abierto Mesofilos
248	252970100000000280009000000000	0,007801		294								Maíz
249	252970100000000280121000000000	0,009909		295								Pastos Enmalezados
250	252970100000000250012000000000	0,003918		296								Tejido Urbano Discontinuo
251	252970100000000250011000000000	0,000711		297								Tejido Urbano Discontinuo
252	252970100000000200006000000000	0,164168		298								Tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
253	252970100000000200001000000000	0,23973		299								Tejido Urbano Discontinuo
254	252970100000000220032000000000	0,043426		72								Tejido Urbano Discontinuo
255	252970100000000290058000000000	0,010131		300								Pastos Enmalezados
256	252970100000000290072000000000	0,010292		301								Pastos Enmalezados
257	252970100000000290016000000000	0,019749		302								Tejido Urbano Discontinuo
258	252970100000000230011000000000	0,01064		303								Tejido Urbano Discontinuo
259	252970100000000490002000000000	0,005545	Predio 2 - Rosa Ángela Martínez	109	Primavera				Rosa Ángela Martin Barreto	3138005863		Tejido Urbano Discontinuo
260	252970100000000230015000000000	0,010836		304								Tejido Urbano Discontinuo
261	252970100000000230014000000000	0,011371		305								Tejido Urbano Discontinuo
262	252970100000000230006000000000	0,279679		306								Pastos Enmalezados
263	252970100000000210001000000000	0,112221		307								Tejido Urbano Discontinuo
264	252970100000000210002000000000	0,053412		308								Tejido Urbano Discontinuo
265	252970100000000210017000000000	0,023575		309								Tejido Urbano Discontinuo
266	252970100000000210018000000000	0,007119		310								Arbustal Denso
267	252970100000000210025000000000	0,010801		311								Tejido Urbano Discontinuo
268	252970100000000210011000000000	0,012448		312								Tejido Urbano Discontinuo
269	252970100000000210036000000000	0,009307		313								Tejido Urbano Discontinuo
270	252970100000000210015000000000	0,011099		314								Tejido Urbano Discontinuo
271	252970100000000210008000000000	0,136723		315								Tejido Urbano Discontinuo
272	252970100000000210014000000000	0,00952		316								Tejido Urbano Discontinuo
273	252970100000000210009000000000	0,009985		317								Tejido Urbano Discontinuo
274	252970100000000150027000000000	0,003444		318								Tejido Urbano Discontinuo
275	252970100000000150041000000000	0,003867		319								Tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
276	252970100000000150046000000000	0,00206		320								Tejido Urbano Discontinuo
277	252970100000000290012000000000	0,016997		321								Tejido Urbano Discontinuo
278	252970100000000290028000000000	0,009533		322								Tejido Urbano Discontinuo
279	252970100000000290029000000000	0,010014		323								Tejido Urbano Discontinuo
280	252970100000000290002000000000	0,009326		324								Tejido Urbano Discontinuo
281	252970100000000290034000000000	0,014266		325								Pastos Enmalezados
282	252970100000000290013000000000	0,005518		326								Tejido Urbano Discontinuo
283	252970100000000290033000000000	0,013566		327								Pastos Enmalezados
284	252970100000000280028000000000	0,054447		328								Arbustal Abierto Mesofilos
285	252970100000000280029000000000	0,027265		329								Tejido Urbano Discontinuo
286	252970100000000280141000000000	0,025975		330								Tejido Urbano Discontinuo
287	252970100000000280031000000000	0,038196		331								Tejido Urbano Discontinuo
288	252970100000000280032000000000	0,018982		332								Tejido Urbano Discontinuo
289	252970100000000280033000000000	0,018742		333								Tejido Urbano Discontinuo
290	252970100000000280034000000000	0,020538		334								Tejido Urbano Discontinuo
291	252970100000000280080000000000	0,017675		335								Arbustal Abierto Mesofilos
292	252970100000000280094000000000	0,017857		336								Maíz
293	252970100000000280093000000000	0,015468		337								Tejido Urbano Discontinuo
294	252970100000000280091000000000	0,012741		338								Maíz
295	252970100000000280090000000000	0,010654		339								Tejido Urbano Discontinuo
296	252970100000000280901900000000	0,015454		340								Tejido Urbano Discontinuo
297	252970100000000280902900000000	0,014911		341								Tejido Urbano Discontinuo
298	252970100000000580001000000000	0,07231		51								Bosques Abiertos Bajo Tierra Firme

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
299	252970100000000220039000000000	0,227514	Predio 12 mismo Predio 10	59	Resguardo I	Calle 5 - Vía la planta	Rodrigo Adolfo González Jiménez	N/R	Beatriz Jiménez	3202340558	Propio	Pastos Enmalezados
300	252970100000000220040000000000	0,214978	Predio 10 - Rodrigo Adolfo González	58	Resguardo I	Calle 5 - Vía la planta	Rodrigo Adolfo González Jiménez	N/R	Beatriz Jiménez	3202340558	Propio	Bosques Abiertos Bajo Tierra Firme
301	252970100000000540001000000000	0,038114		42								Tejido Urbano Discontinuo
302	252970100000000220038000000000	0,42845		60								Pastos Enmalezados
303	252970100000000220006000000000	0,318308	Predio 3 - María Isabel Jiménez	103	Resguardo I	Vía Manta	María Isabel Jiménez	3112223166	Juan Carlos Franco Jiménez	3114410995	Propio	Pastos Enmalezados
304	252970100000000220007000000000	0,190959		104								Pastos Enmalezados
305	252970100000000220005000000000	0,063108		102								Maíz
306	252970100000000220009000000000	0,027104		101								Maíz
307	252970100000000220014000000000	0,018676		100								Maíz
308	252970100000000220008000000000	0,002534		98								Maíz
309	252970100000000220011000000000	0,014444		99								Maíz
310	252970100000000220004000000000	0,086818		92								Pastos Enmalezados
311	252970100000000220013000000000	0,005251		97								Tejido Urbano Discontinuo
312	252970100000000220020000000000	0,002622		96								Tejido Urbano Discontinuo
313	252970100000000220024000000000	0,011611		91								Tejido Urbano Discontinuo
314	252970100000000220018000000000	0,00659		95								Pastos Enmalezados
315	252970100000000220010000000000	0,006962		93								Bosques Abiertos Bajo Tierra Firme
316	252970100000000220003000000000	0,039174		86								Pastos Enmalezados
317	252970100000000220033000000000	0,077194		85								Bosques Abiertos Bajo Tierra Firme
318	252970100000000220044000000000	0,127002		55								Pastos Enmalezados
319	252970100000000220046000000000	0,141876		62								Bosques Abiertos Bajo Tierra Firme
320	252970100000000220042000000000	0,369354		56								Bosques Abiertos Bajo Tierra Firme

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
321	252970100000000220047000000000	0,162831		64								Bosques Abiertos Bajo Tierra Firme
322	252970100000000560004000000000	0,031111		47								Pastos Enmalezados
323	252970100000000550001000000000	0,193995		43								Pastos Enmalezados
324	252970100000000290026000000000	0,26979		114								Arbustal Abierto Mesofilos
325	252970100000000560001000000000	0,033839		46								Pastos Enmalezados
326	252970100000000560002000000000	0,039255		49								Pastos Enmalezados
327	252970100000000560003000000000	0,039095	Predio 6	48	Resguardo I	Vía Manta						Pastos Enmalezados
328	252970100000000530001000000000	0,147582		63								Pastos Enmalezados
329	252970100000000570001000000000	0,078569		41								Arbustal Abierto Mesofilos
330	252970100000000220041000000000	0,204997	Predio 11 mismo del Predio 10	57	Resguardo I	Calle 5 - Vía la planta	Rodrigo Adolfo González Jiménez	N/R	Beatriz Jiménez	3202340558	Propio	Bosques Abiertos Bajo Tierra Firme
331	252970100000000220043000000000	0,01571		54								Tejido Urbano Discontinuo
332	252970100000000520004000000000	0,014484		342								Tejido Urbano Discontinuo
333	252970100000000520003000000000	0,014905		343								Tejido Urbano Discontinuo
334	252970100000000520001000000000	0,015963		344								Arbustal Abierto Mesofilos
335	252970100000000520002000000000	0,014935		345								Tejido Urbano Discontinuo
336	252970100000000500009000000000	0,012697		346								Arbustal Abierto Mesofilos
337	252970100000000500008000000000	0,031804		347								Arbustal Abierto Mesofilos
338	252970100000000500002000000000	0,025054		348								Tejido Urbano Discontinuo
339	252970100000000500012000000000	0,012312		349								Tejido Urbano Discontinuo
340	252970100000000500011000000000	0,003948		350								Tejido Urbano Discontinuo



NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
341	252970100000000500010000000000	0,045377		351								Tejido Urbano Discontinuo
342	252970100000000500001000000000	0,033461		352								Tejido Urbano Discontinuo
343	252970100000000500006000000000	0,003257		353								Tejido Urbano Discontinuo
344	252970100000000500005000000000	0,020149		354								Tejido Urbano Discontinuo
345	252970100000000500007000000000	0,012358		355								Tejido Urbano Discontinuo
346	252970100000000500004000000000	0,01311		356								Tejido Urbano Discontinuo
347	252970100000000500003000000000	0,03238		357								Tejido Urbano Discontinuo
348	252970100000000510001000000000	0,008186		358								Tejido Urbano Discontinuo
349	252970100000000510023000000000	0,009109		359								Tejido Urbano Discontinuo
350	252970100000000510022000000000	0,01229		360								Tejido Urbano Discontinuo
351	252970100000000510021000000000	0,012753		361								Tejido Urbano Discontinuo
352	252970100000000510020000000000	0,01828		362								Tejido Urbano Discontinuo
353	252970100000000510002000000000	0,034377		363								Arbustal Abierto Mesofilos
354	252970100000000510003000000000	0,00723		364								Tejido Urbano Discontinuo
355	252970100000000510004000000000	0,058548		365								Arbustal Abierto Mesofilos
356	252970100000000510006000000000	0,005999		366								Tejido Urbano Discontinuo
357	252970100000000510007000000000	0,006931		367								Tejido Urbano Discontinuo
358	252970100000000510005000000000	0,007679		368								Tejido Urbano Discontinuo
359	252970100000000510008000000000	0,014606		369								Tejido Urbano Discontinuo
360	252970100000000510009000000000	0,005101		370								Tejido Urbano Discontinuo
361	252970100000000510010000000000	0,011727		371								Tejido Urbano Discontinuo
362	252970100000000510012000000000	0,012223		372								Tejido Urbano Discontinuo
363	252970100000000510011000000000	0,006566		373								Tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
364	252970100000000510014000000000	0,011669		374								Tejido Urbano Discontinuo
365	252970100000000510013000000000	0,008339		375								Tejido Urbano Discontinuo
366	252970100000000510024000000000	0,010545		376								Tejido Urbano Discontinuo
367	252970100000000510015000000000	0,008845		377								Tejido Urbano Discontinuo
368	252970100000000510016000000000	0,008406		378								Tejido Urbano Discontinuo
369	252970100000000510017000000000	0,01003		379								Tejido Urbano Discontinuo
370	252970100000000510018000000000	0,021087		380								Tejido Urbano Discontinuo
371	252970100000000510019000000000	0,015368		381								Tejido Urbano Discontinuo
372	252970100000000480003000000000	0,097396		69								Pastos Enmalezados
373	252970100000000220037000000000	0,25479		71								Maíz
374	252970100000000480004000000000	0,074939		382								Tejido Urbano Discontinuo
375	252970100000000480013000000000	0,298882		70								Pastos Enmalezados
376	252970100000000520007000000000	0,01502		383								Arbustal Abierto Mesofilos
377	252970100000000520008000000000	0,015407		384								Arbustal Abierto Mesofilos
378	252970100000000520006000000000	0,014854		385								Arbustal Abierto Mesofilos
379	252970100000000520009000000000	0,015582		386								Arbustal Abierto Mesofilos
380	252970100000000290902900000000	0,00918		387								Tejido Urbano Discontinuo
381	252970100000000290005000000000	0,01673		388								Tejido Urbano Discontinuo
382	252970100000000290022000000000	0,026096		389								Pastos Enmalezados
383	252970100000000290027000000000	0,032159		390								Pastos Enmalezados
384	252970100000000290031000000000	0,083289		391								Pastos Enmalezados
385	252970100000000290006000000000	0,011788		392								Tejido Urbano Discontinuo

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
386	252970100000000290089000000000	0,014691		393								Pastos Enmalezados
387	252970100000000280054000000000	0,046828		394								Tejido Urbano Discontinuo
388	252970100000000490005000000000	0,037379		105								Pastos Enmalezados
389	252970100000000220012000000000	0,006764		94								Pastos Enmalezados
390	252970100000000280053000000000	0,010908		395								Tejido Urbano Discontinuo
391	252970100000000280020000000000	0,104774		396								Pastos Enmalezados
392	252970100000000280026000000000	0,007922		397								Tejido Urbano Discontinuo
393	252970100000000280075000000000	0,003173		398								Tejido Urbano Discontinuo
394	252970100000000280025000000000	0,001103		399								Tejido Urbano Discontinuo
395	252970100000000490009000000000	0,006479		113								Canales
396	252970100000000490008000000000	0,015307	Predio 1 - Barrio Primavera	112	Primavera	Carrera 1 # 03-04	Pedro Pablo Herrera Cárdenas	N/R	José Adelino Herrera Cárdenas	3113865212	Arriendo	Tejido Urbano Discontinuo
397	252970100000000580002000000000	2,880901		65								Pastos Limpios
398	252970100000000240009000000000	0,003946		400								Tejido Urbano Discontinuo
399	252970100000000290090000000000	0,009207		401								Tejido Urbano Discontinuo
400	252970100000000490003000000000	0,011884		111								Tejido Urbano Discontinuo
401	252970100000000280132000000000	0,017577		402								Tejido Urbano Discontinuo
402	252970100000000500013000000000	0,004417		403								Tejido Urbano Discontinuo
403	252970100000000280043000000000	0,00822		404								Hortalizas
404	252970100000000200007000000000	0,033386		405								Tejido Urbano Discontinuo
405	252970100000000280133000000000	0,011071		406								Tejido Urbano Discontinuo
406	252970100000000280040000000000	0,010862		407								Tejido Urbano Discontinuo
407	252970100000000280140000000000	0,012002		408								Tejido Urbano Discontinuo
408	252970100000000280139000000000	0,057344		409								Red Vial y Territorios Asociados
409	252970100000000280136000000000	0,029217		410								Pastos Enmalezados

NO PREDIOS	CÓDIGO	ÁREA TOTAL DENTRO DE LOS 250 M (HA)	ID_CAMPO	CONSECUTIV	VEREDA/BARRIO	DIRECCIÓN/UBICACIÓN	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TELEFONO	NOMBRE DEL ENCARGADO	TELEFONO2	TENENCIA	USO DEL PREDIO
410	252970100000000280137000000000	0,019883		411								Pastos Enmalezados
411	252970100000000280138000000000	0,049221		412								Red Vial y Territorios Asociados
412	252970100000000210010000000000	0,040252		413								Tejido Urbano Discontinuo
413	252970100000000280142000000000	0,025014		414								Arbustal Abierto Mesofilos

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

5.3.1 Objetivo general encuesta componente hidrológico

Complementar la información secundaria disponible sobre los eventos que se han presentado y han afectado el territorio de la Quebrada El Chulo en el proceso de acotamiento de la ronda hídrica.

5.3.2 Objetivos específicos encuesta componente hidrológico

- Identificar los tipos de eventos de emergencia que han afectado la Quebrada El Chulo.
- Identificar las afecciones por eventos que se han provocado en el municipio de Gachetá.
- Desarrollar transectos participativos y comunitarios para identificar los escenarios de riesgo de inundación.

5.4 DISPOSICIONES DEL SUELO DE ACUERDO CON EL EOT DE GACHETÁ

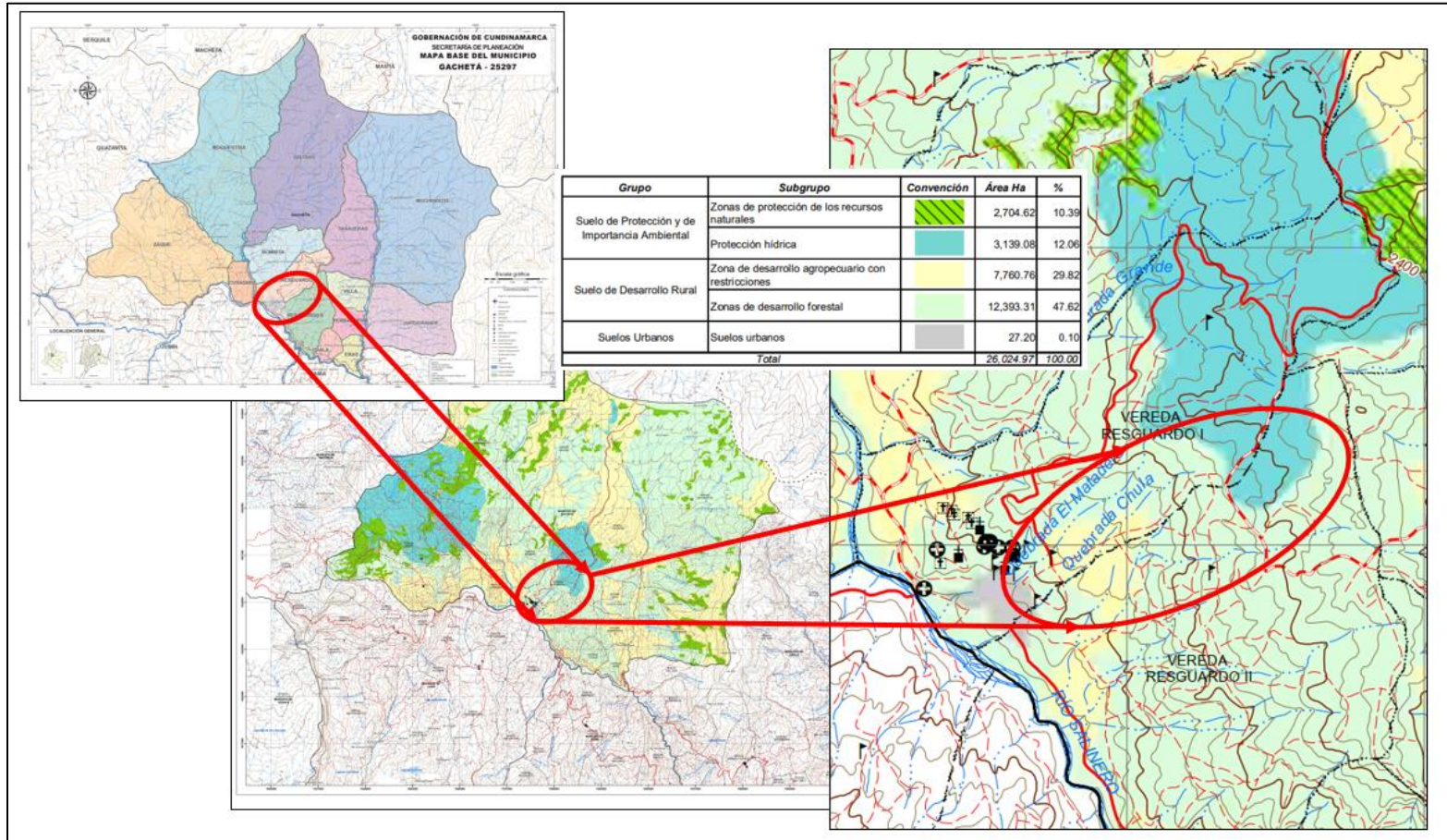
Se realizó una revisión al Acuerdo 15 del 6 de diciembre de 2001, “Por el cual se adopta el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Gachetá y se dictan otras disposiciones”, que el EOT vigente del municipio de Gachetá, específicamente en lo concerniente al uso del suelo para la zona de estudio y si se encontraba alguna disposición específica en relación con el acotamiento de cuerpos hídrico.

En relación al uso del suelo, las Veredas Resguardo I y II donde se encuentra gran parte de la zona de estudio se encuentran dentro de zona de protección hídrica, zona de desarrollo agropecuario con restricciones y una parte en la zona sur como suelo urbano como se puede apreciar en la Figura 5.14.



Por otra parte, el artículo décimo cuarto del EOT, “identificación y delimitación de los componentes del sistema ambiental”, el sistema ambiental del municipio está integrado por la zona para la protección hídrica, localizada en la zona rural, en una extensión de 30 metros a lado y lado de ríos y quebradas y de 5 a 3 metros a lado y lado de las corrientes menores, cuyo caudal discurre principalmente en época de verano

Así mismo, en el artículo cincuenta y cinco, “sistema de áreas de protección con influencia urbana”, menciona que está integrado por el área de protección y zona de riesgo, zona de protección hídrica de la Quebrada El Chulo.

Figura 5.14. Uso del suelo EOT zonas de estudio



Fuente: Adaptado Acuerdo 15 de 2001, EOT Gachetá

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---



Actualmente, La Quebrada El Chulo es una fuente de agua canalizada por tuberías de 24" y 36", la cual presenta ineficiencia en la conducción del flujo de agua y sedimentos, además de esto presenta escasa vegetación en su perímetro, la cual genera problemas de erosión, y así mismo aumento de la velocidad del agua de escorrentía, causando en épocas de invierno, altos caudales, que se reflejan en inundaciones en el casco urbano, en especial en las locaciones ubicadas en la carretera 2ª con calle 3ª. Por ello, la administración municipal propuso la conservación y preservación de áreas aferentes a la quebrada, con el propósito de evitar la construcción y explotación de material de forma, que se implementen bosques protectores, las cuales permiten que los suelos aumenten su capacidad de infiltración, y por ende se genere un equilibrio natural de los caudales.

Dentro de la zona que atraviesa la Quebrada El Chulo se encuentran las manzanas y/o lotes que se describen dentro de la siguiente tabla.

Tabla 5.3. Manzanas que atravieza la Quebrada El Chulo

MANZANA	DESCRIPCIÓN
Manzana 014:	Conformada por una buena cantidad de lotes algunos construidos y otros como lotes baldíos, son predios de gran tamaño con características suburbanas; cuyo uso es vivienda; esta manzana se encuentra afectada por la Quebrada El Chulo que en temporada de invierno se producen crecientes afectando así las construcciones aledañas al antiguo cauce de la misma.
Manzana 036:	Conformada por predios cuyos usos son principalmente de vivienda, se encuentra ubicado también la seccional de Corpoguavio y algún comercio de bajo impacto como pequeñas tiendas.
Manzana 021:	Conformada por predios de uso esencialmente vivienda y también se encuentra localizada la Escuela Policarpa Salavarrieta.
Manzana 023:	Conformada La Normal Departamental con sus canchas deportivas, también cuenta con muy pocos predios construidos de uso residencial las cuales se ven afectados en temporadas de alta pluviosidad por la quebrada el tablón la cual deciente de la parte norte del casco urbano provocando inundaciones y partiendo geográficamente esta manzana en dos.
- Manzana 029:	Conformada predios cuyas construcciones principales son resientes aproximadamente de los años 80s y 90s, cuyo uso principal es residencial.
Manzana 022:	Conformada por pocos predios construidos y en donde su principal uso corresponde al de vivienda con la presencia de algunos talleres, también se encuentra ubicado una zona destinada para la recreación y la práctica del football llamada el campincito.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia (2000)

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

6 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO

6.1 GENERALIDADES

Los procesos a desarrollar se encuentran enmarcados dentro de las especificaciones establecidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, para este tipo de trabajos.

Se seguirán los lineamientos técnicos de la resolución IGAC 1392 del 27 de octubre de 2016, por la cual se unifican las especificaciones mínimas para adelantar trabajos aerofotográficos, fotogramétricos, cartográficos, geodésicos y edafológicos. También se utilizan las siguientes resoluciones:

- Resolución IGAC 068 del 2005 por la cual se adopta como datum oficial para Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA SIRGAS.
- COLOMBIA. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). Resolución 197 de 2022. Por medio de la cual se modifica la resolución 471 y 529 de 2020 "Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia"
- COLOMBIA. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). Resolución 529 de 2020. Por medio de la cual se modifica la resolución 471 de 2020 "Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia"
- COLOMBIA. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). Resolución 471 de 2020. "Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia".
- Guía Metodológica para la Obtención de Alturas sobre el nivel medio del Mar utilizando el sistema GPS.
- Especificaciones técnicas dadas al inicio del contrato

6.2 ÁREA DE ESTUDIO Y LOCALIZACIÓN

La zona donde se realizará el levantamiento topo batimétrico del cauce permanente y área aferente de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá, veredas Resguardo I y Resguardo II, en una longitud de 250 m a cada margen del cauce se presenta en la Figura 6.1.



	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Figura 6.1. Localización zona de estudio



Fuente: Google Earth.

6.3 PUNTOS DE APOYO Y CONTROL



Para la georreferenciación de los trabajos de campo, se estableció una red GNSS que permite el amarre de los trabajos realizados en campo para el procesamiento de los datos capturados mediante técnicas convencionales de topobatimetría y sensores remotos UAV.

6.3.1 Georreferenciación de los vértices de la red geodésica

Se inició materializando la red GNSS principal del proyecto, la cual consta de una (1) pareja de vértices en las inmediaciones de la Quebrada El Chulo con denominaciones (GPS-#) ubicados estratégicamente en la zona de estudio, tratando de dar una cobertura general para todo el proyecto.

Dichos puntos se localizaron en zonas de fácil acceso para armar el equipo que posteriormente tome las mediciones del terreno.

La georreferenciación horizontal de la red geodésica del proyecto se determinó a partir de la red de estaciones continuas oficial para Colombia Magna Eco GARA Y BOGA las cuales hacen parte de la red SIRGAS-CON (Estaciones continuas del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas).

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

La ocupación se llevó a cabo utilizando un equipo como rover en cada punto, operando con observaciones continuas y simultáneas, con tiempos mínimos de rastreo calculados bajo la fórmula:

$$\text{Tiempo de rastreo} = 15 \text{ minutos} + (3 \text{ minutos} \times (\text{kilómetro longitud del vector base}))$$

Los tiempos de rastreo para cada punto también dependieron de las condiciones atmosféricas, el número de satélites visibles y la presencia de objetos que interfirieran con la señal.

La georreferenciación implicó entre otros los siguientes requerimientos:

- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 5
- Componente geométrico de la dilución de precisión PDOP < 4.
- Máscara de elevación de 10 grados.
- Exclusión de satélites descompuestos.
- Recolección de datos para tres dimensiones.
- Levantamiento en modo diferencial.
- Rata de rastreo y compactación de 1 segundo.

Cada grabación en campo cuenta con una memoria u hoja de control de registro de operación que contiene datos básicos como: el día GPS, nombre del punto, altura instrumental y horas de cada una de las sesiones, para controlar la cantidad de puntos por equipo y la coincidencia entre los tiempos de recepción.

De esta manera, la ocupación GNSS de esa pareja se realizó el día 25 de septiembre de 2022.

A continuación, se presenta el registro fotográfico de las actividades de rastreo GNSS.

Fotografía 6.1. Posicionamiento vértice GAC1



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Fotografía 6.2. Posicionamiento vértice GPS-1



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Fotografía 6.3. Posicionamiento vértice GPS-2



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 6.2. Localización general puntos GPS.





Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 6.3. Detalle localización puntos GPS.



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

6.3.2 Procesamiento de la información

Se realizó la descarga y procesamiento de la información para obtener las coordenadas de los vértices materializados, aplicando todos los pasos de la metodología IGAC para cálculo de puntos determinados por el sistema de GNSS.

Los pasos que se siguieron se relacionan a continuación:

- Sistema de coordenadas: Marco Geocéntrico Nacional De Referencia "MAGNA" para Colombia desde estaciones pasivas del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas "SIRGAS", el cual se denomina convencionalmente MAGNA-SIRGAS.
- Se llevó a cabo la solución de cada vector obtenido la verificación de cada antena y altura instrumental con los formatos de ocupación GNSS.
- Los residuales obtenidos para cada vector dentro del ajuste libre permitieron evaluar la calidad de cada posición, seleccionarlas y definir los vectores que serán sometidos al ajuste controlado, que arrojará las coordenadas finales del proyecto, bien sea geocéntricas (X, Y, Z) o geodésicas $[\lambda, \phi, h]$.
- Se realizó el cálculo de velocidades para cada punto y se aplicaron teniendo en cuenta la diferencia de épocas: de rastreo 2022.7 y época de referencia 2018.0.
- Obtención de coordenadas calculadas de las estaciones continuas SIRGAS-CON GARA y BOGA, para la semana 2225 desde la página web respectiva: <http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/>.
- Obtención de las efemérides para todos los días de proceso GNSS, desde la página https://cdis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/orbit_products.html/
- Conversión de Coordenadas a proyección plana Origen Único Nacional.

6.3.3 Precisiones

Asumiendo una buena distribución geométrica de los satélites en el espacio (PDOP <5), más de 4 satélites comunes entre el receptor de la base y remoto, ausencia de los objetos que produzcan múltiples reflexiones de las señales y periodos de baja actividad atmosférica con receptores GNSS de doble frecuencia se obtiene en modo Estático:

- Horizontal: 0.020 m + 1.0 ppm
- Vertical: 0.050 m + 1.0 ppm

- Azimut: $0.15 + 1.5 / \text{Long. De la línea base (Km)}$.

6.3.4 Coordenadas ajustadas

A continuación, se presenta el resumen de coordenadas ajustadas, para la red geodésica en zona de interés Quebrada El Chulo, en época de referencia 2018.0.

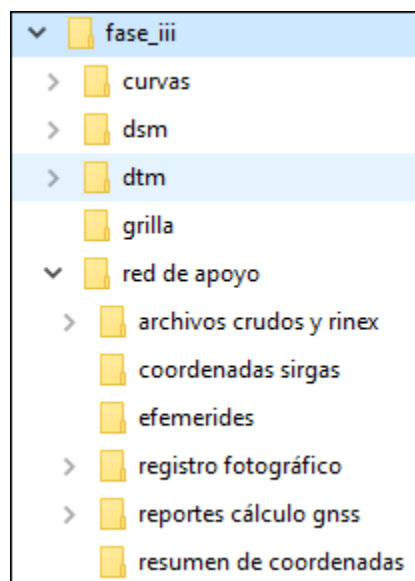
Tabla 6.1. Resumen de Coordenadas Red GNSS Quebrada El Chulo

2018,00										
Punto	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		ORIGEN CORRESPONDIENTE	COORDENADAS GEODESICAS			COORDENADAS GEOCÉNTRICAS			Altura Ortométrica (msnm)
	Este (m)	Norte (m)		Latitud N	Longitud W	Altr. Elipsoidal	X,m	Y,m	Z,m	
GAC-01	4929915,101	2090388,673	Nacional	4°49'03.93389"	73°37'56.25781"	1816,118	1791565,489000	-6099908,832500	532257,814400	1794,455
GPS-01	4929814,135	2090365,641	Nacional	4°49'03.18045"	73°37'59.53620"	1799,017	1791464,282400	-6099922,822400	532233,309700	1777,354
GPS-02	4929838,998	2090414,405	Nacional	4°49'04.76989"	73°37'58.73018"	1804,517	1791488,507600	-6099917,144900	532282,436200	1782,854



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

En el Anexo 10, red de apoyo, resumen de coordenadas se incluye la tabla presentada.

Figura 6.4. Archivos anexo 10



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

6.4 LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO

6.4.1 Actividades preliminares

Antes de iniciar los trabajos correspondientes a esta actividad, se revisó el buen estado y funcionamiento de los equipos a utilizar en el proyecto para garantizar la calidad del trabajo. Los levantamientos se llevaron a cabo con Estación Total con Cartera Electrónica, codificando cada detalle levantado, de manera que existe una nomenclatura única que facilita la interpretación de las carteras, este equipo incluye la cartera electrónica y el programa de proceso.

6.4.2 Georreferenciación Horizontal



Además de los vértices pertenecientes a la red geodésica principal del proyecto, se realizó la determinación de deltas para el armado de Estación Total, los cuales se llevaron a cabo por medio del sistema global de navegación por satélite (GNSS), en modo estático diferencial, empleando para dicha labor georreceptores de primer orden de doble frecuencia, que se usaron como base y como rover (o remotos) y se instalaron en cada uno de los puntos a determinar, operando con observaciones continuas y simultáneas respecto al punto base.

A continuación, se presenta un avance del registro fotográfico de las actividades de posicionamiento de los deltas de armado para captura de información topográfica.

Fotografía 6.4. Posicionamiento vértices de apoyo AT10, AT11 y AT19



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Fotografía 6.5. Posicionamiento vértices de apoyo AT20, AT22 y AT23



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

6.4.3 Levantamiento secciones topobatimétricas Estación Total

Para el levantamiento topobatimétrico de la Quebrada El Chulo, se utilizó el método de topografía convencional con Estación Total, georreferenciando los levantamientos a partir de los vértices previamente georreferenciados, realizando radiaciones simples por cada sección transversal a los cauces correspondientes.

Se realiza la captura de las profundidades de la quebrada, levantando secciones transversales cada 40 metros máximo, tratando de mantener uniformidad y distancia entre sección y sección.

Los trabajos de levantamiento topobatimétrico de la zona de estudio, se ejecutaron entre el 26 y el 28 de septiembre 2022 y se levantaron treinta (30) secciones.

A continuación, se muestra un registro fotográfico de las actividades realizadas.

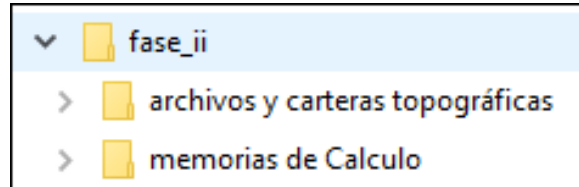
Fotografía 6.6. Levantamiento Topobatómico Estación Total



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

En el Anexo 9 se incluyen los productos solicitados.

Figura 6.5. Archivos anexo 9



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 6.6. Densidad de información levantada Quebrada El Chulo

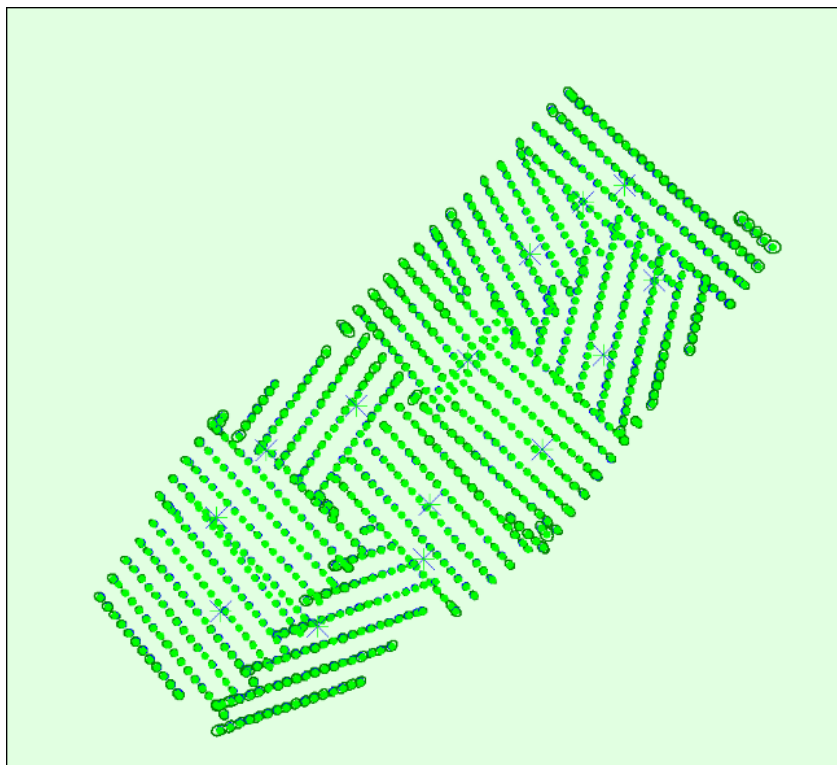


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

6.5 LEVANTAMIENTO PUNTOS FOTOCONTROL

A continuación, se presenta la localización de los puntos de fotocontrol en la zona de proyecto y un registro fotográfico del levantamiento:

Figura 6.7. Localización puntos de fotocontrol

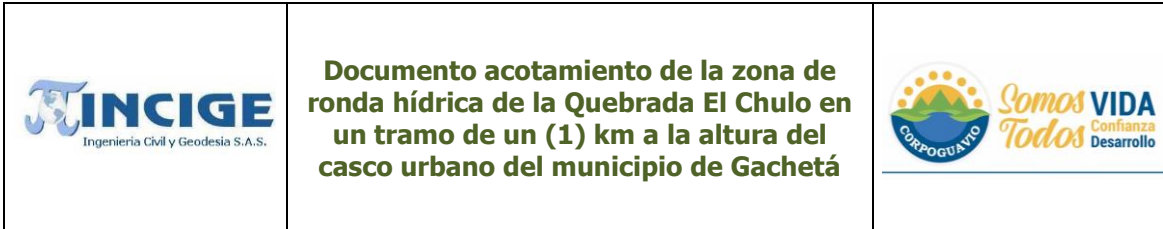


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Fotografía 6.7. Levantamiento puntos fotocontrol

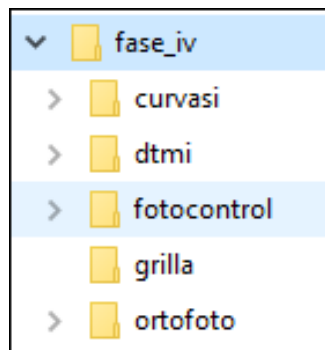


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.





En el Anexo 11 se incluye el registro fotográfico de los puntos de apoyo fotocontrol levantados.

Figura 6.8. Archivos anexo 11



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

7 LEVANTAMIENTO LIDAR

La consecución del vuelo de toma de datos mediante sensor remoto UAV se divide en varias fases antes de dar por finalizado completamente el periodo de vuelo. Entre las fases a llevar a cabo podemos destacar la planificación del vuelo, la petición y obtención de autorización de acceso a la zona de los levantamientos, los vuelos de toma de datos (acompañados de apoyo de campo en caso necesario) y el control de calidad inicial sobre los datos, imprescindible para dar por finalizados los vuelos.

7.1 AERONAVE Y SENSOR EMPLEADO



Se realizó un sobrevuelo de la zona de estudio mediante aeronave UAV con cámara integrada de 20 megapíxeles, la cual permite la captura de imágenes aéreas RGB para su posterior procesamiento y obtención de productos cartográficos.

El sobrevuelo del área de interés se realizó mediante dron DJI PHANTOM 4 PRO V2, el cual cumple con los requisitos del Anexo, en el acápite de *Levantamiento y procesamiento de datos LiDAR* y es una aeronave UAV cuya sustentación es de tipo multirrotor, que pueden despegar o aterrizar de forma vertical sin requerir de infraestructura externa. Este tipo de aeronaves presentan un alto nivel de maniobrabilidad, pudiendo realizar desde vuelos estacionarios hasta de maniobras de elevado nivel de precisión, lo que permite llevar a cabo misiones tanto en interiores como en exteriores.

Figura 7.1. Aeronave utilizada en levantamiento



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

El sensor utilizado puede grabar videos 4K a un máximo de 60 fotogramas por segundo y tomar fotografías de 20 megapíxeles con gran nitidez y claridad gracias a su sensor CMOS de 1 pulgada. Su obturador mecánico y enfoque automático captan las mejores tomas aéreas.

Figura 7.2. Cámara con sensor de 20 MP de 1 pulgada



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

7.2 PLANIFICACIÓN DEL VUELO

Para la generación de los planes de vuelo que cumplan con el cubrimiento de datos y requerimientos técnicos, se estudiaron además las restricciones de vuelo por aspectos de seguridad de los trabajos, estableciéndose de acuerdo con el cliente y el proveedor de la aeronave. Se delimitaron las zonas con restricciones especiales a la realización de los vuelos de toma de datos y se modificaron los parámetros de vuelo en función de dichas restricciones.

Con base en esta información se generó un plan de vuelo previo sobre la zona de trabajo para el diseño de la solución técnica más adecuada, mediante software especializado, dónde se configuran los parámetros de captura de las imágenes como son: área a cubrir, altura del vuelo, velocidad de toma, ángulo de toma, traslape de las imágenes, a continuación, se describen las características principales de los planes de sobrevuelo propuestos, mediante UAV.

- Diseño del plan de vuelo para fotografías aéreas de alta resolución de píxel (GSD) 5-10 centímetros sobre el terreno para la generación de productos cartográficos.
- El vuelo cubre el 100% del área de intereses requerida.
- Traslapes longitudinales y transversales mínimos del 75% y 65% respectivamente.
- Las condiciones meteorológicas: se consultaron con las entidades especializadas (particularmente el IDEAM), las condiciones atmosféricas

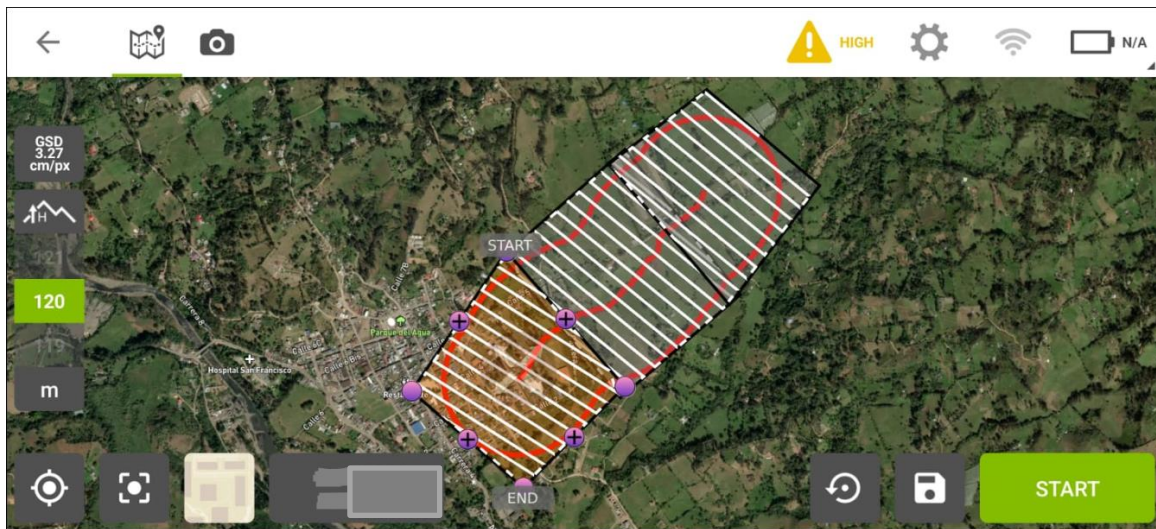
esperadas en la zona de los trabajos, con el objeto de realizar la planeación de los respectivos trabajos de captura de información fotogramétrica y en general todas aquellas variables que puedan desplazar el cronograma del proyecto.

- Se contó con todos los permisos de la autoridad competente y se cumplió a cabalidad con las disposiciones de la legislación colombiana para efectuar estas actividades.
- Las Imágenes aéreas digitales fueron tomadas con un sensor digital fotogramétrico, con resolución espectral RGB.

Una vez planificado el vuelo mediante el sensor UAV, se desarrollaron las siguientes actividades para la ejecución del trabajo de campo:

- Planificación de puntos de control para la posterior determinación de coordenadas precisas mediante técnicas topográficas.
- Verificación de las condiciones climáticas para la correcta operación de la aeronave y garantizar la calidad de las imágenes capturadas.



Figura 7.3. Planificación de vuelo mediante sensor UAV



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

7.3 VUELO TOMA DE DATOS

Verificadas todas las condiciones se procedió a ejecutar el vuelo fotogramétrico, se armó la aeronave, se confirmó su estado de la calibración y se procedió a realizar el cargue del plan de vuelo. El vuelo se ejecutó bajo un estricto protocolo de chequeo

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

y pre-vuelo, garantizando las condiciones de seguridad y calidad de la operación. Se ejecutaron varias misiones sobre el área total a cubrir. Por último, se verificó que las imágenes contaran con la calidad requerida y el cubrimiento total de la zona.

7.4 CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA CAPTURA DE DATOS

El control de calidad durante la toma de datos es llevado a cabo por el operador del dron durante el vuelo. En el proceso de toma de datos el operador observa los siguientes parámetros para asegurar que la toma de datos se realiza correctamente:

- Rango de la señal. Comprobación de que la altura de vuelo es correcta y estable para el rango de distancias que se está midiendo.
- Comprobación de que los datos que se están tomando se están almacenando correctamente.
- Número de satélites que se reciben y el valor PDOP.

Cabe destacar que el control de calidad se puede consultar en el Anexo 11.



7.5 CAPTURA DE DATOS

La captura de datos por condiciones climáticas se realizó los días 2 y 3 de septiembre de 2022.

7.6 CONTROL DE CALIDAD DESPUÉS DE LA CAPTURA DE DATOS

Integridad y cobertura total de fotos

Dentro del control de calidad inicial se comprueba que los datos tomados cubren completamente la superficie a escanear y que no existen gaps (zonas sin datos) de ningún tipo en el set de datos obtenido. Para ello se proyecta la cobertura de las imágenes digitales capturadas durante la toma de datos sobre la frontera de la zona de interés.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

8 GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA DIGITAL Y MODELO DIGITAL DE TERRENO

8.1 ALCANCE

Los productos a entregar son:

- Ortofotomosaico del área levantada con pixel (GSD) 5-10 centímetros (formato compatible con GIS)
- Archivo con el modelo digital del terreno con resolución mínima de 15 centímetros píxel en formato GIS
- Curvas de nivel cada 20 centímetros
- Archivo con modelo digital de superficie con resolución mínima de 15 centímetros por píxel en formato GIS

Las fotografías aéreas deben tener las siguientes características.

- Resolución espacial ≤ 10 cm/píxel
- Proyección MAGNA SIRGAS COLOMBIA – BOGOTA



Las imágenes capturadas para el proyecto deben contar con un proceso de Ortorectificación que permita el ensamblaje de un ortofotomosaico de la zona de trabajo del proyecto, cumpliendo con los siguientes parámetros:

- Nubosidad menor al 10%
- Puntos de fotocontrol en tierra

Se seguirán los lineamientos técnicos de la resolución IGAC 1392 del 27 de octubre de 2016, por la cual se unifican las especificaciones mínimas para adelantar trabajos aerofotogramétricos, fotogramétricos, cartográficos, geodésicos y edafológicos.

8.2 DOCUMENTOS BASE Y DE REFERENCIA

- Resolución IGAC 1392 del 2016 por la cual se dictaminan las especificaciones técnicas mínimas para la generación de Cartografía Básica Nacional.
- Resolución IGAC 068 del 2005 por la cual se adopta como datum oficial para Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA SIRGAS.
- COLOMBIA. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). Resolución 197 de 2022. Por medio de la cual se modifica la resolución 471 y 529 de 2020 "Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia”.

- COLOMBIA. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). Resolución 529 de 2020. Por medio de la cual se modifica la resolución 471 de 2020 “Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia”.
- COLOMBIA. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). Resolución 471 de 2020. “Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia”.
- Guía Metodológica para la Obtención de Alturas sobre el nivel medio del Mar utilizando el sistema GPS.
- Especificaciones técnicas dadas al inicio del contrato.

8.3 METODOLOGÍA

Para el proyecto se plantean las siguientes actividades en cumplimiento de las resoluciones del IGAC y las especificaciones técnicas dadas por el GIT de Geodesia del INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC.

- Captura, rectificación y generación de orto-fotomosaico a color RGB de alta resolución con GSD ≤ 10 cm.
- Generación de entregables y control de calidad final.

8.4 SISTEMA DE REFERENCIA

El sistema de referencia es datum MAGNA SIRGAS origen Gauss Bogotá, con alturas referidas al datum BUENAVENTURA.

8.5 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN UAV

El procesamiento de la información consiste en la calibración de las imágenes capturadas y georreferenciación horizontal y vertical a partir de los puntos de control previamente determinados.

8.6 PRODUCTOS OBTENIDOS

Con los datos capturados por sensores remotos, una vez realizado el procesamiento de la información se obtienen los siguientes productos cartográficos finales:

- Ortofotomosaico

- DSM: Modelo Digital de superficie
- DTM: Modelo Digital de terreno

Este último se utiliza como insumo para obtener el Modelo Digital de Terreno Topobatómico, integrándolo con los datos capturados en campo de la batimetría de la Quebrada El Chulo.

8.7 PRODUCTOS OBTENIDOS - ORTOFOTOMOSAICO



La producción del ortofotomosaico es el resultado del enlace de todas las fotografías aéreas, métricas, verticales, donde se visualizan las coordenadas y se eliminan las distorsiones y los errores de empalme. La obtención del ortofotomosaico se realizó por el proceso de fotogrametría digital y es una representación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico.

En la Figura 8.1 se presenta el ortofotomosaico obtenido del levantamiento mediante el sensor remoto.

Figura 8.1. Ortofotomosaico formato TIF



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

A continuación, se evidencia una vista detallada con la máxima resolución de la ortofoto a color (RGB).

Figura 8.2. Ortofotografía detallada en máxima resolución a color (RGB)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

8.8 VALIDACIÓN DE ORTOFOTOGRAFÍA

Tras la generación de la ortofotografía, se realiza un proceso de control de calidad de la misma, donde se verifica que esta cumpla con los parámetros establecidos por la norma técnica consignada en las resoluciones 471 y 529 del IGAC; para esto se evalúan diferentes parámetros, los cuales se describen a continuación.

En primer lugar, se evaluó el porcentaje de omisión, donde se verifica que, con respecto al límite del proyecto, no existan áreas faltantes en la ortofoto, en este caso no se presenta omisión en área; por lo tanto, se cumple con esta medida.

Otro aspecto que se evalúa, es la resolución espacial, que hace referencia al tamaño del pixel, en este caso se cumple con una resolución espacial (GSD) de 5 cm para la escala 1:2.000, donde la norma técnica exige un máximo de 20 cm, por lo cual, se cumple con este parámetro. A continuación, se presenta la especificación de la resolución espacial, requerida por la normativa técnica según la escala del proyecto.

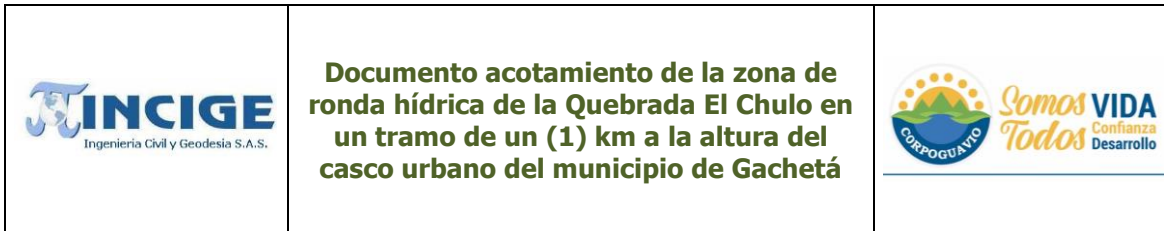


Figura 8.3. Resolución espacial requerida por la norma técnica, según la escala del proyecto

Producto	GSD (cm)
Orto10	10
Orto20	20
Orto50	50
Orto100	100
Orto250	250

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Se evalúa también la resolución espectral, que corresponde al número de bandas de la imagen, según la norma técnica esta ortofoto debe tener un mínimo de 3 bandas espectrales, en este caso la ortofotografía presenta 3 bandas en color (RGB); por lo tanto, se cumple con esta medida de calidad.

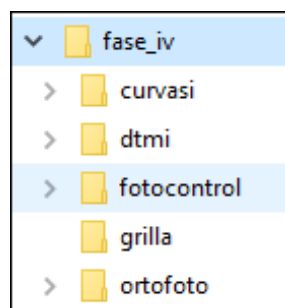
Adicionalmente, se evalúa el balance radiométrico de la ortofotografía, donde se hace una revisión visual y mediante el histograma de colores, de la intensidad, el brillo y el contraste de la ortofotografía, donde los errores que se encontraron fueron corregidos, entregando un producto acorde a la normatividad establecida.

Posterior a esto se hace una evaluación posicional, donde se verifica cada uno de los puntos de control, verificando que se encuentren ubicados correctamente y que cumplan con los parámetros establecidos, para así garantizar un producto final de buena calidad.

Para finalizar se aclara, que estos productos son evaluados por un grupo de trabajo diferente al productor, donde se realizan las pruebas anteriormente mencionadas y los resultados obtenidos más ampliamente, con el fin de comprobar su cumplimiento de acuerdo a la resolución del IGAC vigente.

En el Anexo 11 se incluye el ortofotomosaico generado.

Figura 8.4. Archivos anexo 11

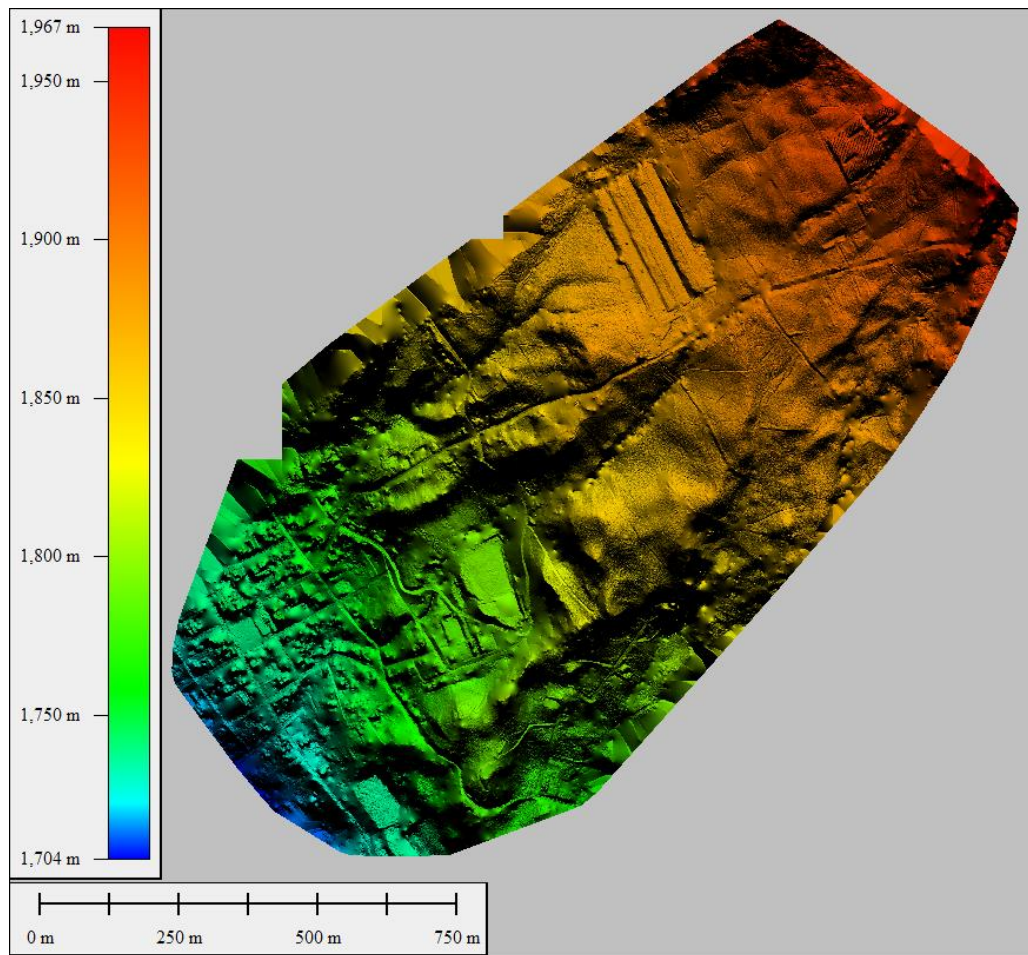


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

8.9 PRODUCTOS OBTENIDOS – MODELO DIGITAL DEL TERRENO

El DTM o MDT se produce automáticamente, el producto generado se muestra en la Figura 8.5:

Figura 8.5. Modelo de terreno - DTM

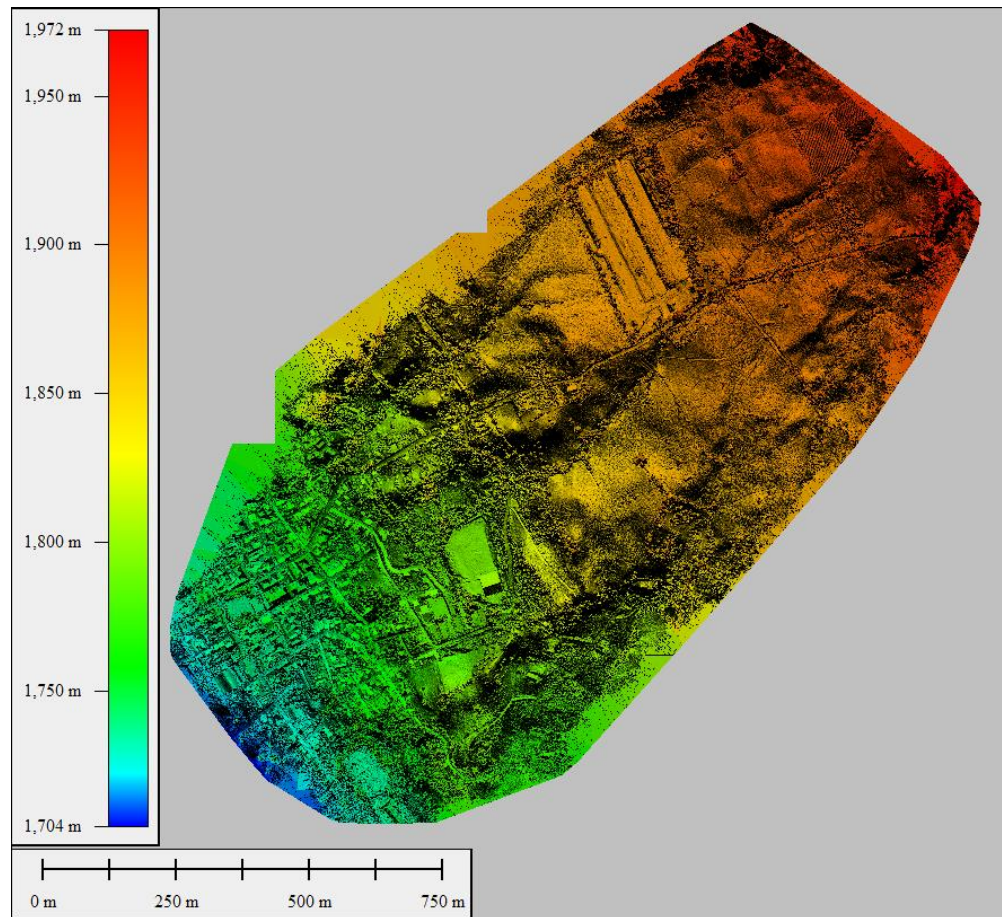


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

8.10 PRODUCTOS OBTENIDOS – MODELO DIGITAL DE SUPERFICIE

El modelo digital de superficie - DSM representa la superficie de la tierra e incluye todos los objetos en ella, también se obtiene de forma automática.

Figura 8.6. Modelo de superficie - DSM



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

8.11 MODELO DIGITAL DE TERRENO INTEGRADO - DTMI

Para el procesamiento de las batimetrías se tuvieron en cuenta los siguientes insumos:

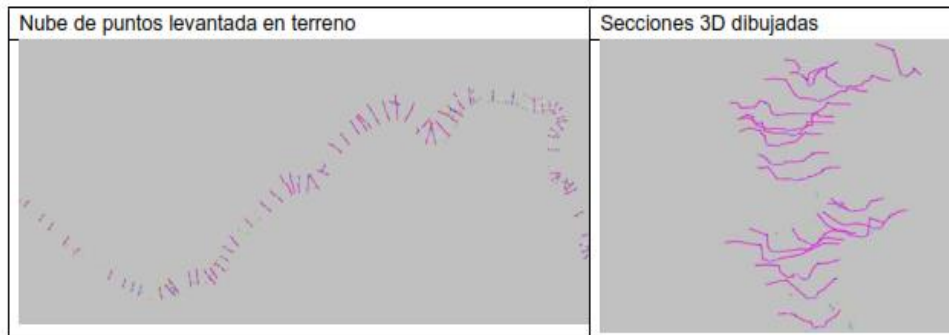
- Nube de puntos resultante de las batimetrías.
- Secciones batimétricas dibujadas tridimensionalmente (Polilíneas 3D).
- Fotografías aéreas.
- Ortofotografías del proyecto.
- Fotocontrol y apoyo geodésico.

Con los insumos anteriormente mencionados, se procedió a la verificación estereoscópica en estación fotogramétrica digital de la nube de puntos resultante del levantamiento topobatimétrico y de las secciones dibujadas en 3D, con el fin de

observar si se encuentran inconsistencias horizontales y verticales de los datos, los cuales se corrigen apoyándose en registros fotográficos y carteras de campo en el postproceso de la información levantada en el terreno, de tal manera que entre la producción fotogramétrica y los datos de campo exista una coherencia geométrica.

Una vez verificada la totalidad de las secciones levantadas en campo ya procesadas, se procede a realizar una malla tridimensional que mantenga la pendiente entre secciones, ejercicio realizado únicamente dentro de la zona del cauce, de tal manera que sea posible utilizar el modelo de terreno obtenido con el sensor UAV en las zonas exteriores a este.

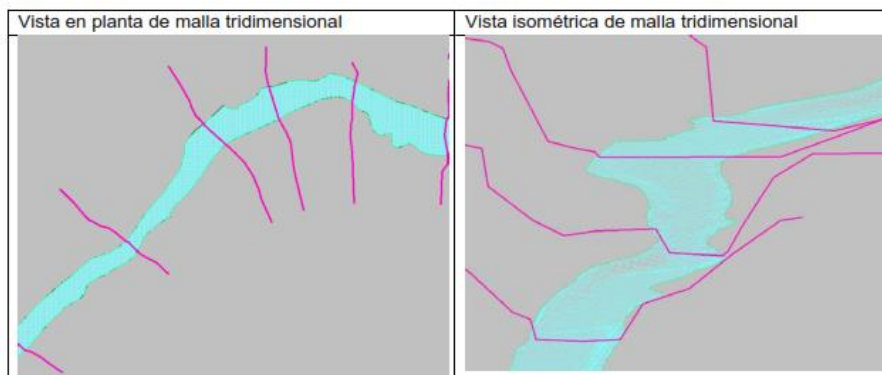
Figura 8.7. Nube de puntos levantada en terreno – Secciones 3D dibujadas



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

La malla tridimensional es posteriormente utilizada para la integración con el modelo de terreno obtenido con el sensor UAV y generar el Modelo Digital de Terreno Integrado (Sensor UAV y batimétrico).

Figura 8.8. Vistas planta y 3D malla tridimensional



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

En la Figura 8.9 se observa en color rojo la zona donde se realizó el levantamiento batimétrico:

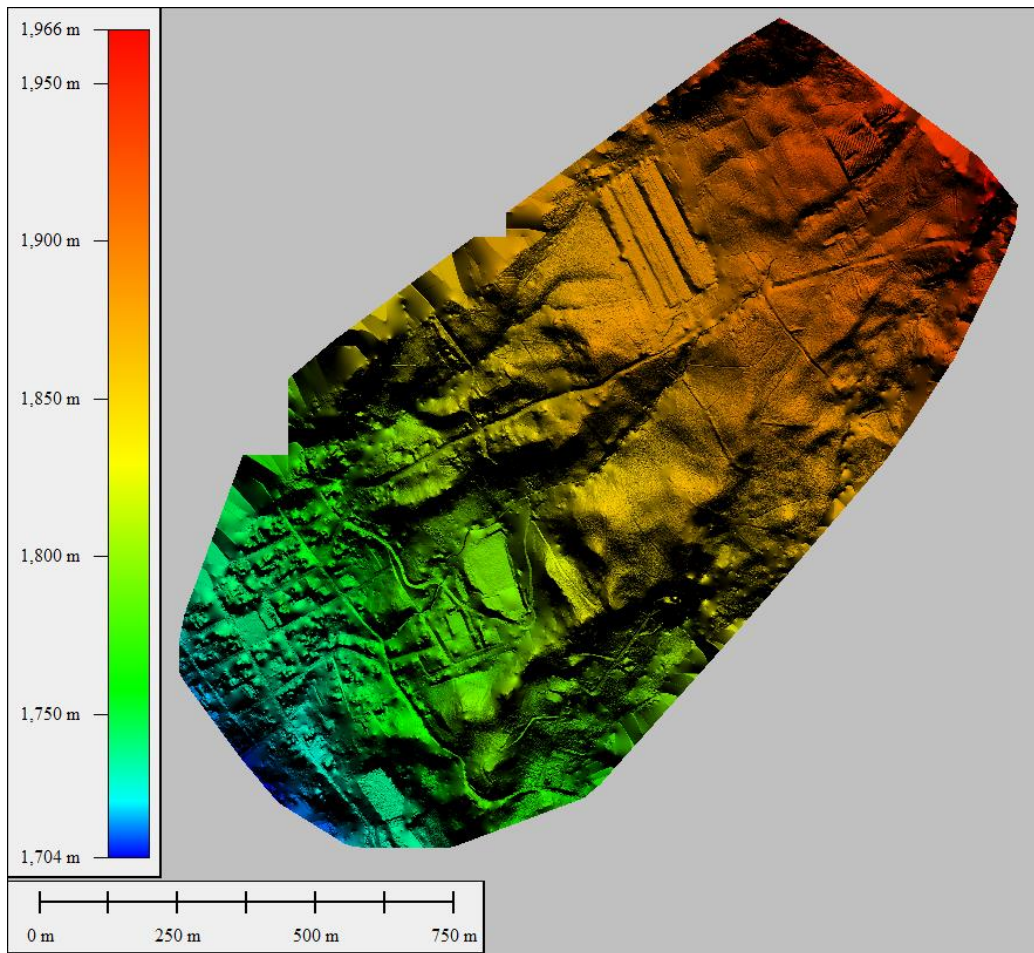
Figura 8.9. Zona levantamiento batimétrico



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Una vez procesadas e interpoladas las secciones transversales levantadas en el terreno, se procede con la generación del modelo de terreno batimétrico y realizados los controles de calidad respectivos, se realiza la integración del modelo de terreno obtenido con el sensor UAV y el modelo de terreno batimétrico, generando un único modelo.

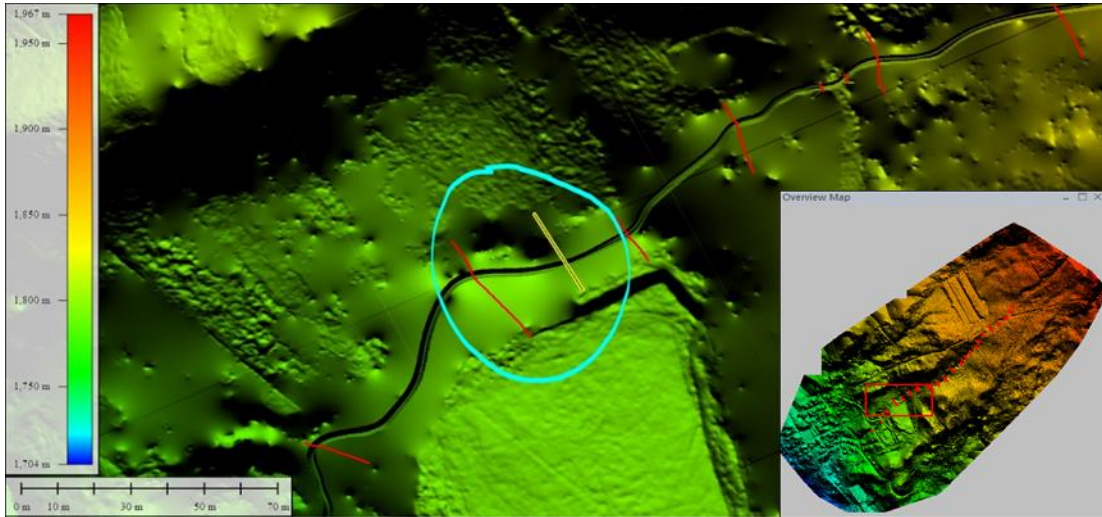
Figura 8.10. Modelo de terreno integrado, fotogramétrico & batimétrico



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

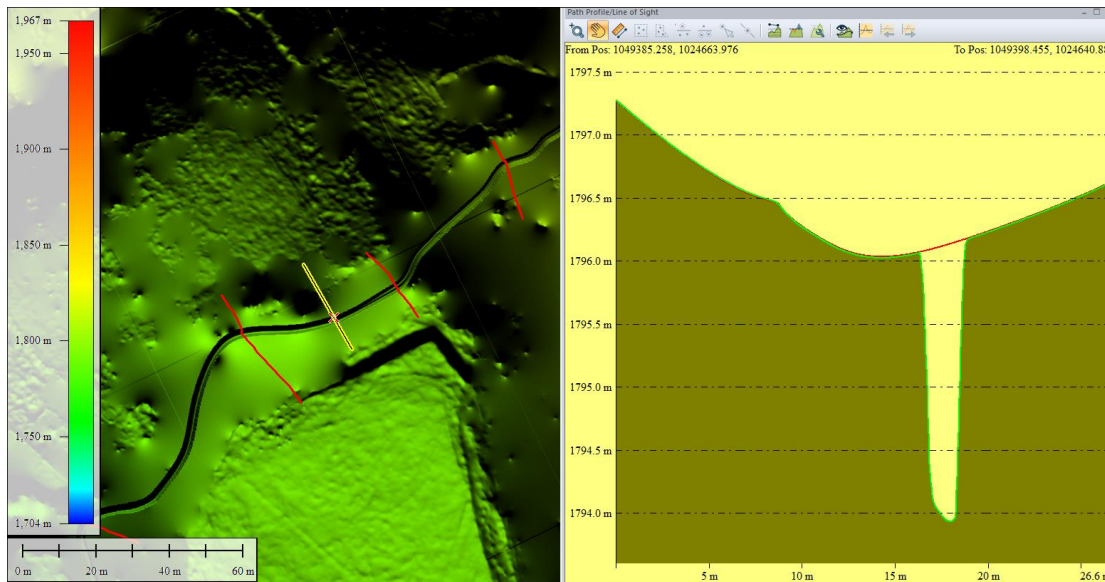
En las siguientes figuras se presenta un detalle de los modelos obtenido con sensor UAV e integrado, donde se evidencia la presencia del drenaje levantado, en el perfil el modelo de terreno obtenido con sensor UAV es rojo y el modelo de terreno integrado es verde:

Figura 8.11. Detalle planta de los modelos sensor UAV e integrado



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

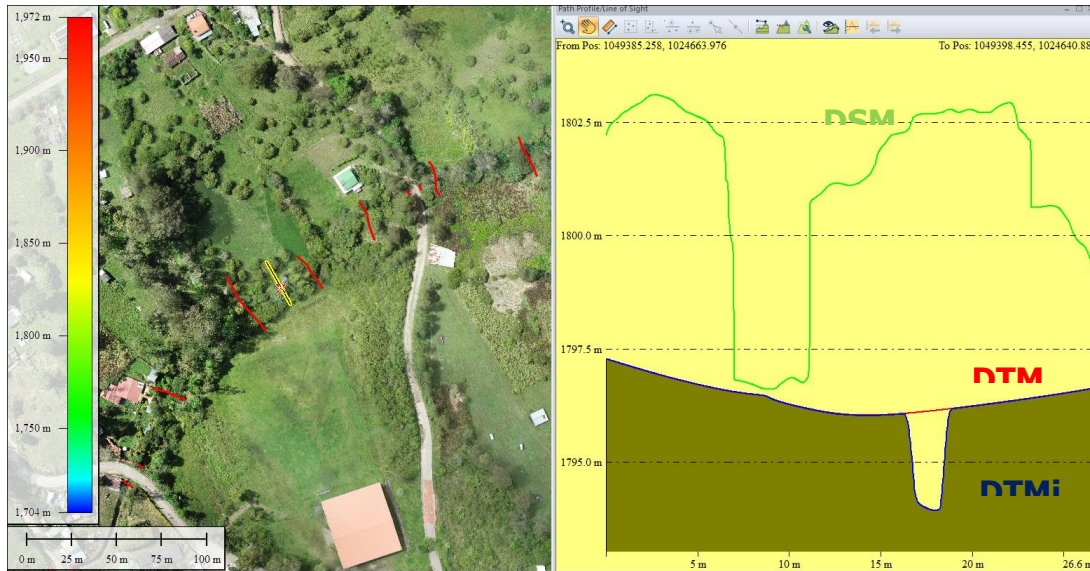
Figura 8.12. Detalle planta - perfil de los modelos sensor UAV e integrado



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Para el control de calidad se utilizan los modelos de terreno sensor UAV (DTM), de superficie (DSM) e integrado (DTMi) sobre la ortofoto, como se observa en la Figura 8.13

Figura 8.13. Detalle verificación consistencia DTMi con DTM y DSM sobre ortofoto



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

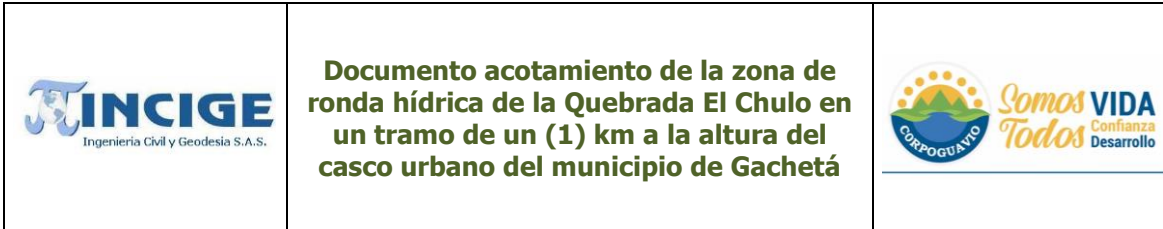
8.11.1 Curvas de nivel

A partir del modelo de terreno integrado se generan las curvas de nivel cada 20 centímetros que se presentan en la Figura 8.14:

Figura 8.14. Curvas de nivel cada 20 centímetros

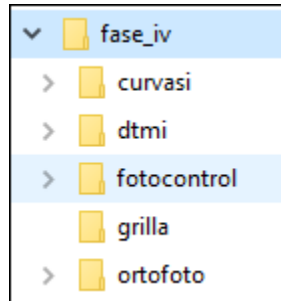


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.





En el Anexo 11 se incluyen los productos solicitados, donde se encuentran el modelo de terreno integrado (modelo de terreno sensor UAV y modelo de terreno batimétrico) y las curvas de nivel generadas a partir de dicho modelo integrado.

Figura 8.15. Archivos anexo 11



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p style="text-align: center;">Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

9 MODELACIÓN HIDRÁULICA E HIDROLÓGICA

El componente hidrológico de la ronda hídrica está determinado por la zona que utiliza la corriente para sus funciones de transporte y almacenamiento temporal del agua y los sedimentos, durante los eventos de crecida en las temporadas de aguas altas, propias de la variabilidad climática y de expectativas razonables del cambio climático. Se requiere que esta zona esté en condiciones naturales y que no tenga obstáculos artificiales que impidan el flujo o el almacenamiento temporal de agua y sedimentos.

Cuando la corriente no puede transportar y/o almacenar temporalmente el agua y los sedimentos, se empiezan a presentar alteraciones morfológicas que se propagan a lo largo del cauce en ambas direcciones, aguas arriba y aguas abajo, y compromete a sus afluentes. En muchos casos estas alteraciones implican un aumento en los niveles del flujo durante las crecidas lo que constituye un peligroso aumento en la amenaza de inundaciones.

La corriente debe poder realizar las funciones con holgura para eventos de crecida característicos de condiciones normales o medias en la fase fría del fenómeno ENOS, o sea durante La Niña. Se puede considerar que las crecidas representativas de las condiciones máximas durante una temporada "normal" de La Niña se pueden asociar a una crecida con un período de recurrencia de 15 años.



En cauces naturales donde es posible el almacenamiento temporal del agua y sedimentos en sus inmediaciones, el componente hidrológico de la ronda hídrica se puede definir por la zona que queda debajo del nivel de aguas máximas de una crecida con un período de retorno de 15 años, mientras que en cauces muy intervenidos, que han perdido su naturalidad y donde no se han dejado posibilidades para el almacenamiento temporal de agua y sedimentos, el componente hidrológico de la ronda hídrica se debe definir por el espacio que requiere el flujo en un evento de mayor importancia y al menos con 100 años de período de retorno. En estos casos, se debe hacer un análisis de los impactos de las intervenciones aguas arriba y aguas abajo, las necesidades de elementos de mitigación o de medidas sostenibles para garantizar la seguridad.

9.1 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

9.1.1 Aspectos Generales

9.1.1.1 Información Utilizada

La información primaria utilizada correspondió a la levantada directamente en oficina y campo, así:

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

✓ **Información primaria**

- Delimitación de la cuenca de la Quebrada El Chulo.

✓ **Información secundaria**

Se utilizó la siguiente información disponible:

- Cartografía base a escala 1:25.000 proveniente de la GDB del POMCA del río Guavio.
- Información hidrometeorológica de estaciones bajo jurisdicción del IDEAM, más adelante descrita.

9.1.2 Caracterización morfométrica de la cuenca

9.1.2.1 Factores de área de la cuenca

9.1.2.1.1 Área de Drenaje de la Cuenca (AC) [km²]

Es la proyección horizontal del área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. El sitio que recoge toda la escorrentía que se produce en una cuenca hidrográfica se denomina punto de concentración.

De acuerdo con su extensión, las cuencas se pueden definir de acuerdo con la clasificación que se presenta en la Tabla 9.1.

Tabla 9.1. Definición de cuencas

AC [KM ²]	NOMBRE
<5	Unidad
5-20	Sector
20-100	Microcuenca
100-300	Subcuenca
>300	Cuenca

Fuente: (Reyes et al, 2010).

En la Tabla 9.2 y Tabla 9.3, se describe que el área de estudio de la Quebrada El Chulo es clasificada como una unidad, debido a que su tamaño (área) es menor a 5 km², lo cual influye directamente en la producción potencial de agua y/o caudales producidos por la misma.

Tabla 9.2. Área de la cuenca

CUENCA	ÁREA KM ²	DESCRIPCIÓN
Quebrada El Chulo	1.13	Unidad

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.



	<p align="center">Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	---	---

Tabla 9.3. Área subcuencas Quebrada El Chulo

UNIDAD	ÁREA KM ²	DESCRIPCIÓN
Subcuenca 1	0.21	Unidad
Subcuenca 2	0.54	Unidad
Área de drenaje	0.38	Unidad

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Se aclara que la idea es modelar la cuenca de forma tal que se asemeje el modelo a la realidad. En este sentido, se decidió dividir la cuenca en dos subcuencas y un área de drenaje, para así realizar un mejor análisis de las tendencias y parámetros que influyen en la producción del caudal.

9.1.2.1.2 Perímetro de la Cuenca (P)

El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea divisoria de la cuenca es un parámetro importante, pues en conexión con el área permite inferir sobre la forma de la cuenca. Usualmente este parámetro físico es simbolizado por la mayúscula P.

La Tabla 9.4 y Tabla 9.5, se muestra el perímetro que comprende la unidad Quebrada El Chulo y sus unidades hidrográficas.

Tabla 9.4. Perímetro de la cuenca

CUENCA	PERIMETRO KM
Quebrada El Chulo	7.19

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Tabla 9.5. Perímetro subcuencas Quebrada El Chulo

UNIDAD	PERIMETRO KM
Subcuenca 1	2.76
Subcuenca 2	4.30
Área de drenaje	3.43

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Si bien el perímetro es una medida o parámetro que no indica nada por sí solo, se convierte en un insumo fundamental para el cálculo de los parámetros de forma de la cuenca. Partiendo del enunciado que dice: “De todas las figuras planas con igual perímetro, el círculo es la de mayor área”. Y conociendo que dicha forma de cuenca tiende a ser la más torrencial y por ende la menos conveniente.

9.1.2.1.3 Longitud Recta de la Cuenca

Es la longitud de una línea recta con dirección “paralela” al cauce principal. En la Tabla 9.6 y Tabla 9.7, se describe la longitud recta de la cuenca Quebrada El Chulo y sus unidades hidrográficas.



	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Tabla 9.6. Longitud recta de la cuenca

CUENCA	LONGITUD RECTA DE LA CUENCA (KM)
Quebrada El Chulo	3.14

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Tabla 9.7. Longitud recta de la subcuencas Quebrada El Chulo

SUBCUENCA/ AREA DE DRENAJE	LONGITUD RECTA DE LA CUENCA (KM)
Subcuenca 1	1.19
Subcuenca 2	1.90
Área de drenaje	1.31

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.1.2.1.4 Ancho de la Cuenca (w)

Es la relación entre el área de drenaje de la cuenca y la longitud de esta. En la Tabla 9.8 y Tabla 9.9, se describe el ancho de la cuenca Quebrada El Chulo y sus unidades hidrográficas.

Tabla 9.8. Ancho de la cuenca

CUENCA	ANCHO DE LA CUENCA (KM)
Quebrada El Chulo	0.61

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Tabla 9.9. Ancho de la subcuencas Quebrada El Chulo

UNIDAD	ANCHO DE LA CUENCA (KM)
Subcuenca 1	0.23
Subcuenca 2	0.39
Área de drenaje	0.23

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.



9.1.2.2 Factores de Forma de la Cuenca

Los factores geológicos, principalmente, son los encargados de moldear la fisiografía de una región y particularmente la forma que tienen las cuencas hidrográficas.

Para explicar cuantitativamente la forma de la cuenca, se compara la cuenca con figuras geométricas conocidas como lo son: el círculo, el óvalo, el cuadrado y el rectángulo, principalmente.

9.1.2.2.1 Índice de Compacidad o Índice de Gravelius

Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

 <p>INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.</p>	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	 <p>Somos Todos Confianza Desarrollo</p>
---	--	--

$$K_c = \frac{P_{cuenca}}{2\pi \left(\frac{A_{cuenca}}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

Dónde:

P: Perímetro de la cuenca (km)

A: Área de la cuenca (km²)

De acuerdo con este parámetro se han establecido 3 categorías, los cuales se describen dentro de la Tabla 9.10.

Tabla 9.10. Índice de Gravelius para la evaluación de la forma

CLASE	RANGO	DESCRIPCIÓN
Kc1	1 a 1,25	Forma casi redonda a oval – redonda
Kc2	1,25 a 1,5	Forma oval – oblonga
Kc3	> 1,5	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga

Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010.

El Coeficiente de compacidad de Gravelius para la Quebrada El Chulo corresponde a 1.91 (Ver Tabla 9.11), lo cual indica que la cuenca tiende a tener una forma que va de oval – oblonga a rectangular – oblonga, siendo esta forma y/o tendencia un parámetro que influye en el volumen o magnitud de los caudales producidos por la cuenca.

Por otro lado, las subcuencas y el área de drenaje presentan la misma tendencia de forma debido a que cuentan con coeficientes mayores a 1.5. Ver Tabla 9.12.

Tabla 9.11. Índice de Gravelius de la cuenca Quebrada El Chulo

CUENCA	ÍNDICE DE GRAVELIUS	CLASIFICACIÓN
Quebrada El Chulo	1.91	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.



Tabla 9.12. Índice de Gravelius de las subcuencas Quebrada El Chulo

UNIDAD	ÍNDICE DE GRAVELIUS	CLASIFICACIÓN
Subcuenca 1	1.70	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga
Subcuenca 2	1.65	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga
Área de drenaje	1.56	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.1.2.2.2 Factor de Forma (Kf)

Índice propuesto por Gravelius. Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

hacia las crecidas, rápidas y muy intensas o lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños.

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Tabla 9.13. Clasificación del factor de forma

K_F	CARACTERÍSTICA
<1	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
1	Cuadrada
>1	Tiende a ser achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas

Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010.

El factor de forma de la Quebrada El Chulo y sus unidades presentan un factor menor a 1, lo cual indica que la cuenca tiende a ser alargada; por lo tanto, no es propensa a presentar crecidas súbitas, cuando se presentan lluvias intensas simultáneamente en toda o en gran parte de su superficie. (Ver Tabla 9.14 y Tabla 9.15)

Tabla 9.14. Factor de forma de la cuenca Quebrada El Chulo

CUENCA	FACTOR DE FORMA	CLASIFICACIÓN
Quebrada El Chulo	0.11	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Tabla 9.15. Factor de forma de las subcuencas Quebrada El Chulo

UNIDAD	FACTOR DE FORMA	CLASIFICACIÓN
Subcuenca 1	0.15	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
Subcuenca 2	0.15	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
Área de drenaje	0.22	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.1.2.2.3 Índice de Alargamiento

Relaciona la longitud del cauce encontrada en la cuenca, medida en el sentido principal, y el ancho máximo de ella. Éste define si la cuenca es alargada, cuando su valor es mucho mayor a la unidad, o si es muy achatada, cuando son valores menores a la unidad (Ver Anexo 12).

$$I_A = \frac{L}{A_n}$$

Dónde:

L: Longitud de la cuenca

An: Ancho de la cuenca



	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Tabla 9.16. Índice de alargamiento

K_F	CARACTERÍSTICA
$I_A > 1$	Cuenca alargada
$I_A < 1$	Cuenca achatada y por lo tanto el cauce principal es corto

Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010.

En la Tabla 9.17 y Tabla 9.18, evidencia que el índice de alargamiento para la cuenca de la Quebrada El Chulo y sus unidades es mayor a 1 lo que indica que la cuenca posee un sistema de drenaje capas de retener y concentrar altas precipitaciones sin generar crecientes significativos.

Tabla 9.17. Índice de alargamiento Quebrada El Chulo

CUENCA	FACTOR DE FORMA	CLASIFICACIÓN
Quebrada El Chulo	5.11	Cuenca alargada

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Tabla 9.18. Índice de alargamiento de las unidades Cuenca Quebrada El Chulo

UNIDAD	FACTOR DE FORMA	CLASIFICACIÓN
Subcuenca 1	5.13	Cuenca alargada
Subcuenca 2	4.82	Cuenca alargada
Área de drenaje	5.61	Cuenca alargada

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.1.2.3 Características de Relieve de la Cuenca



Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general se puede decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

9.1.2.3.1 Pendiente Media de la Cuenca

De acuerdo con el uso del suelo y la red de drenaje, la pendiente influye en el comportamiento de la cuenca, afectando directamente el escurrimiento de las aguas lluvias; esto es, en la magnitud y en el tiempo de formación de una creciente en el cauce principal. En cuencas de pendientes fuertes, existe la tendencia a la generación de crecientes en los ríos en tiempos relativamente cortos; estas cuencas se conocen como torrenciales, igual que los ríos que las drenan. En la Tabla 9.19, se muestra la clasificación de las cuencas según la pendiente.

Tabla 9.19. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente

PENDIENTE MEDIA (%)	TIPO DE RELIEVE
0-3	Plano
3-7	Suave

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

PENDIENTE MEDIA (%)	TIPO DE RELIEVE
7-12	Medianamente Accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente Accidentado
35-50	Muy Fuertemente Accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy Escarpado

Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010.

A partir del software ArcGIS se definieron y delimitaron las curvas de nivel dentro de la cuenca Quebrada El Chulo, las cuales para este caso presentaron una diferencia entre curvas de 50 metros. Posterior a esto, se realizó la sumatoria total de las longitudes que tenían dichas curvas de nivel dentro de las unidades, para finalmente calcular mediante el método de Alvord la pendiente media a partir de la siguiente ecuación.

$$S_m = \frac{L * D}{A}$$

Dónde:

S_m : Pendiente media de la cuenca

D: Diferencia entre curvas de nivel

L: Longitud total de las curvas de nivel

A: Área de la cuenca

En la Tabla 9.20 y Tabla 9.21, se observa que la cuenca Quebrada El Chulo y la subcuenca 1 y 2, presentan una pendiente media fuertemente accidentada y muy fuertemente accidentada, donde existe una tendencia a la generación de crecientes en tiempos relativamente cortos, siendo así categorizados como cuencas torrenciales.

Tabla 9.20. Pendiente media de la cuenca Quebrada El Chulo

CUENCA	PENDIENTE MEDIA (%)	CLASIFICACIÓN
Quebrada El Chulo	32.8	Fuertemente Accidentado

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.



 <p>INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.</p>	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	 <p>Somos VIDA Confianza Todos Desarrollo</p>
---	--	---

Tabla 9.21. Pendiente media de las unidades Quebrada El Chulo

UNIDAD	PENDIENTE MEDIA (%)	CLASIFICACIÓN
Subcuenca 1	45.4	Muy Fuertemente Accidentado
Subcuenca 2	37.9	Muy Fuertemente Accidentado
Área de drenaje	18.6	Accidentado

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.1.2.3.2 Elevación Media de la Cuenca

Es la variación altitudinal de la cuenca hidrográfica, que incide directamente sobre el clima y por tanto sobre el régimen hidrológico, además de brindar una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas diferentes dentro de la misma cuenca. Una forma conveniente y objetiva de describir la relación entre la propiedad altimétrica de la cuenca en un plano y su elevación, es a través de la función hipsométrica.

Esta función o característica se determina a partir de la “curva hipsométrica” de la cuenca. La curva hipsométrica es la representación gráfica de la variación de la elevación de una cuenca, en la cual puede observarse la distribución de las zonas altas, medias y bajas.

La curva hipsométrica representa, entonces, el porcentaje de área acumulada que es igualado o excedido a una determinada cota.

La elevación media de una cuenca puede calcularse como:

$$H_{media} = \frac{\sum Area * Alt. media}{\sum Area}$$

En la Tabla 9.22 y Tabla 9.23, se describe la elevación media para la cuenca de la Quebrada El Chulo y sus unidades.

Tabla 9.22. Elevación media de la cuenca Quebrada El Chulo

CUENCA	ELEVACIÓN MEDIA DE LA CUENCA (M.S.N.M)
Quebrada El Chulo	2062.95

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Tabla 9.23. Elevación media de las UHN II cuenca Quebrada El Chulo

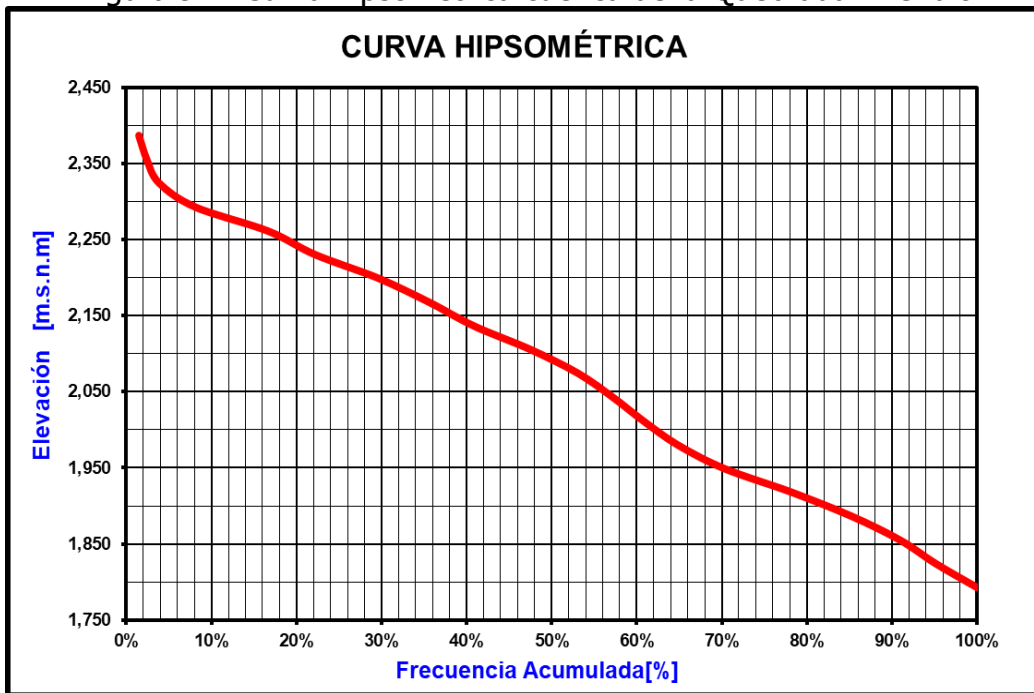
UNIDAD	ELEVACIÓN MEDIA DE LA CUENCA (M.S.N.M)
Subcuenca 1	2108.57
Subcuenca 2	2178.41
Área de drenaje	1875.64

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.1.2.3.3 Curva Hipsométrica

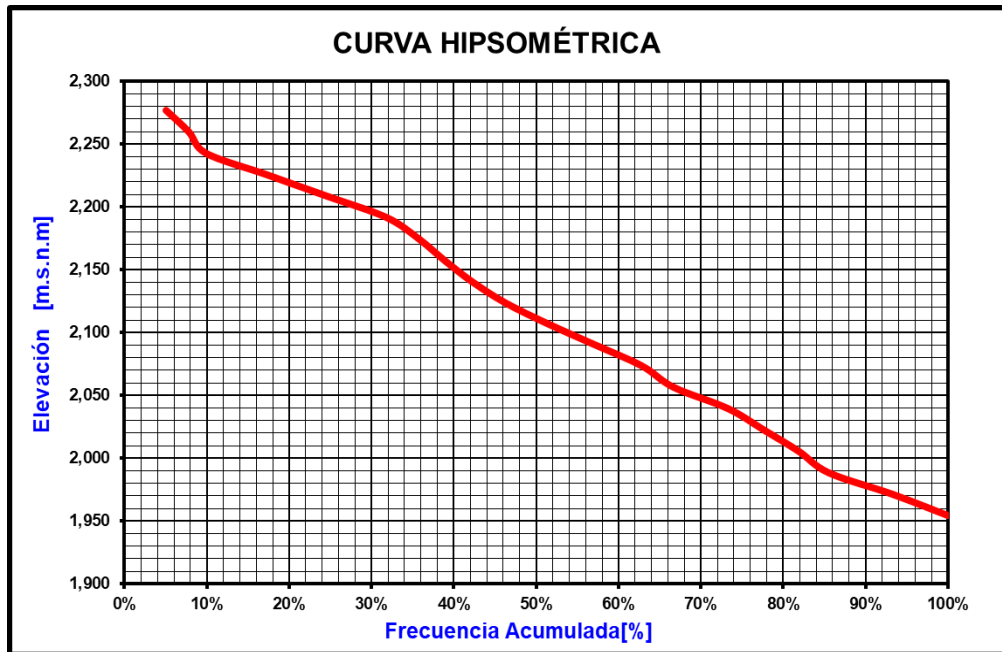
De acuerdo con la reclasificación realizada al modelo de elevación digital, se clasificó las elevaciones en 20 rangos iguales, la cual permite estimar la curva hipsométrica que se presenta de la Figura 9.1 a la Figura 9.4. En el Anexo 12 se puede ver los ráster de reclasificación para estimar la curva hipsométrica, donde se puede apreciar que tiene un comportamiento de una cuenca en su fase sedimentaria (río viejo o fase de vejez) de acuerdo con la clasificación Jiménez, 1986.

Figura 9.1. Curva hipsométrica cuenca de la Quebrada El Chulo



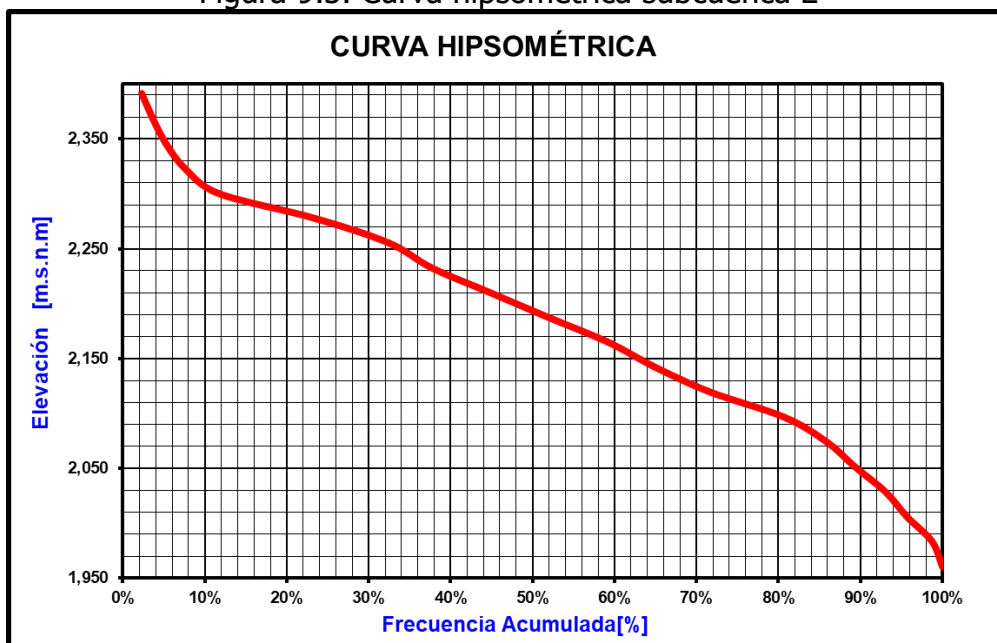
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.2. Curva hipsométrica subcuena 1



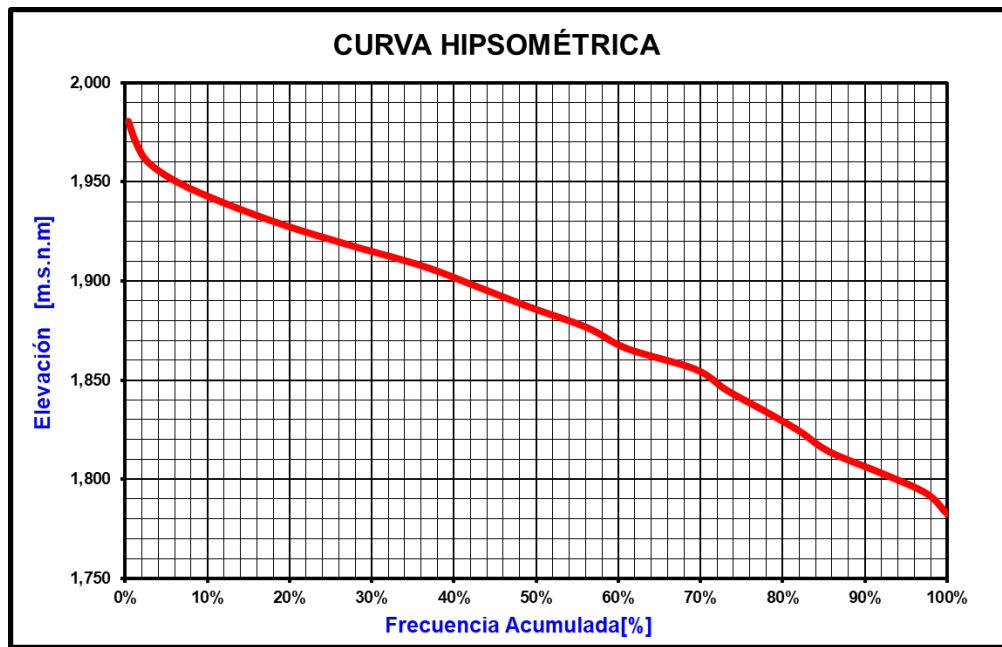
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.3. Curva hipsométrica subcuena 2



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.4. Curva hipsométrica área de drenaje



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.1.2.4 Características del Sistema de Drenaje

9.1.2.4.1 Longitud del Cauce (L)

Es la longitud del cauce principal, medida desde el punto donde aporta sus aguas hasta un tributario mayor.

Generalmente, los caudales medios, máximos y mínimos, crecen con la longitud de los cauces. Según Londoño 2001, esto se debe a la normal relación que existe entre las longitudes de los cauces y las áreas de las cuencas hidrográficas correspondientes, de tal manera que el área crece con la longitud y la superficie de captación.

Igualmente, los tiempos promedios de subida y las duraciones promedias totales de las crecientes torrenciales tendrán siempre una evidente relación con la longitud de los cauces. Como se denota en la Tabla 3.24 y Tabla 3.25, la longitud de la Quebrada El Chulo corresponde a 3.00 km desde su nacimiento, siendo así una longitud que supone mayores tiempos de desplazamiento de las crecidas y como consecuencia de esto, mayor atenuación de estas, por lo que los tiempos de subida y las duraciones totales de éstas serán evidentemente mayores.



	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Tabla 9.24. Longitud del cauce de la cuenca Quebrada El Chulo

CUENCA	LONGITUD (KM)
Quebrada El Chulo	3.04

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Tabla 9.25. Longitud del cauce de las unidades cuenca Quebrada El Chulo

UNIDAD	LONGITUD (KM)
Subcuenca 1	1.14
Subcuenca 2	1.71
Área de drenaje	1.33

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

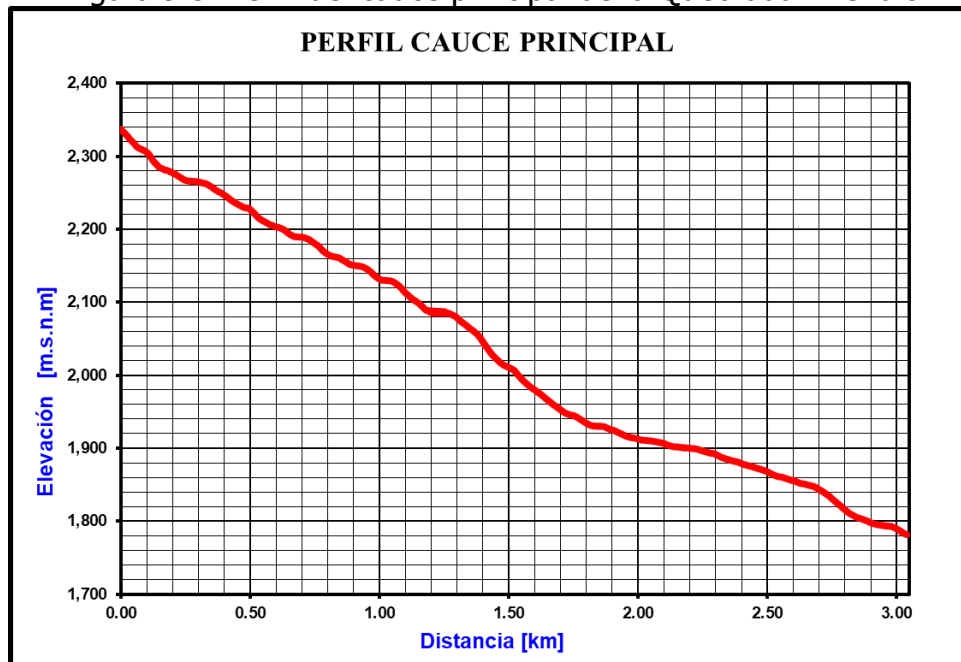
9.1.2.4.2 Perfil de Cauce

El perfil longitudinal de un río es muy característico. La línea que dibuja la quebrada desde su nacimiento hasta el sitio de estudio se representa gráficamente como una curva cuya forma ideal es la de una curva exponencial cóncava hacia arriba, en la cabecera, y a la altura del nivel de base, en la desembocadura.

Como se puede apreciar en la Figura 9.5, la cota del punto más elevado de la corriente principal es 2,336.9 msnm y la cota del punto más bajo del tramo de estudio es 1,781.9 msnm con una pendiente media de 18.3%.

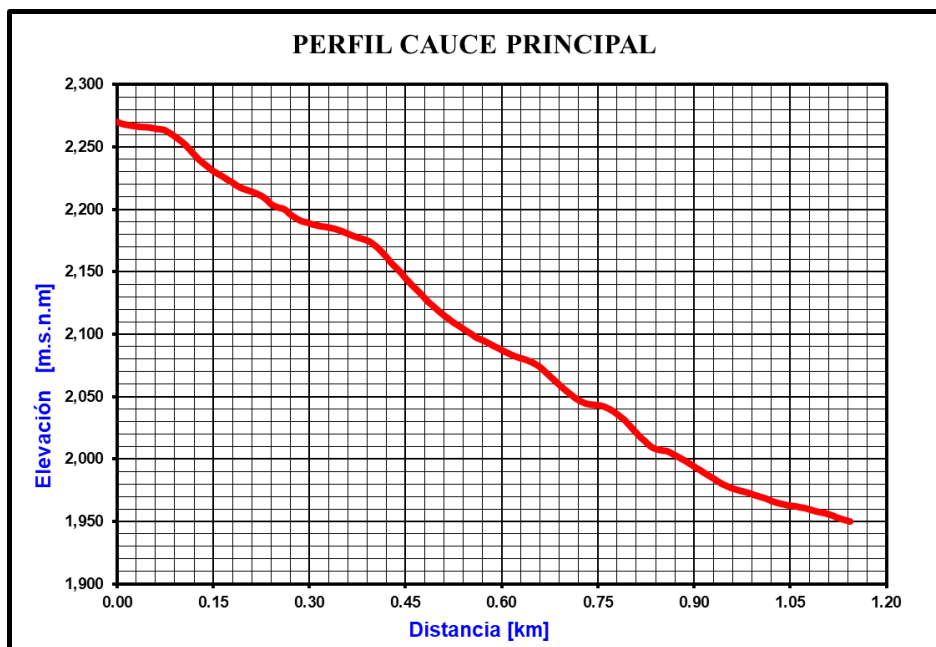
Por otro lado, se puede observar en la Figura 9.6 y Figura 9.5, que la cota del punto más elevado de la corriente principal de la subcuenca 1 es de 2,270.0 msnm y la cota del punto más bajo del tramo de estudio es de 1,950.2 msnm con una pendiente media de 28.0%. Similar a esta, en la Figura 9.7, se observa que la cota del punto más elevado de la corriente principal de la subcuenca 2 es 2,336.9 msnm y la cota del punto más bajo del tramo de estudio es 1,950.2 msnm con una pendiente media de 22.6%. Finalmente, en la Figura 9.8, se evidencia que la cota del punto más elevado de la corriente principal del área de drenaje es de 1,950.2 msnm y la cota del punto más bajo del tramo de estudio es de 1,781.9 msnm con una pendiente media de 12.6%.

Figura 9.5. Perfil del cauce principal de la Quebrada El Chulo



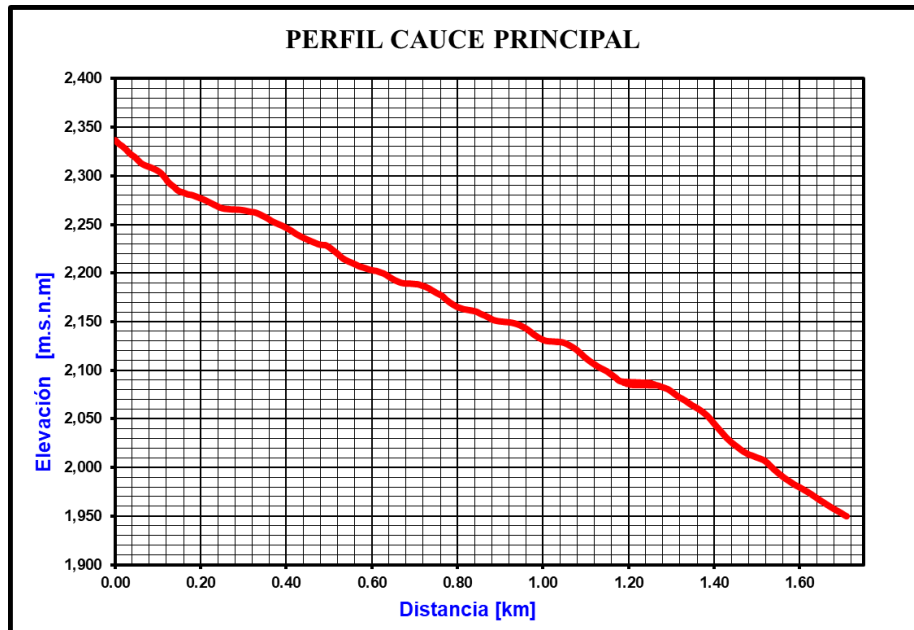
Fuente: INCIGE, 2022.

Figura 9.6. Perfil del cauce principal de la subcuenca 1 de la Quebrada El Chulo



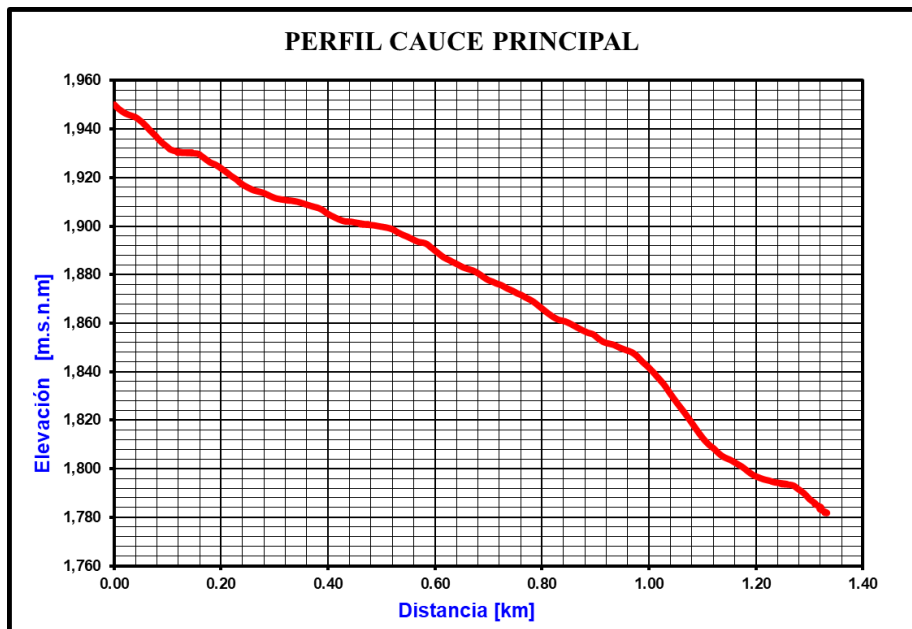
Fuente: INCIGE, 2022.

Figura 9.7. Perfil del cauce principal de la subcuenca 2 de la Quebrada El Chulo



Fuente: INCIGE, 2022.

Figura 9.8. Perfil del cauce principal del área de drenaje de la Quebrada El Chulo



Fuente: INCIGE, 2022.

9.1.2.4.3 Pendiente Media del Cauce

Es la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo. Los resultados se pueden ver Tabla 9.30 y Anexo 12.

Ecuación 6. Cálculo de la pendiente media del cauce

$$P_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} * 100$$

Dónde:

P_m : Pendiente media

H_{max} : Cota Máxima

H_{min} : Cota Mínima

L: Longitud del Cauce

Así como las coberturas, la pendiente afecta directamente el escurrimiento de las aguas lluvias; esto es, en la magnitud y en el tiempo de formación de una creciente en el cauce.

En la Tabla 9.26 se observa que la cuenca de la Quebrada El Chulo presenta una pendiente media de cauce de 18.3%, la cual influye en la velocidad media de la escorrentía y en el arrastre o acciones erosivas presentes a lo largo del cauce.

Tabla 9.26. Pendiente media de los cauces de la cuenca Quebrada El Chulo

CUENCA	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE (%)
Quebrada El Chulo	18.3

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

En la Tabla 9.27 se observa que la subcuencas y área de drenaje de la Quebrada El Chulo presentan pendientes de 12.6, 22.6 y 280%, la cual influye en la velocidad media de la escorrentía y en el arrastre o acciones erosivas presentes a lo largo del cauce.



	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Tabla 9.27. Pendiente media de los cauces de las unidades de la cuenca Quebrada El Chulo

UNIDAD	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE (%)
Subcuenca 1	28.0
Subcuenca 2	22.6
Área de drenaje	12.6

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.1.2.4.4 Tiempo de Concentración

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca. Para la estimación del tiempo de concentración se recomienda emplear varias ecuaciones empíricas disponibles en la literatura científica, se considera apropiado incluir al menos cinco estimaciones diferentes (Ven Te Chow, 1994).

Ramser y Kirpich lo definen como el tiempo al pico T_p , Viessman (1977) lo define como el tiempo comprendido entre el final de la precipitación efectiva y el final de la escorrentía superficial directa. Este último valor es el punto de inflexión del hidrograma después del caudal pico. Témez (1978) lo define como la diferencia entre el tiempo de finalización del hidrograma de escorrentía superficial directa y el tiempo de finalización de la precipitación efectiva.

En la literatura se encuentran numerosas expresiones para determinar el tiempo de concentración T_c de las cuencas hidrográficas, desarrolladas por diferentes autores para diferentes regiones del mundo. A continuación, se presenta un resumen de las ecuaciones utilizadas en el presente estudio y tomadas de diferentes fuentes (Chow et al., 1994; Hidrología de Antioquia, 1997; Linsley et al., 2002; Viessman y Lewis, 2003; Vélez y Botero, 2011). Los resultados se pueden ver Tabla 9.30 y Anexo 12. La fórmula empleada para la estimación del tiempo de concentración fue Témez, como puede ser comparado en el anexo.



▪ *Fórmula de Kirpich (1940)*

Calcula el tiempo de concentración, T_c , en horas, según la ecuación:

$$T_c = 0.06628 \left(\frac{L}{\sqrt{S_0}} \right)^{0.77}$$

Dónde:

L: Longitud del cauce principal de la cuenca, en metros

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

S: Diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca, en metros, dividida por L (es decir, la pendiente promedio del recorrido principal en m/m).

- *Ecuación de Témez*

Calcula el tiempo de concentración, T_c , en horas, según la ecuación:

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S_0^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Dónde:

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

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

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

- *Ecuación de SCS – Ranser*

Calcula el tiempo de concentración, T_c , en horas, según la ecuación:

$$T_c = 0,97 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Dónde:

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

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

H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal, en metros (m).

- *Ecuación de Ventura - Heras*

Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, T_c , en horas, mediante la siguiente fórmula:



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

Dónde:

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

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

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

- *Fórmula de California Culvert Practice*

Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, T_c , en horas, mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 11. Cálculo del tiempo de concentración por la fórmula de California Culvert Practice

$$T_c = \left(0.87 \cdot \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Dónde:

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

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

H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal, en metros (m).

- *Formula de U.S. Corps of Engineers*

Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, T_c , en horas, mediante la siguiente fórmula:

$$T_c = 7.56 \cdot L^{0.76} \cdot S^{-0.19}$$

Dónde:

T_c : Tiempo de concentración, en minutos (min).

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

S: Pendiente longitudinal del cauce, en m/m

- *Fórmula de Chow*

Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, T_c , en horas, mediante la siguiente fórmula:

$$T_c = 7.38 \cdot L^{0.64} \cdot S^{-0.32}$$



Dónde:

T_c : Tiempo de concentración, en minutos (min).

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

S: Pendiente longitudinal del cauce, en m/m

Para definir los tiempos de concentración se propuso un condicional o limite que permitiera descartar aquellos valores atípicos. Para este fin se calculó el promedio

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

entre todas las metodologías de estimación de tiempos de concentración y se le resto y sumo a este promedio la desviación estándar, lo cual dio como resultado un rango de oscilación, el cual permitía descartar los datos que no se encontraron dentro de este para cada caso y/o unidad. En la Tabla 9.28 y Tabla 9.29 se resumen los tiempos de concentración para la cuenca de la Quebrada El Chulo y sus unidades hidrográficas que cumplían y se encontraban bajo este condicional.

Tabla 9.28. Cálculo del tiempo de concentración de la cuenca Quebrada El Chulo

MÉTODO	TC (HORAS)
Giandotti	0.50
Scs-Ranser	0.48
V.T Chow	0.34
Clark	0.60
Ventura-Heron (1949)	0.62
Passini	0.38
PROMEDIO	0.49

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Tabla 9.29. Cálculo del tiempo de concentración de las unidades de la cuenca Quebrada El Chulo

MÉTODO	SUNCUENCA 1	SUBCUENCA 2	AREA DE DRENAJE
	TC (HORAS)	TC (HORAS)	TC (HORAS)
Giandotti	0.27	0.38	0.46
Scs-Ranser	0.19	0.29	0.30
V.T Chow	0.16	0.22	0.22
Clark	0.19	0.36	0.35
Ventura-Heron (1949)	0.15	0.33	0.32
Passini	0.13	0.22	0.24
PROMEDIO	0.18	0.30	0.32

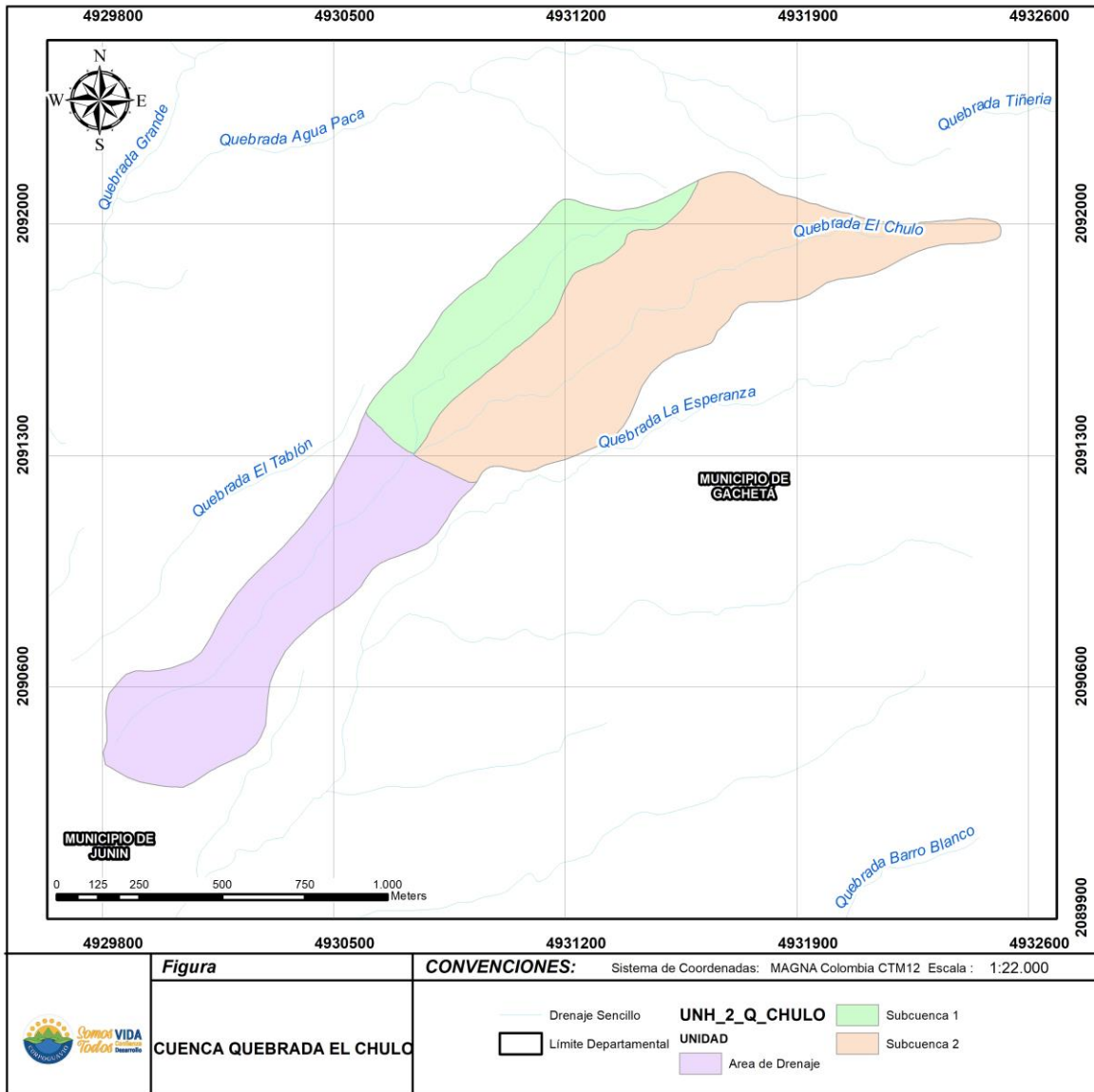
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.1.2.5 Parámetros Morfométricos de la Cuenca

Con los insumos entregados y el Modelo Digital de Terreno, la red de drenaje y la delimitación de la cuenca y subcuencas, se estimaron los parámetros morfométricos y los tiempos de concentración, con la ayuda de la aplicación de un Sistema de Información Geográfica – SIG, que permite a partir de los atributos geográficos calcular las características geométricas de las capas mencionadas anteriormente. A continuación, se presenta en la Figura 9.9 el área de estudio Quebrada El Chulo y sus unidades, además, en la Tabla 9.30 se muestra una síntesis de la caracterización morfométrica en donde se muestran los principales coeficientes y parámetros calculados con su respectiva calificación que permiten caracterizar la cuenca de estudio.

Se resalta que para el caso de la cuenca Quebrada El Chulo se realizó la delimitación de unidades hidrográficas para efectos de la modelación hidrológica, las cuales difieren con la clasificación definida por la Corporación.

Figura 9.9. Cuenca Quebrada El Chulo





Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Tabla 9.30. Parámetros morfométricos

DESCRIPCIÓN	CUENCA QUEBRADA EL CHULO	SUBCUENCA 1	SUBCUENCA 2	AREA DE DRENAJE	CALIFICACIÓN
	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	
Área (km ²)	1.1	0.2	0.5	0.4	NA
Perímetro (km)	7.2	2.8	4.3	3.4	NA
Cota nacimiento (msnm)	2337	2270	2337	1950	Piso térmico frío, temperatura promedio entre 12 y 17°C
Cota sitio estudio (msnm)	1782	1950	1950	1782	Piso térmico medio, temperatura promedio entre 17 y 24°C
Longitud de la cuenca (km)	3.1	1.2	1.9	1.3	Unidad
Ancho de la cuenca (km)	0.6	0.2	0.4	0.2	Unidad
Pendiente media del cauce %	18.3%	28.0%	22.6%	12.6%	Torrentes
Longitud del cauce (km)	3.0	1.14	1.7	1.3	NA
Relación de relieve (adimensional)	0.2	0.3	0.2	0.1	NA
Pendiente media de la cuenca %	32.8	45.4	37.9	18.6	Muy Fuertemente Accidentado
Elevación media de la cuenca (msnm)	2063.0	2108.6	2178.4	1875.6	NA
Factor de forma (adimensional)	0.11	0.15	0.15	0.22	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
Índice de alargamiento (adimensional)	5.11	5.13	4.82	5.61	Cuenca alargada
Índice de Gravelius (adimensional)	0.11	0.15	0.15	0.22	Forma casi redonda a oval – redonda
Sinuosidad del cauce principal (adimensional)	0.97	0.96	0.90	1.01	Baja
Tiempo de concentración Promedio (min)	0.58	0.23	0.35	0.36	NA

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

9.2 IDENTIFICACIÓN DE ESTACIONES HIDROLÓGICAS LOCALIZADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

De acuerdo con la estructura de las bases de datos existentes, se recolectó y utilizó información de las siguientes estaciones hidrometeorológicas.

9.2.1 Información Secundaria

La información secundaria utilizada se trata de la información correspondiente a las estaciones meteorológicas aferentes a la cuenca de la Quebrada El Chulo. A continuación, se relacionan las estaciones utilizadas, pertenecientes a la red del IDEAM principalmente.

La información meteorológica disponible y recopilada fue luego procesada y analizada con la finalidad de elaborar el modelo hidrológico para crecientes máximas.

9.2.1.1 Información Meteorológica

En la Tabla 9.31, se presenta la relación de las estaciones pluviométricas identificadas dentro y/o cerca de la zona de estudio y cuya información fue recopilada. En la tabla antes mencionada se describe el código de la estación, la categoría, las coordenadas, la elevación, la corriente o cuenca y el municipio donde se encuentran.

Estas estaciones hacen parte de la red hidrometeorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. En el Anexo 12 se presentan los datos originales de las estaciones.

Tabla 9.31. Estaciones meteorológicas



Estación	Código	Tipo	Coordenadas		Elevación	Corriente	Municipio
			Latitud	Longitud			
JUNIN	35060050	PM	4.792222	-73.668722	2323	Guavio	Junín
TASAJERAS	35060170	PM	4.885694	-73.600361	2502	Quebrada Los Trabajos	Gachetá
GAMA	35060240	PM	4.764278	-73.609917	2210	San Juan	Gama

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

A continuación, se muestra los datos de precipitación máxima en 24 horas para las estaciones utilizadas en la modelación hidrológica para calcular los caudales para distintos periodos de retorno.

Tabla 9.32. Datos de precipitación máxima en 24 horas a nivel multianual

Año	P máx 24h (mm)		
	Junín [35060050]	Tasajeras [35060170]	Gama [35060240]
1962	60		
1963	29		
1964	20		
1965	21		
1966	20		
1967	20		
1968	45		
1969	34		
1970	35		
1971	36		
1972	28	45	22
1973	52	47	58
1974	44	41	60
1975	50	51	60
1976	51	58	35
1977	39	40	50
1978	33	42	50
1979	45	51	49
1980	38	70	41
1981	53	71	50
1982	47	60	40
1983	36	41	48
1984	50	40	50
1985	32.9	40.4	50
1986	33.5	47	82
1987	44	52	40
1988	39	48	40
1989	32.2	50	45
1990	57.4	35	35
1991	24.7	45.5	70
1992	29.2	18.5	61
1993	32.5	20	84
1994	34.1	34	70
1995	32	40	33
1996	30	35	71.7
1997	40	32	86
1998	36	30	55
1999	39	30	33
2000	43	30	60
2001	41.5	39.5	30
2002	50	96	75
2003	41.1	60	25
2004	40	72.5	31
2005	31.5	76	65
2006	40	66.5	25
2007	60	40	45.4
2008	31.1	46	60
2009	19.2	36	29.7

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Año	P máx 24h (mm)		
	Junín [35060050]	Tasajeras [35060170]	Gama [35060240]
2010	23	51	59.8
2011	23.1	79.5	39
2012	17	80.6	
2013	20	67.5	43.9
2014	35	34.5	45.9
2015	33.5	43.5	46.3
2016	21.1	54.5	54.7
2017	26.1	70.1	52.8
2018	21.9	43	37.8
2019	13.6	14.5	37.8
2020	11.2	19.2	53.5
2021	11.5	18.3	54.4
2022	39		39.7



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.3 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El clima regional de Colombia está definido por las propiedades relevantes de los valores medios de los campos, que están forzados por las condiciones de frontera de la atmósfera, de la distribución de continente–océano y las variaciones de la radiación solar sobre la superficie, en el espacio y tiempo. Estos fenómenos atmosféricos son fuertemente influenciados por la distribución de la topografía y la vegetación en la superficie del territorio colombiano (Guzmán D. 2014).

La distribución espacial de la lluvia tiene gran incidencia en el comportamiento de caudales de una cuenca hidrográfica, teniendo en cuenta la variación de características físicas de la cuenca como el relieve, tipo de suelo, tipo y densidad de cobertura vegetal, uso del suelo, además de la intervención humana (actividades), destacando la urbanización, que conlleva a la impermeabilización del suelo en gran porcentaje del área, por lo que el comportamiento hidrológico de las corrientes que componen el sistema hídrico, está claramente determinado, tanto espacial como temporalmente, por la ocurrencia de la precipitación a lo largo de su territorio.

Así pues, los análisis efectuados en el presente proyecto se centran en la cuenca de la Quebrada El Chulo (delimitada a partir de los límites del área de estudio), la cual se localiza dentro de la unidad hidrográfica de nivel 1 (UHN-I) del río Salinero (350604), a su vez ubicada en la cuenca del río Guavio (SZH 3506), zona hidrográfica del río Meta (35), en el área hidrográfica del Orinoco (3). Cabe destacar que la cuenca de la Quebrada El Chulo, si bien se localiza dentro de la UHN-I del río Salinero, esta no drena sus aguas en este drenaje, sino descarga directamente sobre el río Gachetá (río Guavio).

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

En la cuenca de la Quebrada El Chulo la precipitación media mensual en las estaciones meteorológicas varía entre 105.56 mm y 160.75 mm, a su vez se puede mencionar que el comportamiento a través del año es de tipo bimodal, siendo los meses más lluviosos el primer período mayo, junio y julio y en el segundo periodo octubre y noviembre, mientras que la precipitación total multianual es del orden de 1500 mm al año.

De acuerdo con lo anterior, se aplicó un modelo lluvia-escorrentía para definir las crecientes máximas que podrían discurrir por el cauce de la Quebrada El Chulo, entendiendo que no se cuenta con mediciones históricas de caudales sobre este cuerpo hídrico. Este estudio se inicia con un análisis detallado de los aguaceros que producen los caudales máximos y se complementa con una caracterización completa de la cuenca para culminar con la construcción de los hidrogramas correspondientes.

9.3.1 Delimitación del Área Hidrológica del Estudio

La delimitación de la cuenca hidrográfica se realizó a partir de la base cartográfica en formato digital del Instituto Geográfico Agustín Codazzi a escala 1:25.000 (disponible en la GDB básica del POMCA del río Guavio) o una mayor escala o con información de un modelo de elevación digital MDT o en su defecto manual, utilizando como herramienta el Sistema de Información Geográfica.



9.3.2 Estimación del Índice de Capacidad de Infiltración y Ecurrimiento del Suelo

La estimación del índice de capacidad de infiltración y escurrimiento del suelo se adelantó por medio de un reconocimiento de campo, con ayuda de información existente, que contengan la caracterización de la cobertura vegetal de las cuencas de estudio y el tipo de suelos superficiales de la cuenca hasta esta sección para evaluar el parámetro CN.

La selección del valor CN en cada caso, se realizó considerando los siguientes cuatro parámetros:

- Clasificación hidrológica de suelos.
- Uso y tratamiento del suelo.
- Combinaciones hidrológicas de suelo y vegetación, y
- Condiciones de humedad antecedente a la lluvia de diseño.

La clasificación de los suelos en grupos hidrológicos principales se realizó tomando como base la capa de tipos de suelos disponible en la GDB temática del POMCA del río Guavio.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

9.3.3 Determinación del Programa de Cómputo Hidrológico

En la actualidad existe una gran cantidad de software que ayuda a realizar modelación hidrológica continua y/o de eventos; así mismo es importante tener en cuenta que cada uno de ellos tiene una aplicación (para una gama de casos determinada), lo cual debe ser tenido en cuenta antes de su selección.



La aplicación del modelo lluvia-caudal para definir las crecientes se inicia con un estudio detallado de los aguaceros que producen los caudales máximos y se complementa con una caracterización completa de las cuencas aferentes, para luego culminar con la construcción de los hidrogramas correspondientes.

Para determinar el caudal generado por la lluvia se aplicó el modelo lluvia-caudal del Soil Conservation Service de los E.U.A. Para el efecto, se definen las áreas aferentes, se selecciona el período de retorno del aguacero de diseño, se calcula el valor de la tormenta con el período de retorno requerido, se evalúan los tiempos de concentración, se selecciona el Número de Curva CN, el cual es un concepto similar al coeficiente de escorrentía y, finalmente, se calculan los caudales de diseño que serán el insumo principal para la modelación hidráulica.

9.3.4 Análisis Estadístico de la Información Seleccionada

El análisis estadístico de la información de las estaciones meteorológicas, se realizó para obtener los valores de precipitación máxima en 24 horas (P_{MAX24}) para diferentes períodos de retorno seleccionados mediante un análisis estadístico, considerando las diferentes funciones de distribución de probabilidades (Gumbel, LogNormal, Pearson III, Log-Pearson III,, etc.) aplicadas a las series de P_{MAX24} con el propósito de seleccionar la que mejor represente el comportamiento de los datos disponibles partiendo de la prueba de bondad con el Chi Cuadrado.

En ausencia de datos de caudal del río y/o canales, se realizó un estudio de identificación y caracterización de la distribución espacial (realizada a partir del método del inverso de la distancia ponderada al cuadrado – IDW2) y temporal de la precipitación máxima en 24 horas en la zona de estudio (las estaciones son las que se indican en la Tabla 9.31), de acuerdo a las estaciones meteorológicas encontradas cercanas a la cuenca de la Quebrada El Chulo, dado que el modelo Lluvia - Caudal del Soil Conservation Service requiere, como insumo, el valor de la precipitación máxima diaria con un período de retorno (2.33, 5, 10, 15, 25 , 50, y 100 años) predeterminado. Para la cuenca se produjo una serie de precipitaciones máximas en 24 horas. La obtención de las lluvias con diferentes períodos de retorno se logró mediante un análisis de frecuencia utilizando las distribuciones Normal, Log Normal, Pearson Tipo III, Log Pearson tipo III, Valores Extremos y Gumbel, con el propósito

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

de seleccionar la que mejor represente el comportamiento de los datos disponibles partiendo de pruebas de bondad con el Chi Cuadrado.

El modelo lluvia-caudal del Soil Conservation Service requiere, como insumo, el valor de la precipitación máxima diaria con un período de retorno predeterminado. Para el efecto, se seleccionaron las estaciones de precipitación (Ver Tabla 9.31), como representativa de la cuenca desde su nacimiento hasta el sector de estudio. Estas son las estaciones que se encuentran dentro y/o cerca de la zona estudiada.

Para la cuenca se produjo una serie de precipitaciones máximas en 24 horas. La obtención de las lluvias con diferentes períodos de retorno se logró mediante un análisis de frecuencia utilizando las distribuciones Normal, Log Normal, Pearson tipo III, Log Pearson tipo III y Gumbel, con el propósito de seleccionar la que mejor represente el comportamiento de los datos disponibles.

Así pues, a partir de la información de la variable P_{MAX24} se realizó mediante el método de IDW la construcción de una serie de tiempo anual para una estación virtual localizada en el centroide de área de la cuenca de la Quebrada El Chulo. Esta serie de tiempo fue analizada mediante la prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado, encontrando que la función de densidad de probabilidad de mejor ajuste a estos datos fue la distribución Normal.

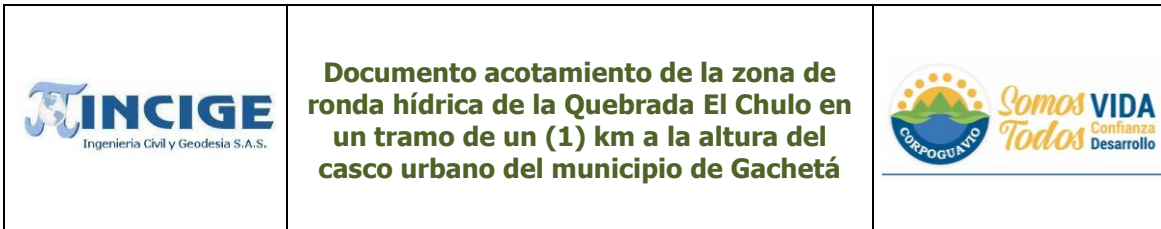
9.3.5 Cálculo de Caudales

A continuación, se muestran los aspectos principales asociados al cálculo de caudales máximos para diferentes periodos de retorno de la Quebrada El Chulo. Esto se realiza para definir el componente hidrológico de la ronda hídrica, conforme la normativa vigente.

9.3.5.1 Tipo de Suelo Hidrológico

Desde el punto de vista de su capacidad de infiltración y para definir el valor CN junto con los otros tres parámetros mencionados, el Soil Conservacion Service ha clasificado los suelos en cuatro grupos: A, B, C y D, ordenados según su potencial de escurrimiento (tasa de infiltración para suelos “desnudos” luego de un humedecimiento prolongado, profundidad del nivel freático de invierno, infiltración y permeabilidad del suelo luego del humedecimiento prolongado y profundidad hasta un estrato de permeabilidad muy lenta):

El tipo de material en cada caso particular se obtiene a partir de la información de la capa de suelos del POMCA del río Guavio, considerando una clasificación que va desde los tipos “A” de bajo potencial de escorrentía y con altas infiltraciones (suelos arenosos) hasta los de alto potencial de escorrentía o suelos con infiltración muy



lenta cuando están muy húmedos (arcillosos) tipos "C". A continuación, se presenta la clasificación establecida por el S.C.S.

"A". (Potencial de escorrentía mínimo). Suelos que tienen alta tasa de infiltración aun cuando estén muy húmedos. Consistentes en arenas o gravas profundas bien drenadas o excesivamente drenadas con poco limo y arcilla, lo mismo que loess muy permeables. Esos suelos tienen una alta rata de transmisión de agua.

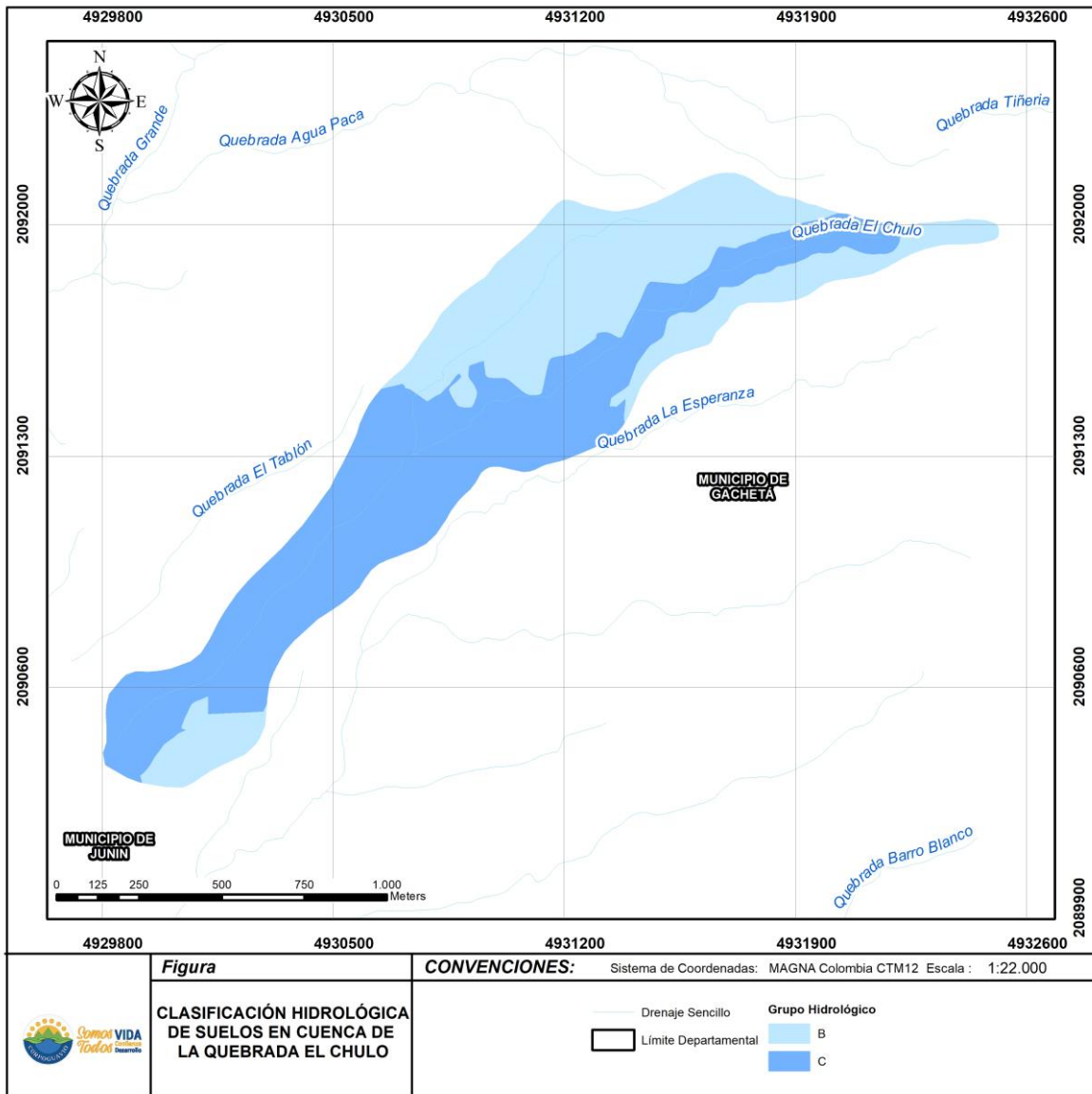
"B". (Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Suelos con tasas de infiltración moderadas cuando están muy húmedos. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a bien drenados, suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas. La mayor parte de los suelos arenosos son menos profundos o menos compactos que los del grupo A. El grupo, en conjunto, posee una infiltración media superior después de haberse mojado completamente.

"C". (Moderadamente alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos con estratos que impiden el movimiento del agua hacia abajo; suelos de textura moderadamente fina a fina; suelos con infiltración lenta debido a sales o suelos con lentes de agua moderada. Esos suelos pueden ser pobremente drenados, o bien, moderadamente drenados con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta. Comprende los suelos poco profundos y los que contienen mucha arcilla y coloides, aunque menos que los del grupo D. El grupo tiene una infiltración inferior a la promedia después de saturación.

"D". (Potencial de escorrentía máximo). Suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. Son suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático alto permanente; suelos con "claypan" o estrato arcilloso superficial; suelos con infiltración muy lenta debido a sales o alkali y suelos poco profundos ubicados sobre materiales casi impermeables. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua muy lenta. Incluyen a la mayor parte de arcillas expansivas y algunos suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

La clasificación anterior utiliza la premisa de que los suelos con perfiles semejantes en lo que se refiere a su espesor, textura, estructura, contenido de materia orgánica y expansividad por saturación, producen una respuesta semejante ante un aguacero de duración considerable. En la comparación se supone que los suelos están desnudos y que ya han presentado el máximo cambio de volumen por humedad y que la lluvia es superior a la infiltración potencial. Así pues, en la Figura 9.10 se muestra la clasificación hidrológica de suelos de la cuenca de la Quebrada El Chulo.

Figura 9.10. Clasificación hidrológica de suelos en cuenca de la Quebrada El Chulo



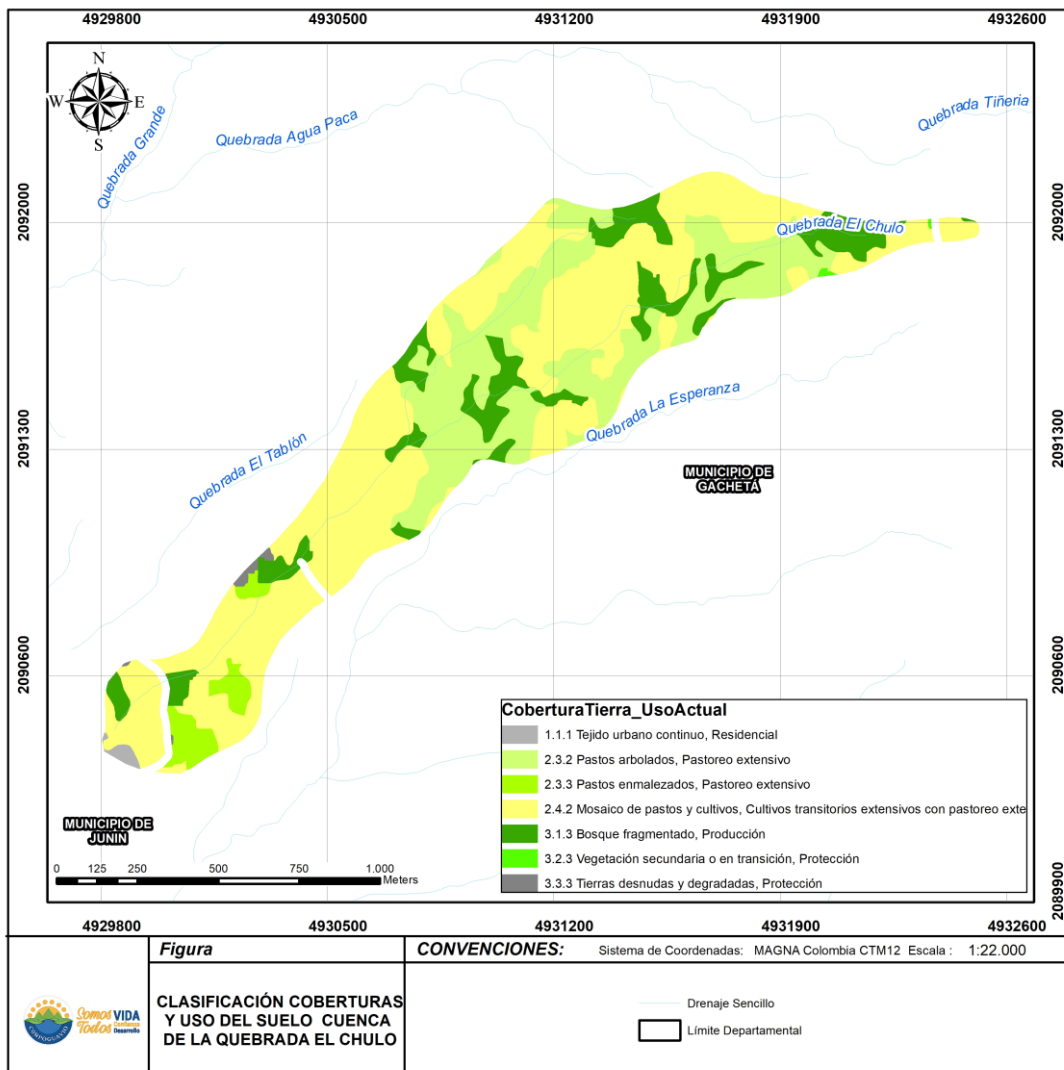
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.3.5.2 Uso y Tratamiento del Suelo



El segundo parámetro para considerar para definir el valor CN, posee dos componentes: el uso y el tratamiento. Estos dos parámetros se clasifican en relación con las crecientes que puede producir el escurrimiento. Mientras mayor sea la retención total ocasionada por un determinado uso y tratamiento, menor será el

caudal pico del hidrograma. El uso del suelo se refiere al tipo de vegetación existente, presencia de cultivos y usos no agrícolas tales como cuerpos de agua representados por lagunas, ciénagas y otros. Para el presente estudio se utilizó la capa de Cobertura de la Tierra y Uso actual del suelo disponible en la GDB temática del POMCA del río Guavio. Este se muestra en la Figura 9.11.

Figura 9.11. Coberturas de la tierra y uso del suelo en la cuenca de la Q. El Chulo



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

9.3.5.3 Combinaciones Hidrológicas de Suelo y Vegetación

En la Tabla 9.34, se combinan los grupos de suelos, el uso del suelo y las clases de tratamiento formando complejos hidrológicos del suelo y la vegetación. Esta tabla se utiliza para seleccionar el número de curva CN en función de los parámetros anteriores y considerando una determinada humedad antecedente, como se mostrará adelante, Los números muestran el valor relativo de los complejos como productores directos de escurrimiento. Cuanto más elevado sea el número, mayor es el volumen de escurrimiento directo que puede esperarse de un aguacero. Esta tabla se preparó usando datos de cuencas aforadas con suelo y vegetación conocidos. El valor de los aguaceros se utilizó para construir una curva en función del escurrimiento directo para las crecientes anuales y otras avenidas importantes.

9.3.5.4 Condiciones de Humedad Antecedente a la Lluvia de Diseño

Para seleccionar el valor CN se tiene en cuenta el estado de humedad del suelo previo a la lluvia que se estudia, considerando la cantidad de lluvia caída en el período de los cinco (5) días anteriores, estableciéndose tres (3) clases de relaciones con dicha cantidad de lluvia.

En la Tabla 9.33 se presentan las condiciones y los valores correspondientes. Las condiciones medias quedan incluidas en la condición II, que corresponde al cuadro de curvas de escorrentía para los complejos suelo cobertura (CN) que se presenta más adelante.

Tabla 9.33. Condiciones de humedad antecedente a la lluvia de diseño

Período vegetativo	Lluvia antecedente
Período inactivo de las plantas	Lluvia acumulada de los 5 días previos al aguacero en consideración
I	00,0 – 12,7 mm
II	12,7 – 28,0 mm
III	más de 28,0 mm
Período de crecimiento de las plantas	
I	00,0 – 35,5 mm
II	35,5 – 53,3 mm
III	más de 53,3 mm

Fuente: Ven T. Chow, 1964.

Así pues, en aras de estimar las condiciones más desfavorables del suelo, se procedió a utilizar la condición de humedad antecedente III.

9.3.5.5 Determinación de la Lluvia Efectiva

Este parámetro se calcula aplicando la relación:

$$S' = \frac{(P_e)^2}{Q} - P_e$$

Dado que la esorrentía acumulada "Q" es la misma lluvia efectiva, inicialmente se determina la infiltración potencial "S" por medio de la siguiente expresión, para lo cual se debe conocer el número de curva CN.

$$S = \frac{1.000}{CN} - 10,0$$

La siguiente tabla se utiliza para determinar los valores de CN en función de las prácticas agrícolas y condición hidrológica promedia (condición II).



Tabla 9.34. Selección del valor CN" considerando diferentes combinaciones hidrológicas de suelo y vegetación

Cobertura y uso del suelo	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	Grupos hidrológicos de suelos			
			A	B	C	D
			Número de curva (CN)			
Rastrojo	Hileras Rectas		77	86	91	94
Cultivos en Hileras	Hileras Rectas	Mala	72	81	88	91
	Hileras Rectas	Buena	67	78	85	89
	Curvas de Nivel	Mala	70	79	84	88
	Curvas de Nivel	Buena	65	75	82	86
	Cur/Niv y Terrazas	Mala	66	74	80	82
Cultivos en Hileras Estrechas	Cur/Niv y Terrazas	Buena	62	71	78	81
	Hileras Rectas	Mala	65	76	84	86
	Hileras Rectas	Buena	63	75	83	87
	Curvas de Nivel	Mala	63	74	82	85
	Curvas de Nivel	Buena	61	73	81	84
Legumbres en Hileras estrechas O pastos en Rotación 1/	Cur/Niv y Terrazas	Mala	61	72	79	82
	Cur/Niv y Terrazas	Buena	59	70	78	81
	Hileras Rectas	Mala	66	77	85	89
	Hileras Rectas	Buena	58	72	81	85
	Curvas de Nivel	Mala	64	75	83	85
Pastos de Pastoreo	Curvas de Nivel	Buena	55	69	78	83
	Cur/Niv y Terrazas	Mala	63	73	80	83
	Cur/Niv y Terrazas	Buena	51	67	76	80
		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
Pastos de Corte		Buena	39	61	74	80
	Curvas de Nivel	Mala	47	87	81	88
	Curvas de Nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de Nivel	Buena	6	35	70	79
Bosque		Buena	30	58	71	78
Solares		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Vías destapadas 2/		-----	59	74	82	86
Pavimentos		-----	72	82	87	89
		-----	74	84	90	92

1/ Siembra tupida o al volé
2/ Incluyendo derecho de vía,

Fuente: Ven T. Chow, 1964.

La condición hidrológica que hace referencia al grado de infiltración corresponde a la siguiente interpretación:

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

- Buena Para alta capacidad de infiltración, bajo potencial de escorrentía.
- Regular Para regular capacidad de infiltración, regular potencial de escorrentía.
- Mala Para baja capacidad de infiltración, alto potencial de escorrentía.

Para la condición hidrológica se hace referencia al grado de cobertura vegetal y puede establecerse de la siguiente manera:

- Buena Para cobertura de más del 75% del área.
- Regular Con cobertura entre 50% y 75%.
- Mala Cobertura menor del 50%.

Para determinar las condiciones de escorrentía de la cuenca Quebrada El Chulo, se estableció el CN (III), a partir de la siguiente ecuación

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



Para calcular el valor de CN (III) de la cuenca Quebrada El Chulo y así mismo sus condiciones de escorrentía, se establecieron las propiedades de humedad antecedente II - CN (II), las cuales están en función de las coberturas que se encuentran en la extensión de la cuenca. A continuación, en la Tabla 9.35 se muestran los valores establecidos para cada una las coberturas identificadas dentro de la cuenca.

Tabla 9.35. Valores de CN II cuenca Quebrada El Chulo

COBERTURA			GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELOS			
			A	B	C	D
N1	N2	N3	NÚMERO DE CURVA (CN II)			
Bosques y Áreas Seminaturales	Bosques	Bosque fragmentado	45	66	77	83
Territorios Agrícolas	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de pastos y cultivos	72	81	88	91
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos arbolados	39	61	74	80
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos enmalezados	39	61	74	80
Territorios Artificializados	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	76	85	89	91
Territorios Artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	51	68	79	84
Bosques y Áreas Seminaturales	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Tierras desnudas y degradadas	45	66	77	83
Bosques y Áreas Seminaturales	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación secundaria o en transición	25	55	70	77

Fuente: INCIGE, 2022 adecuado de Ven T. Chow, 1964.

Posterior a la definición de los valores de CN (II), se calculan las condiciones de humedal antecedente III - CN (III) a partir de la ecuación anteriormente

 <p>INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.</p>	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	 <p>Somos VIDA Confianza Desarrollo</p>
--	--	--

mencionada, para finalmente establecer las propiedades de escorrentía que tiene la cuenca en condiciones críticas. En la Tabla 9.36 se describe el resultado del CN para la cuenca Quebrada El Chulo, la cual se definió a partir de las condiciones de CN (II) establecidas por cobertura.

Tabla 9.36. Valores de CN III cuenca Quebrada El Chulo

COBERTURA			GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELOS			
			A	B	C	D
N1	N2	N3	NÚMERO DE CURVA (CN II)			
Bosques y Áreas Seminaturales	Bosques	Bosque fragmentado				
Territorios Agrícolas	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de pastos y cultivos				
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos arbolados				
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos enmalezados				
Territorios Artificializados	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados				
Territorios Artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	71	83	90	92
Bosques y Áreas Seminaturales	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Tierras desnudas y degradadas				
Bosques y Áreas Seminaturales	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación secundaria o en transición				

Fuente: INCIGE, 2022 adecuado de Ven T. Chow, 1964.

Una vez establecidas estas propiedades, es posible determinar el número CN siguiendo los cuadros guía de esta metodología. El número CN permite, entonces establecer la escorrentía directa a partir de las siguientes expresiones:

$$P_e = \frac{[CN((P/R) + 2) - 200]^2}{CN [CN((P/R) - 8) + 800]} ; P \geq R * \left(\frac{200}{CN}\right) - 2; R = 2.54$$

Dónde: P: Profundidad de precipitación en cm.



Pe: Profundidad de exceso de precipitación en cm.

Debido a las distintas condiciones del suelo y coberturas, se puede ponderar el valor de CN respecto al área:

$$CN_{comp} = \frac{CN_{bosques} * A_{bosques} + CN_{Cultivos} * A_{Cultivos} + CN_{urbana} * A_{urbana}}{A_{total}}$$

Las pérdidas iniciales de la lluvia se estiman a partir de la ecuación de hipótesis que define el método del SCS:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Donde I_a se refiere a las pérdidas iniciales antes del encharcamiento, que a su vez se definen como:

$$I_a = 0.2 \cdot S = 0.2 \cdot \left(\frac{25400}{NC} - 254 \right)$$

El tiempo de concentración se define como el tiempo mínimo en el cual la totalidad de la cuenca está aportando flujo de escorrentía al punto de descarga, determinado por el tiempo transcurrido desde que el agua que se encuentra en el punto más alejado llega hasta el punto de control (ver Tabla 9.28 y Tabla 9.29).

El tiempo de rezago corresponde al tiempo comprendido entre el centroide del histograma de precipitación efectiva y el pico del hidrograma de escorrentía directa correspondiente. La experiencia del SCS ha mostrado la siguiente relación típica para estimar el tiempo de rezago en una cuenca:

$$t_l = 0.6 \cdot t_c$$

Donde t_l = tiempo de desfase de la hoya hidrográfica en horas y t_c es el tiempo de concentración.

El SCS de los Estados Unidos propone usar el hidrograma unitario adimensional de la figura mostrada a continuación, basado en la combinación de hidrogramas unitarios en diferentes cuencas en Estados Unidos para diferentes condiciones climatológicas y áreas de drenaje. Para definir el hidrograma unitario adimensional se calcula el caudal pico (q_p) y el tiempo al pico (t_p) con las expresiones:

$$q_p = 0.208 \cdot \frac{A}{t_p} \quad t_p = \sqrt{t_c} + 0.6 \cdot t_c$$

Dónde: q_p es el caudal pico, en $m^3/s/mm$.



A es el área de la cuenca, en km^2 .

t_c es el tiempo de concentración, en horas.

t_p es el tiempo pico, en horas.

9.3.6 Modelación Hidrológica

Con los datos obtenidos se realizó la modelación hidrológica por medio del software HEC-HMS para obtener los hidrogramas para los diferentes períodos de retorno, analizando el comportamiento de cada subcuenca, para lo cual se emplearon diferentes escenarios, asociados a distintos períodos de retorno, a la simultaneidad de eventos, a la probabilidad de ocurrencia y a las condiciones de frontera y así

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

determinar los caudales máximos de las crecientes correspondientes a los diferentes períodos de retorno.

9.3.7 Análisis de Frecuencia de Lluvias Máximas en 24 Horas y Determinación del Aguacero de Diseño

El cálculo de las lluvias máximas con diferentes períodos de retorno se efectuó mediante una hoja electrónica en Excel (Anexo 12), la cual, contiene todo el procedimiento descrito anteriormente en el numeral 9.3.4.

Para las precipitaciones máximas en 24 horas, obtenidas mediante la interpolación, se calculó cada distribución probabilística y se aplicó la prueba de Chi-Cuadrado. En la Tabla 9.37 se presentan los resultados de frecuencia de las precipitaciones máximas.

Tabla 9.37. Precipitación Máxima en 24 Horas con Diferentes Períodos de Retorno Quebrada El Chulo



Tr (Años)	Precipitación Máxima, P _T (mm)
2.33	45.2
5	51.1
10	55.0
15	56.9
25	59.1
50	61.8
100	64.2

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.3.8 Determinación de las Crecientes con Diferentes Períodos de Retorno

El procedimiento utilizado para construir el hidrograma de la creciente de diseño es el siguiente.



1. Se calcula el área de la cuenca considerada. Su determinación se efectuó por medio del programa ArcGIS. Para valorar el área se delimitó en la subcuenca tomando en consideración las líneas divisorias y se pueden observar en la Tabla 9.30.
2. Se utiliza como insumo el valor de las lluvias máximas en 24 horas con diferentes períodos de retorno tal como se muestra en la Tabla 9.37.
3. La duración de la lluvia de diseño, como se trata de una cuenca relativamente grande, se adopta una lluvia con una duración de 3,0 horas.
4. A partir del área de la cuenca, se aplica un factor de reducción de 0.82 (estimado a partir de la metodología de Fhrüling) para representar la distribución espacial de la lluvia en la zona estudiada.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

5. Debido a que la distribución temporal de los aguaceros en cualquier estación es aleatoria, se adopta la siguiente curva que son los términos medios de acuerdo con las curvas de probabilidad del 50% entre los Cuartiles I y IV los más comúnmente empleados (Back, 2011), las cuales son usualmente empleadas para este tipo de proyectos para obtener una distribución temporal de la precipitación.
6. Se selecciona el intervalo "D" para todo el período del aguacero menor a la quinta parte del tiempo de concentración, Así, la lluvia anteriormente seleccionada se divide en 10 intervalos de tiempo de duración "D" cada uno.
7. Se definen los valores secuenciales del aguacero de diseño. Inicialmente se seleccionan los incrementos de tiempo "D", en horas; se registran los porcentajes de cada incremento respecto a la duración de la lluvia total, se escriben los incrementos de la lluvia frente a cada incremento de tiempo, en mm y se calculan los valores acumulados de la lluvia, en mm.
8. A partir de las coberturas vegetales presentes en la cuenca, se determinó el Número de Curva (CN) asociado a cada una de ellas. El trabajo se adelantó por medio de la visita de campo e imágenes satelitales.
9. El método de selección de las estaciones para la cuenca de la Quebrada El Chulo, se partió de la información disponible en la zona, que para este caso fue las estaciones que se encuentran en la Tabla 9.31.
10. Con los datos anteriores se selecciona el número de curva CN que representa el complejo hidrológico suelo-cubierta vegetal de la cuenca, de acuerdo con el procedimiento mostrado. El valor de curva número CN para la condición de humedad antecedente II se determinó en función del tipo de suelo, cobertura vegetal y relieve. Estas características fueron determinadas mediante el análisis de la información mostrada anteriormente, apoyada con visitas de campo efectuadas con este propósito.
11. Se estima la lluvia efectiva, es decir, el escurrimiento directo con las siguientes fórmulas, usando el valor "CN" seleccionado anteriormente, que representa el complejo hidrológico suelo-cubierta vegetal para la condición más apropiada. El detalle de los cálculos realizados con el programa HEC-HMS se muestra en el Anexo 12.

$$Q = \frac{(P - 5,08S)^2}{P + 20,32S}$$

$$S = \frac{1.000}{CN} - 10,0$$

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Q - Lluvia efectiva o escorrentía acumulada, en mm,

P - Precipitación total del evento, en mm,

S - Infiltración potencial, en mm,

Para efectuar este cálculo por intervalos, se analizan los incrementos de tiempo "D" (en horas) y los incrementos de la lluvia frente a cada incremento de tiempo, en mm; se determinan los valores acumulados de la lluvia, en mm; se indican los valores acumulados de la lluvia efectiva (escurrimiento) en mm, los cuales se calculan con la fórmula:

$$Q = \frac{(P - 5,08S)^2}{P + 20,32S}$$

El valor "S" se determina con la siguiente relación, utilizando el valor "CN" previamente determinado,

$$S = \frac{1.000}{CN} - 10,0$$

Se consignan los incrementos de la lluvia efectiva (escurrimiento) en mm, para cada intervalo de tiempo y se tabulan los incrementos de las pérdidas en mm.

12. Se calcula la longitud del cauce principal (cauce más largo) desde su nacimiento hasta el extremo inferior de cada cuenca, la pendiente longitudinal media y el desnivel de la corriente entre su nacimiento y la sección mencionada. Este cálculo se presenta para cada una de las subcuencas expuestas en el numeral 9.1.

13. Se determina el tiempo de concentración para la cuenca utilizando la pendiente longitudinal y los desniveles correspondientes. Este cálculo se presenta para cada una de las subcuencas expuestas en el numeral 9.1. (Ver Tabla 9.30), por tal motivo no se presentan nuevamente.

14. Se calculan los hidrogramas triangulares para cada incremento de escurrimiento en horas. Para el intervalo de tiempo "D" seleccionado, se calcula el tiempo al pico, t_p , el tiempo base, t_b y el caudal máximo, q_p para 1 mm de escorrentía, es decir, de lluvia efectiva. En el Anexo 12 se muestran los cálculos de los hidrogramas utilizando el programa HEC-HMS, los cuales también puede ser evidenciados directamente.

15. Se determinan los caudales pico o máximos de los hidrogramas triangulares para cada incremento de escurrimiento. Estos máximos se obtienen multiplicando el caudal máximo de 1 mm de escurrimiento (calculado en el paso anterior) por el incremento de lluvia efectiva (escurrimiento). Se parte de los incrementos de tiempo "D" (en horas) definidos anteriormente y de los incrementos de la lluvia efectiva (escurrimiento) en mm. Se consideran los valores de los caudales máximos (caudales

pico) de cada uno de los hidrogramas unitarios en m³/s/mm, es decir, caudales producidos por 1 mm de lluvia efectiva, determinados de manera idéntica para cada intervalo de tiempo con la ecuación:

$$q_p = \frac{0,2083 \cdot A}{t_p}$$

q_p: caudal pico del hidrograma triangular, en m³/s/mm

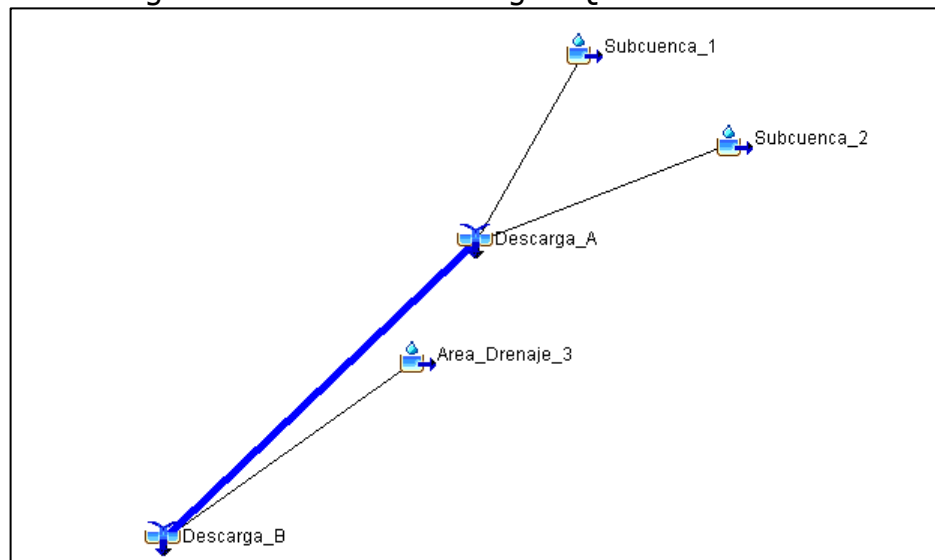
A: área de la cuenca aferente, en km²

t_p: tiempo al pico del hidrograma unitario triangular, en horas.

9.3.9 Crecientes Máximas Obtenidas para la Cuenca Aportante

Siguiendo el procedimiento mostrado en el anterior numeral se utilizó el programa HEC-HMS para realizar los cálculos completos. En la Figura 9.12 se presenta la topología del modelo hidrológico para la Quebrada El Chulo (que se realizó a partir de dos subcuencas y una subsecuente área de drenaje, conforme las características hidrográficas de la cuenca) y a continuación, se muestran las crecientes máximas obtenidos al aplicando la metodología anteriormente expuesta con los parámetros indicados con diferentes períodos de retorno.

Figura 9.12. Modelo hidrológico Quebrada El Chulo



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

Cabe mencionar que las crecientes son eventos hidrológicos extraordinarios que se presentan en las corrientes naturales durante las cuales las magnitudes de los

caudales superan ampliamente los valores promedio registrados o estimados en dichas corrientes. Por lo tanto, la generación de los hidrogramas de salida se realizó a partir de la consideración del hidrograma unitario, afectado por la escorrentía directa o precipitación efectiva en cada una de las subcuencas. Una vez asignadas las características de la lluvia total espacial, el número de curva CN (estimado a partir del cruce del grupo hidrológico de suelos con el análisis de las coberturas y usos actuales del suelo), el área de drenaje, y del tiempo de retardo para la hoya hidrográfica al modelo Hidrológico HEC-HMS, se calcularon los caudales máximos instantáneos anuales de las crecientes producidas para los distintos períodos de retornos, insumo con el cual se realizará la modelación hidráulica para el acotamiento de ronda.

Los siguientes son los valores de las crecientes obtenidas para la cuenca aferente:

Tabla 9.38. Resultados del modelo hidrológico en las subcuencas

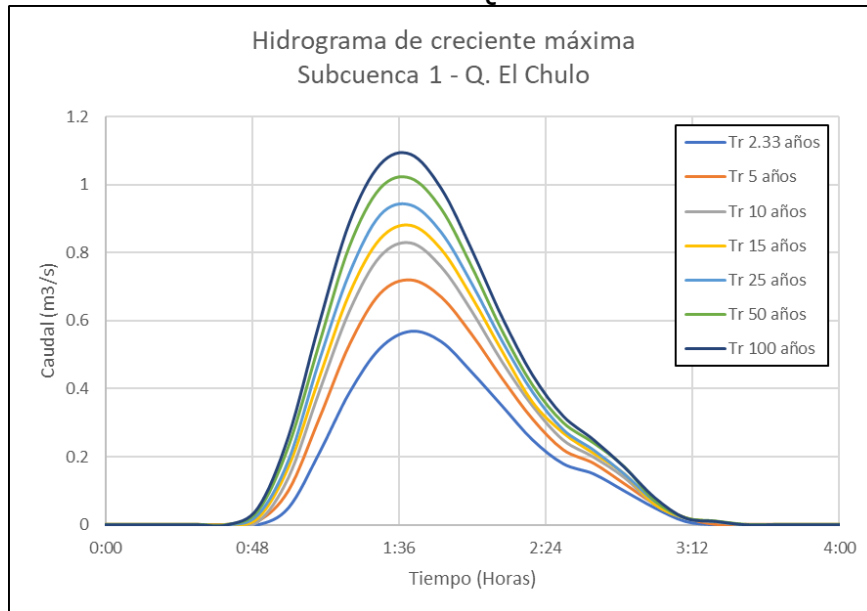
Cuenca	Caudales máximos (m ³ /s)						
	Tr 2.33 años	Tr 5 años	Tr 10 años	Tr 15 años	Tr 25 años	Tr 50 años	Tr 100 años
Subcuenca 1	0.57	0.72	0.83	0.88	0.94	1.02	1.09
Subcuenca 2	1.81	2.24	2.53	2.68	2.85	3.05	3.24
Área de Drenaje 3	1.68	2.01	2.24	2.35	2.48	2.63	2.78
Salida	2.63	3.24	3.66	3.87	4.11	4.41	4.68

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los diferentes periodos de retorno. Los datos de origen se encuentran en el Anexo 12.

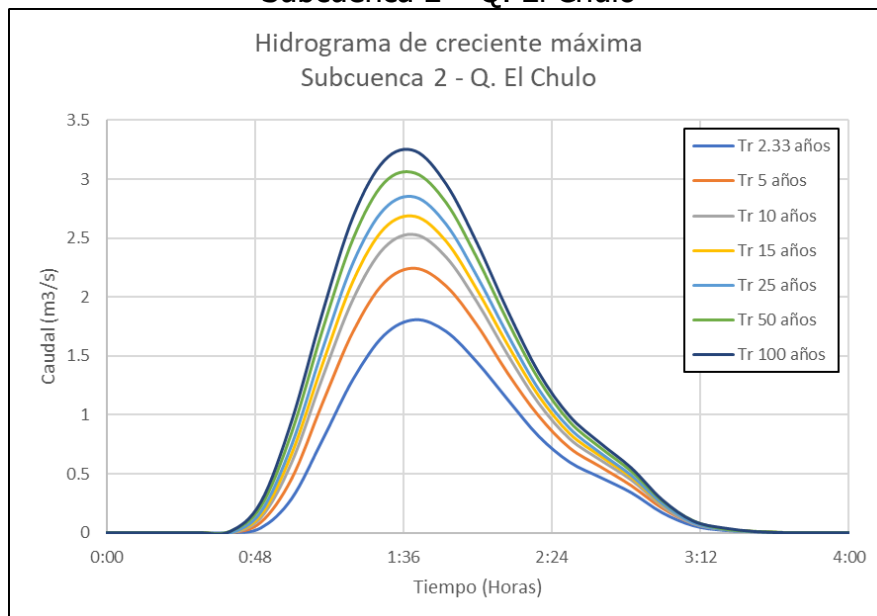
De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 9.38 y la Figura 9.13 a la Figura 9.15 donde se muestran los hidrogramas para todos los periodos de retorno se puede analizar que la subcuenca 2 posee los mayores valores de caudal, en un rango desde los 1.81 m³/s (Tr 2.33) hasta los 3.24 m³/s (Tr 100), lo cual guarda relación con su área puesto que esta subcuenca es la de mayor extensión (0.54 km²), por otra parte, el área de drenaje 3 presenta caudales en un rango de los 1.68 m³/s (Tr 2.33) hasta los 2.78 m³/s (Tr 100), con un área de 0.38 km², finalmente, la subcuenca 1, con un área de 0.21 km², genera caudales desde los 0.57 m³/s (Tr 2.33) hasta los 1.09 m³/s (Tr 100).

Figura 9.13. Hidrograma de creciete para diferentes periodos de retorno de la Subcuenca 1 – Q. El Chulo



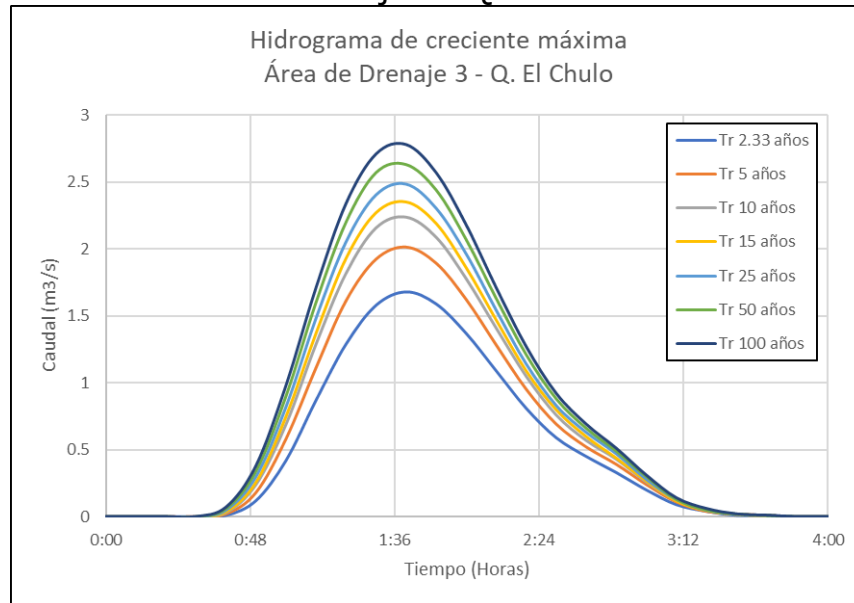
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.14. Hidrograma de creciete para diferentes periodos de retorno de la Subcuenca 2 – Q. El Chulo



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.15. Hidrograma de creciete para diferentes periodos de retorno del Área de Drenaje 3 – Q. El Chulo



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

En la Tabla 9.38 se presenta los resultados del modelo hidrológico para diferentes periodos de retorno en las subcuencas y en la salida de la cuenca.

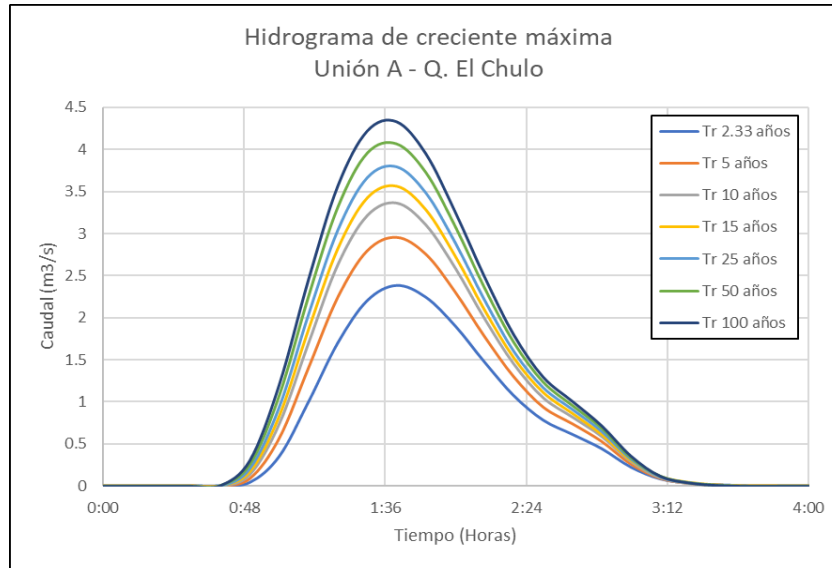
Realizando un análisis a la Tabla 9.38 y a la Figura 9.16 y Figura 9.17, se puede mencionar que el caudal de respuesta para el tramo objeto de estudio de la Quebrada El Chulo, tiene una magnitud simulada de 4.68 m³/s para un periodo de 100 años, para un Tr de 50 años 4.41 m³/s, para un Tr de 25 años 4.11 m³/s, para un Tr de 15 años 3.87 m³/s, para un Tr de 10 años 3.66 m³/s, para un Tr de 5 años 3.24 m³/s y para un Tr de 2.33 años está en el orden de 2.63 m³/s.

Estos hidrogramas son el insumo primordial para la modelación hidráulica para el cálculo de la ronda hídrica.

Así pues, los caudales para un Tr de 15 y 100 años (los cuales son los requeridos para la definición de la ronda hídrica, conforme la normativa vigente) fueron de 4.68 m³/s y 3.87 m³/s, valores que se asocian con un rendimiento hídrico de 4216 y 3412 l/s- km², lo que indica que la cuenca presenta una alta respuesta hídrica asociada a la ocurrencia de aguaceros extremos, lo que coincide con las emergencias reportadas en la Quebrada El Chulo. Asimismo, el caudal para un Tr de 2.33 años (que se asocia a la creciete promedio) es de 2.63 m³/s con un rendimiento hídrico de 2319 l/s- km² que corrobora la respuesta rápida de la cuenca. Además, es de destacar que la diferencia entre el caudal máximo de 2.33 años y el de 100 años es

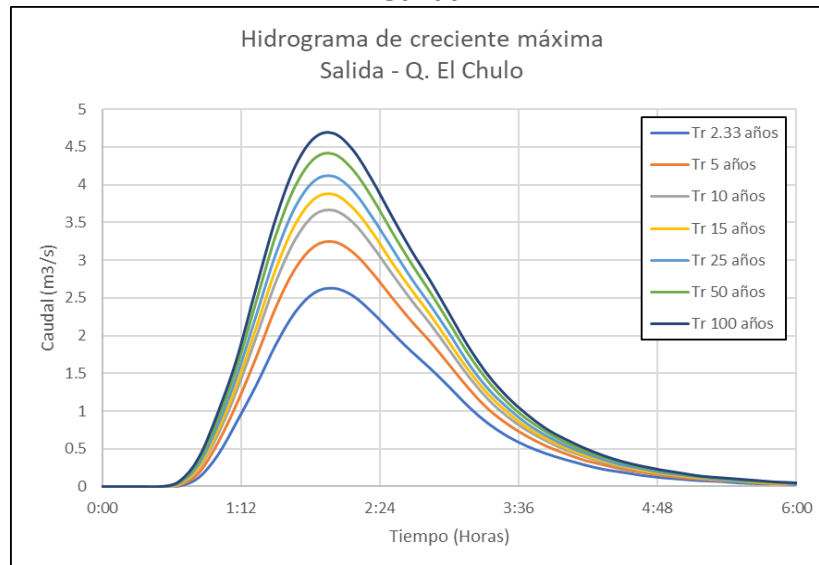
cerca del 56%, siendo casi el caudal máximo de 100 años el doble del caudal máximo promedio (2.33 años).

Figura 9.16. Hidrograma de creciete para diferentes periodos de retorno para la Unión A





Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.17. Hidrograma de creciete para diferentes periodos de retorno para la Salida



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

9.4 MODELACIÓN HIDRÁULICA

9.4.1 Modelos Hidrodinámicos del Mercado

La selección de un modelo hidráulico requiere la comprensión de las condiciones geométricas e hidráulicas del flujo, caracterizando la zona de estudio y su impacto al utilizarlo como herramienta para la toma de decisiones. Es necesario determinar cuáles son los requisitos de las herramientas para mantener similitudes y analogías con el fin de comprender el objeto de investigación para maximizar los resultados a obtener. Por lo tanto, es necesario que el modelador comprenda la física y matemática de las ecuaciones gobernantes para poder analizar completamente los resultados y posteriormente elegir una alternativa de solución al problema, debe sopesar el costo de implementación, la información disponible sobre su estado, de esto último dependerá la complejidad del entorno y la asignación al tiempo para estudiar el fenómeno, así como el modelo, la profundidad del análisis y la realización de la correcta calibración.

9.4.2 Marco Conceptual del HEC RAS (2D)

El Software HEC-RAS 6.0 fue desarrollado por la U.S. Army Corps of Engineers, este modelo en su simulación bidimensional utiliza como base las ecuaciones de conservación de masa (continuidad) y de Saint Venant o ecuaciones para aguas poco profundas (en 2 dimensiones).

Para el desarrollo del modelo hidráulico se utiliza como información base la topografía y batimetría, caudales de entrada (con la pendiente longitudinal en cada ingreso de caudal), condiciones de salida de caudal y las distintas rugosidades de Manning (n) acorde a las coberturas presentes en el área de modelación y rugosidades equivalentes calculadas previamente.

Para la zona de estudio se utiliza el MDT elaborado en el marco de la presente consultoría, mostrado en la Figura 9.18 donde se observa el detalle del levantamiento para cauce, vías y topografía en general en la zona de estudio.



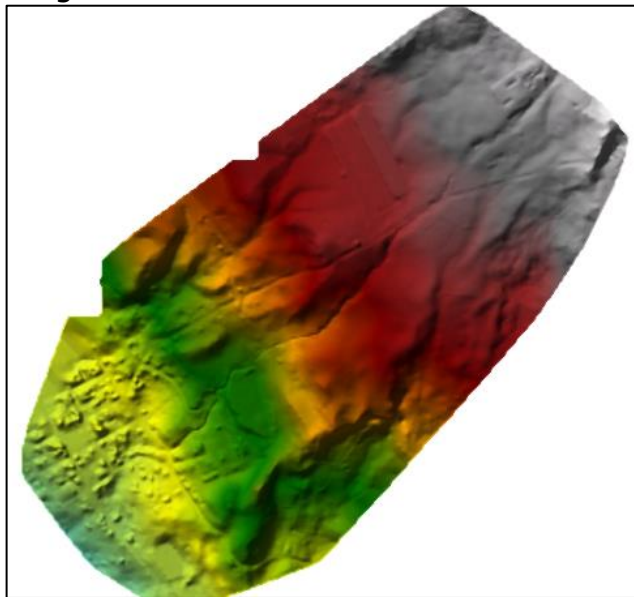
	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Figura 9.18. Detalle levantamiento LIDAR

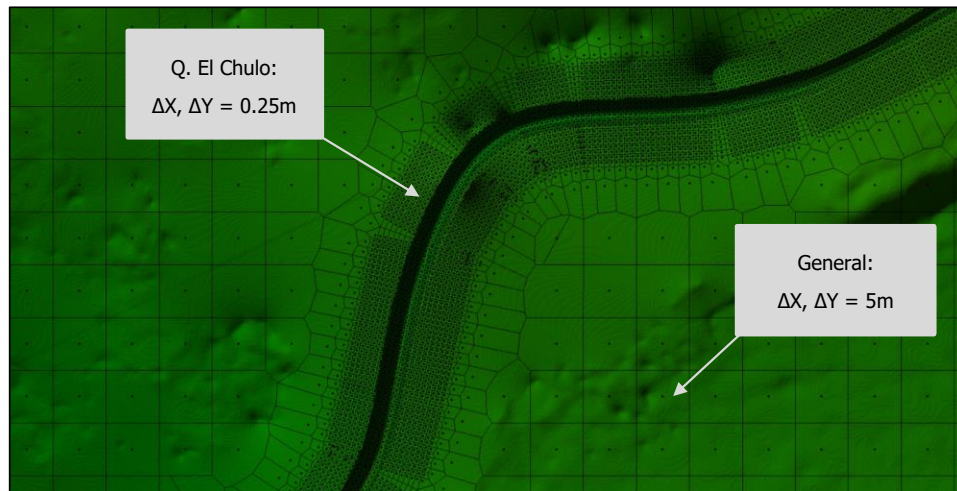


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Estabilidad computacional y calibración del modelo: Para la obtención de resultados lo más cercanos a la realidad, basados en el sesgo propio del modelo y las variables que aún no se toman en las ecuaciones gobernantes del software, se decretan condiciones de cumplimiento en el modelo, acorde con las rugosidades que representen adecuadamente la superficie del terreno, tamaños de malla y selección adecuada de las ecuaciones que resuelvan apropiadamente el comportamiento del flujo en el modelo hidrodinámico. Lo anterior garantiza una buena representación (aproximada) de la realidad en el modelo hidráulico.

Tamaño de malla computacional: Para definir los tamaños de malla se utiliza como criterio la estabilidad numérica mediante el criterio del número de Courant (este involucra también el delta de paso de tiempo computacional, más adelante explicado), así como la resolución del MDT empleado en la modelación hidráulica. Así pues, para las zonas del cauce de la quebrada se utilizó un tamaño de malla de 0.5 m x 0.5 m, mientras que para las áreas de las planicies se utilizó un mallado de 5.0 x 5.0 m, con una transición entre ambas áreas con resolución de 1.0 m x 1.0 m. Lo anterior, en virtud de optimizar los tiempos de cálculo computacional, así garantizar la calidad de los resultados de las simulaciones hidrodinámicas (ver Figura 9.19).

Figura 9.19. Resolución malla computacional



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Condiciones de Frontera: Como condiciones de frontera para el modelo hidráulico se utiliza la pendiente de fricción, tomada como la pendiente del canal en cada uno de los puntos donde exista entrada o salida de caudal, igualmente se garantiza en cada cara de las celdas la independencia acorde al terreno que posee, es decir, cada entrada o salida tendrá variación de los parámetros hidráulicos generados por el modelo a largo de la línea marcada para tal fin. Asimismo, como condición de frontera se colocan los hidrogramas estimados en el capítulo de hidrología. En la Tabla 9.39 se describe las condiciones de frontera o borde asignadas en la zona de estudio.

Tabla 9.39. Condición de Frontera

FRONTERA (BORDE)	MODO DE CONEXIÓN	CONDICIÓN DE BORDE	VALOR ASIGANDO
SALIDA	Externa	Pendiente normal del cauce	0.0054
ENTRADA	Interna	Hidrograma	Hidrogramas Tr 2.33, 5, 10, 15, 25, 50 y 100

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Condiciones iniciales y paso de tiempo computacional: Para las condiciones iniciales se toma el tránsito para los periodos de retorno a 2.33, 15 y 100 años garantizando su tránsito en la totalidad del tramo simulado, con el fin de obtener la mancha de inundación, velocidad y profundidad de la lámina de agua, además de restricciones de carácter numérico al desarrollar las ecuaciones de Saint Venant que se muestran al inicio del numeral 9.4.2 como son:

- Tolerancia de error en la superficie de agua de 0,01 m basado en un máximo de 40 iteraciones. En caso tal de presentarse valores de cota de lámina de agua tendientes a la divergencia o con errores altos (mayores a 0,2 m) para un paso de tiempo computacional, se verifica su permanencia en todos los pasos de tiempo de computación; si al paso siguiente o cercano logra estabilizarse y reducir su error a los estándares estipulados inicialmente, se considera una celda con un resultado aceptable.
- La cota de lámina de agua siempre debe tender a la convergencia, en su solución de cuatro opciones posibles solo se permiten 1 y 2 (Ver Tabla 9.40).

Tabla 9.40. Condición de solución para cada paso de tiempo computacional

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
1	Llegó al máximo de iteraciones (40) convergiendo.
2	Llegó al máximo de iteraciones (40) divergiendo.
3	Llegó al máximo de iteraciones (40) divergiendo con la elevación de la superficie agua (m) positivamente y negativamente.
4	Llegó al máximo de iteraciones (40) convergiendo con la elevación de la superficie agua (m) positivamente y negativamente.

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Igualmente, se considera el llenado de las celdas partiendo de condiciones secas, para observar el proceso de calentamiento y adaptación de cada una de ellas con el caudal inicial, a fin de garantizar un buen comportamiento de los caudales mayores en tiempos posteriores. Cabe aclarar que toda condición o restricción será evaluada por el modelador y acorde a la importancia de una celda distante sobre las demás podrá aceptarse y considerarse como una celda cuasiestable, siempre y cuando como se indica pertenezca a un grupo o área de poca relevancia para el proyecto.

Para la calibración y estabilidad computacional del modelo se opta por tomar un paso de tiempo computacional (Δt) de 0,2 s, el cual es la variación temporal para iniciar un nuevo cálculo de las variables hidráulicas en cada celda computacional, esto cumpliendo con la condición de Courant, la cual equilibra la relación “tiempo computacional vs resolución y calidad del resultado que se desea” (sin excedencias); este tiempo cumple para los todos los tipos de malla computacional acorde a la resolución necesaria objeto del presente estudio.

Este paso de tiempo está ligado a la estabilidad del modelo durante todo el fenómeno en el tramo de estudio, por tanto, este tiempo debe verificarse de inicio a fin para garantizar que durante toda la modelación fue estable.

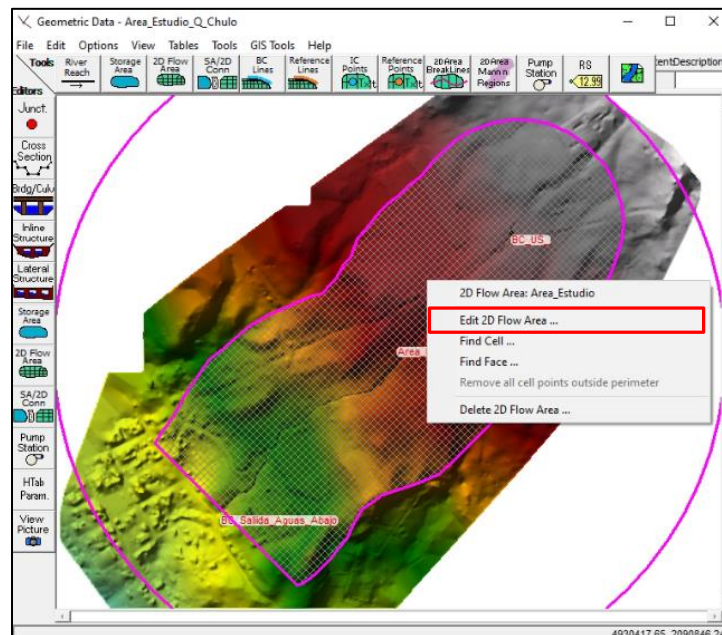
9.4.3 Generación de la Geometría 2D

El esquema numérico utilizado en HEC-RAS 2D permite generar geometrías para mallas estructuradas y no estructuradas, cada una con un número de aristas que va de 3 a 8 lados. Brevemente, el proceso consiste en dibujar un polígono que encierra el área a evaluar, indicando el tamaño de malla que se utilizará en el modelo hidráulico y finalmente dibujando los límites que impondrán las condiciones de contorno. A continuación, se explicarán los pasos necesarios para generar geometría 2D.

El siguiente paso consiste en delimitar el área 2D (mallado computacional), donde se ingresan parámetros como el tamaño de malla, el valor de Manning para distintas coberturas, las zonas donde ingresan los caudales, entre otras. La forma en que se define la grilla la define el criterio geomorfológico.

Como puede verse, HEC-RAS 2D inicia el proceso de mallado con una malla estructurada que se puede modificar para adaptarse a la morfología del terreno.



Figura 9.20. Mallado 2D empleado



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.4.4 Datos para la Modelización en Condiciones de Flujo No Permanente

Respecto a este numeral, la información requerida para la modelización en flujo no permanente no difiere mucho respecto a versiones anteriores del software. Por lo

	<p style="text-align: center;">Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

cual se escribirá de forma puntual los puntos referidos a las condiciones de contorno y condiciones iniciales hidráulicas.

Las condiciones de contorno empleadas por el modelo 2D son 21: 20 Flow Hydrograph, y un (1) Normal Depth; de lo cual indica que se emplean para ingresar flujo al área 2D.

9.4.5 Ejecución del Modelo 2D

La ejecución del modelo 2D, requiere de una serie de configuraciones previas, que involucra establecer tolerancias de cálculo que permitan obtener resultados coherentes. Dos de los más importantes parámetros que configurar son: el tamaño de malla y el paso de tiempo de cómputo.

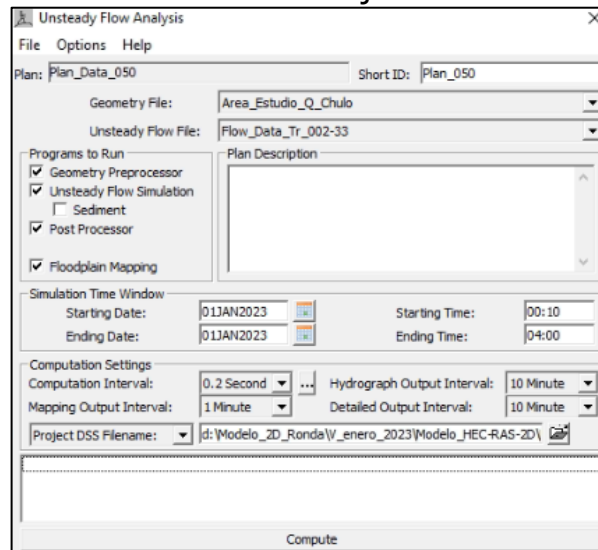
El tamaño de malla (Δx) nos permitirá que el modelo se adecue apropiadamente al terreno y de esa forma pueda incluir todas las obstrucciones presentes.

El paso de tiempo de cómputo (Δt) (Ver Figura 9.21), está relacionado al Número de Courant, que se obtiene de la relación entre espacio, velocidad y tiempo; siendo conocido que dicha relación debe ser menor o igual que la unidad.

La estrecha relación que existe entre los dos parámetros hace que debamos escoger un intervalo de tiempo adecuado para que funcione bien con la malla elaborada. Es así, que el usuario debe probar con diferentes tamaños de celda (Δx) y también con diferentes pasos de tiempo de cálculo (Δt) para poder tener una buena precisión numérica y reducir al mínimo el tiempo de cálculo. En el siguiente capítulo podremos ver los resultados obtenidos al modelar casos prácticos haciendo variar estos parámetros.

Una vez realizadas las recomendaciones anteriores, se debe realizar el análisis del flujo en condición no permanente. Tal y como en versiones anteriores, aparece una ventana desde donde podemos crear un plan de procesamiento, elegir la geometría a procesar, así como los datos de flujo no permanente a emplear en la modelización. La versión 6.0 de HECRAS, incluye ahora en esta ventana, la opción Floodplain Mapping (ver Figura 9.21), cuyo propósito es automatizar el proceso de cálculo de un mapa de inundación y usarlos en otras aplicaciones como HEC-WAT. Por defecto esta opción está desactivada. A continuación, se muestra una imagen de la ventana de análisis para definir el procesamiento en flujo en condiciones no permanentes.

Figura 9.21. Ventana de análisis de flujo en condición no permanente



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.4.6 Implementación del Modelo

Para desarrollar la modelación hidráulica de la Quebrada El Chulo, fue necesario desarrollar ciertos pasos metodológicos con el propósito de realizar el acotamiento de ronda.



A continuación, se realiza una descripción detallada de los pasos metodológicos desarrollados para realizar la modelación hidráulica.

9.4.6.1 Configuración del Sistema 2D

La discretización topológica del sistema se basó en las características del drenaje de la zona de estudio. En términos generales, el dominio se discretizó de la siguiente forma:

- Una zona de modelación 2D, compuesta por parte de la cuenca y la planicie inundable aferente a los drenajes a analizar en el área de estudio. Para esto se utilizó el MDT elaborado con un tamaño de píxel de 15 cm. Así pues, para la zona de cauce se utilizó un tamaño de mallado de 0.5 m y en la planicie de 5.0 m x 5.0 m.

Cabe resaltar que el modelo hidráulico se desarrolló con base en las ecuaciones de onda difusa para un flujo inestable (no permanente), ya que la modelación se hace a partir de las hidrógrafas de crecientes para los distintos periodos de retorno, por

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

lo que la sección transversal de drenaje y su velocidad varían a lo largo del tiempo, conforme este tipo de flujos.

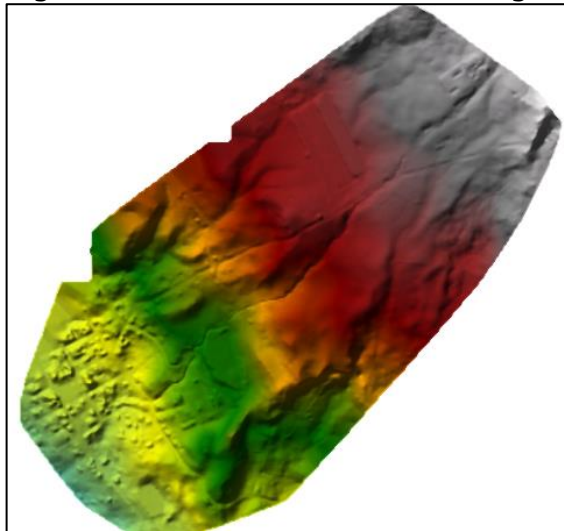
9.4.6.2 Discretización del Dominio 2D

Para poder calcular los patrones de flujo en el dominio 2D se hace necesario la discretización de esta área en elementos más pequeños.



La malla, después de haber sido refinada empleó celdas desde 0.5 m de lado para aquellas correspondientes con el cauce del drenaje (correspondiente con el cauce permanente del componente geomorfológico), mientras que para las áreas más planas (zonas inundables) el tamaño de celda fue de 5 m, esto debido al elevado costo computacional que implican un mallado de tamaño menor, además de que celdas con espaciamentos menores pueden ocasionar números de Courant elevados (que indican modelos inestables al solucionar las ecuaciones de onda difusa), lo cual se traduce en que las estimaciones hidráulicas no se desarrollan correctamente. Esto favorecerá al proceso de verificación del modelo hidrodinámico, el cual consume un elevado tiempo en ejecutarse y está íntimamente ligado a los tiempos de cálculo para cada uno de los escenarios planteados.

La malla utilizó el Modelo de Elevación digital (DEM) creado por el equipo de SIG de la consultoría, a partir de la unión del levantamiento Lidar, que posee una resolución espacial de 15 cm por 15 cm. Es importante resaltar que el mallado utilizó el DEM de 0.15m, pero las ecuaciones se hacen sobre la citada malla de 0.25 m.

Figura 9.22. Modelo de elevación digital



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

9.4.6.3 Condiciones de Borde e Iniciales del Modelo

Para alimentar el modelo y representar las crecientes de la quebrada, se fijó el sector del dominio 2D por donde entraría el flujo de agua proveniente de la Quebrada El Chulo, el cual se modela para los distintos escenarios analizados. En la Figura 9.23 y Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

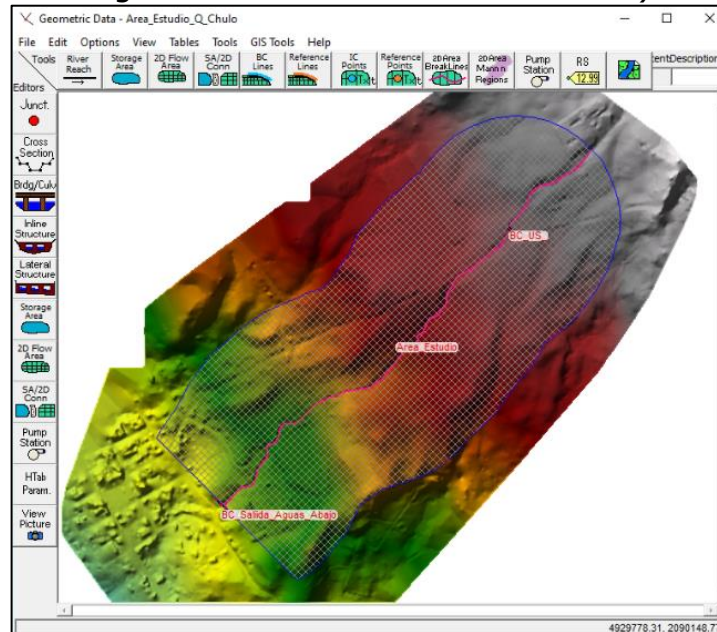
Figura 9.24 se presentan las condiciones de borde e iniciales del modelo hidráulico, el cual aplica para cada uno de los escenarios a modelar, los cuales corresponden con las hidrógrafas de la quebrada.

Como caudales de entrada, se condicionaron los hidrogramas para cada periodo de retorno, con el fin de garantizar el tránsito de la creciente a lo largo del tramo de estudio. A manera de ejemplo en la Figura 9.24 se presenta el hidrograma desarrollado para el tramo objeto de estudio de la Quebrada El Chulo para un periodo de retorno de 100 años. Estos se ingresan en el modelo como condiciones de frontera, los cuales se resaltan en la Figura 9.23 y Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.24.

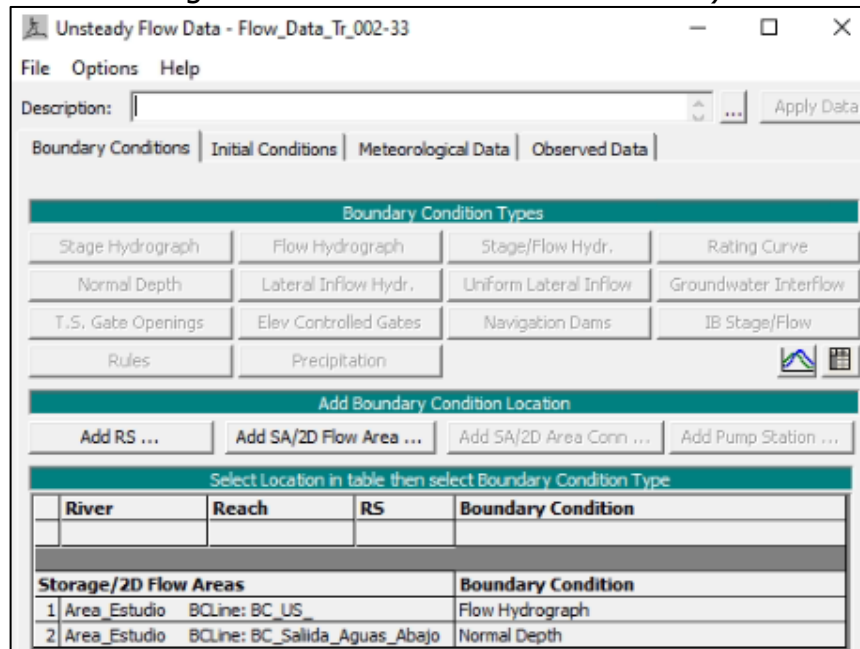
Los hidrogramas de entrada al modelo se determinaron en la entrada del tramo para definir la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo y al final del tramo para realizar el acotamiento. Teniendo en cuenta que en el tramo objeto de la modelación hidráulica no se tiene ninguna entrada del cauce o cuerpo de agua se determinó utilizar el hidrograma de creciente calculado a la salida del tramo de modelación con el propósito de tener los aportes por escorrentía que se puedan generar en este tramo.

Figura 9.23. Condiciones de Frontera a)



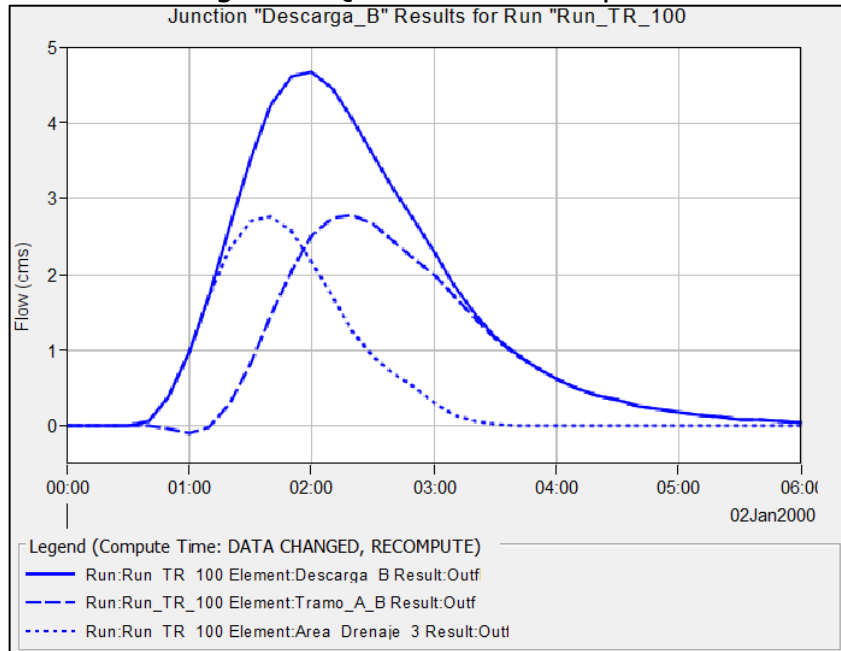
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.24. Condiciones de Frontera b)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.25. Hidrogramas Quebrada El Chulo para TR de 100 años

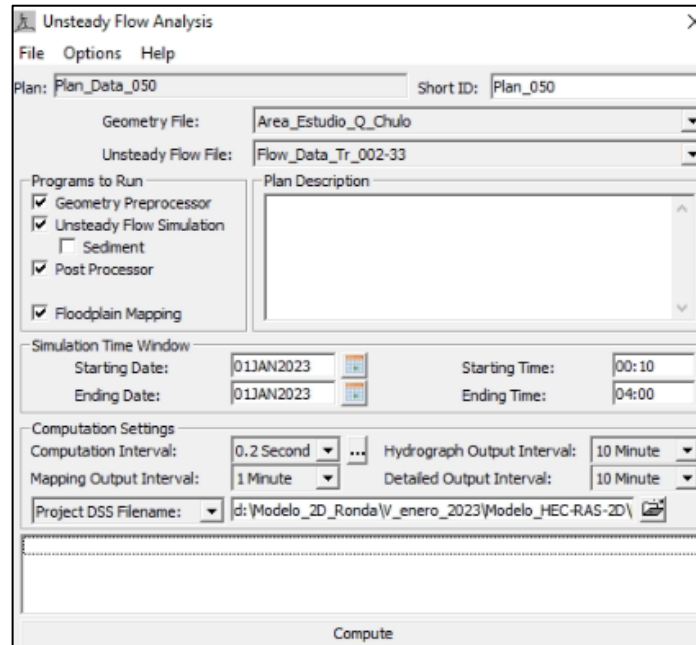


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.4.6.4 Configuración de Parámetros Computacionales

Con el fin de estimar las manchas de inundación por desbordamiento para los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años, se fijó la simulación para el escenario más crítico determinado en la guía para el acotamiento de la ronda hídrica y además con el fin de garantizar la estabilidad numérica y mantener los errores al mínimo en las simulaciones se utilizaron los siguientes parámetros:

Figura 9.26. Parámetros utilizados en la modelación hidráulica



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Tabla 9.41. Resumen de parámetros utilizados en la modelación hidráulica

PARÁMETRO	DATO
Aproximación Numérica	Onda Difusiva
Paso de Tiempo Calculo	0.2 s
Tiempo de Inicialización del Modelo (Warm Up)	4 horas
Control Automático de Paso de Tiempo para garantizar convergencia (Time Slicing)	Activado
Paso de Tiempo mínimo	1 min

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.4.6.5 Coeficientes de Rugosidad

Con el fin de representar lo mejor posible la resistencia hidráulica de la quebrada se adelantó un análisis en campo, que consiste en relacionar los posibles obstáculos en el propio cauce, las condiciones de las laderas, la presencia de vegetación y todos los demás parámetros que influyen en este parámetro, el cual se expresa mediante el coeficiente de rugosidad de Manning. En conjunto a esto, se realiza un análisis de las coberturas del área de estudio de la ronda hídrica, de los apuntes y fotos de campo, tablas tomadas de Chow (1994) e imágenes de Barnes (1967), para proceder a estimar los valores de la n de Manning para cada sector de acuerdo con las coberturas identificadas.

9.4.6.5.1 Resistencia Hidráulica Total en el área de flujo “n”

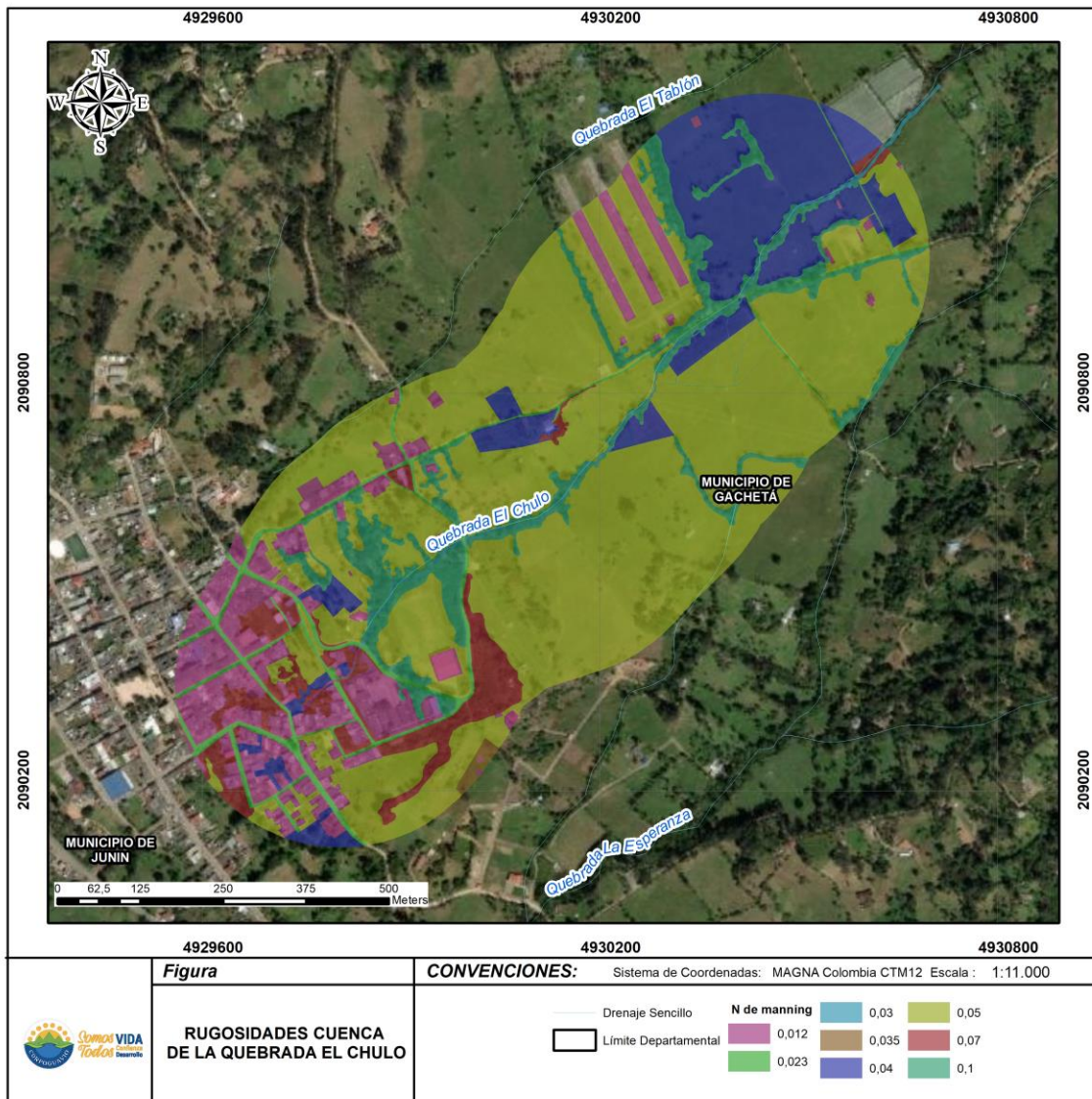
De acuerdo con lo expuesto anteriormente, solo se seleccionó un valor del n de Manning a lo largo del cauce, teniendo en cuenta que no hay muchas diferencias de la quebrada, este se estimó, a partir de las tablas tomadas de Chow (1994), visita de campo y la morfología, el tamaño y la forma de la sección transversal, el relieve del lecho, la granulometría y la vegetación presente en el tramo estudiado objeto del contrato. Para este caso se asignaron los coeficientes “n” de Manning de la siguiente manera:

Tabla 9.42. Resistencia Hidráulica Total en el área de flujo “n de manning” - Rugosidad

COBERTURA	NOMENCLATURA	n de Manning
Arbustal abierto esclerófilo	Aae	0.070
Arbustal abierto mesófilo	Aam	0.070
Arbustal denso	Ad	0.070
Bosque abierto bajo de tierra firme	Babtf	0.100
Cauce		0.030
Cultivos confinados	Ccads	0.040
Hortalizas	Htz	0.040
Maíz	Maíz	0.040
Pastos enmalezados	Pe	0.050
Pastos limpios	Pl	0.035
Red vial y territorios asociados	Rvta	0.023
Tejido urbano discontinuo	Tud	0.012

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.27. Resistencia Hidráulica Total en el área de flujo “n de manning” - Rugosidad



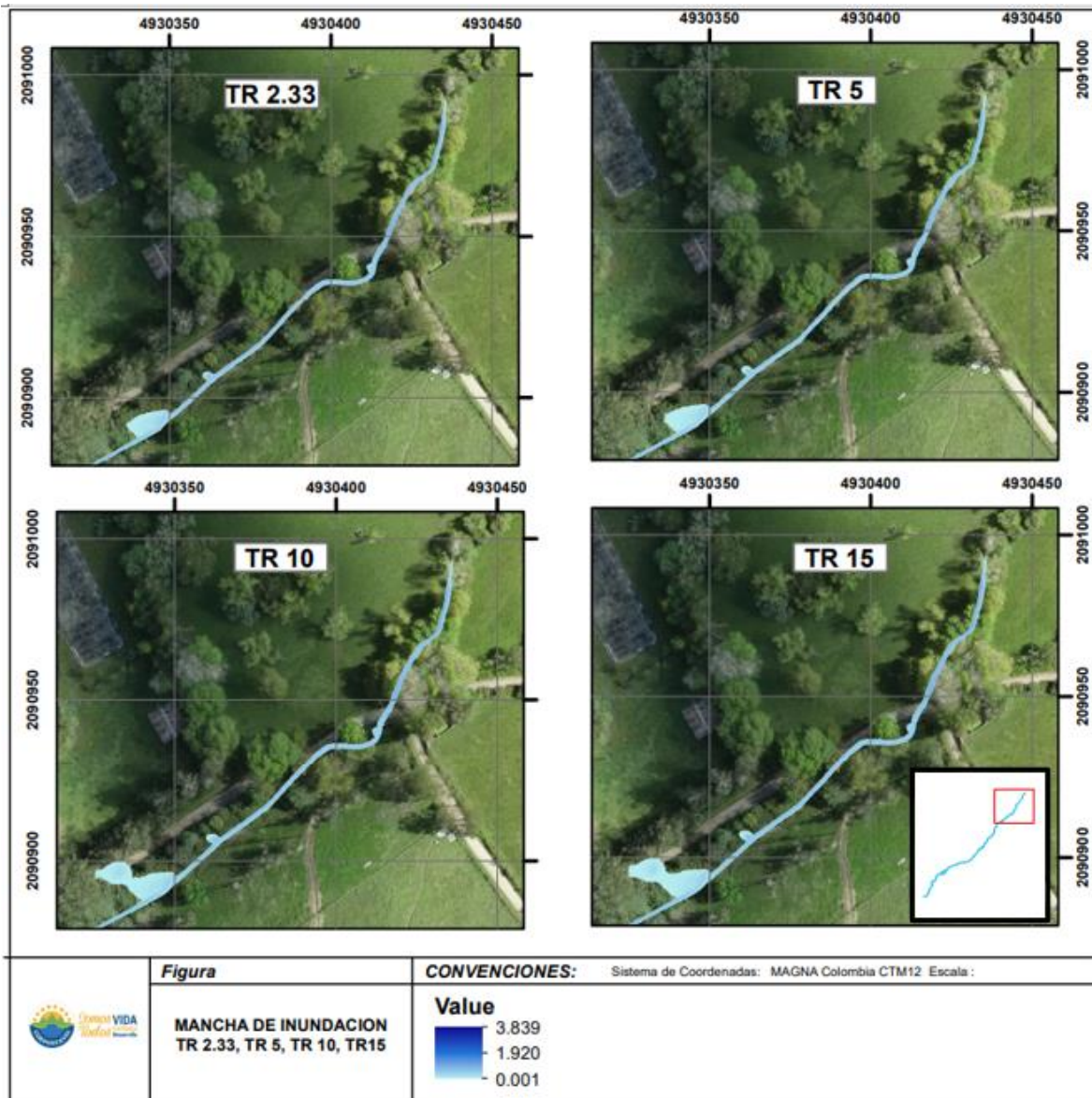
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

9.4.7 Resultados de la Modelación Hidráulica

A partir de las modelaciones hidráulicas realizadas para la Quebrada El Chulo, se muestran los resultados de la velocidad, profundidad y mancha de inundación máxima simulada. En el Anexo 12 se presentan las modelaciones hidrodinámicas realizadas.

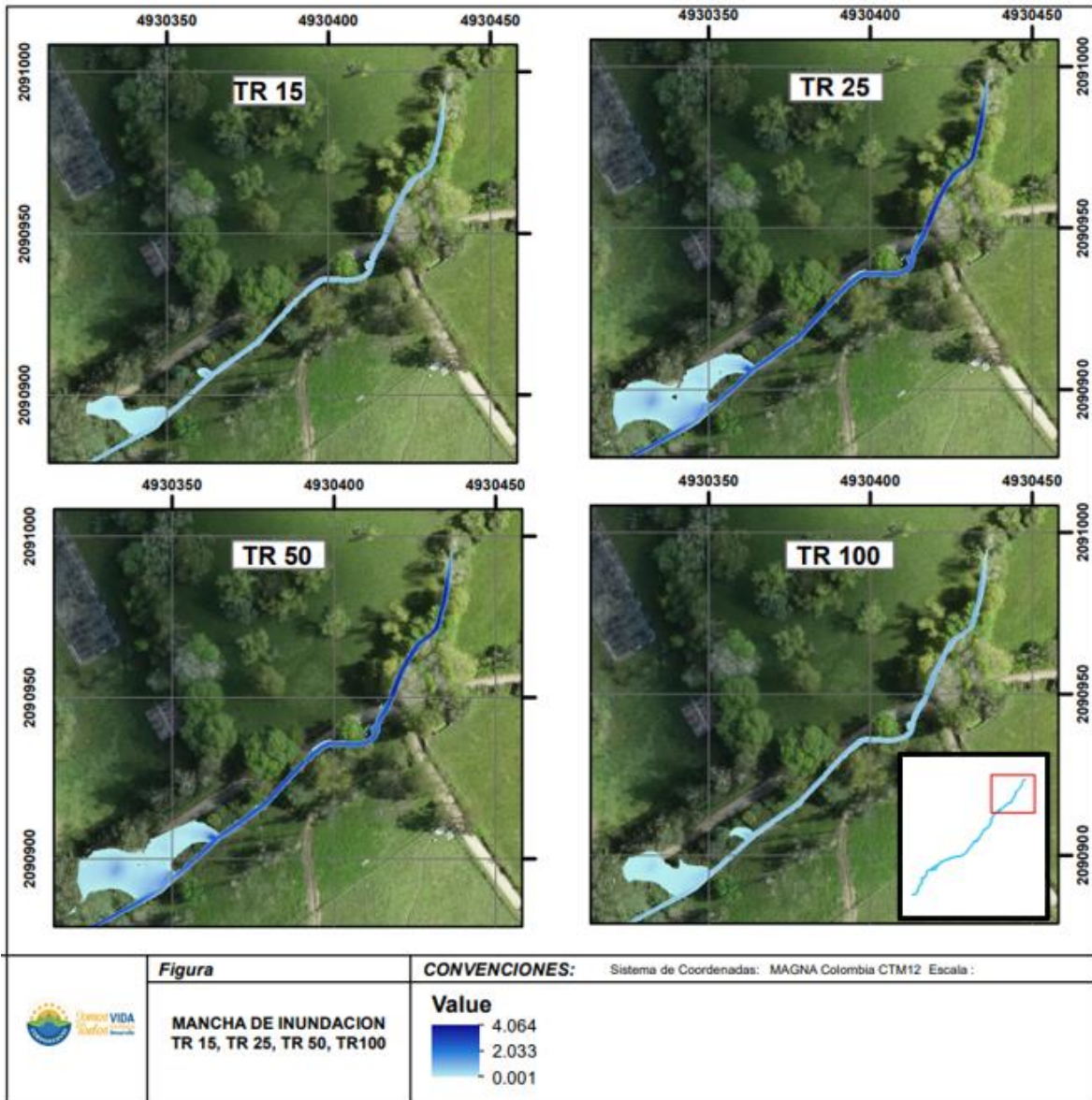
A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la modelación hidráulica para los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años.

Figura 9.28. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 2.33, 5, 10 y 15 años tramo 1



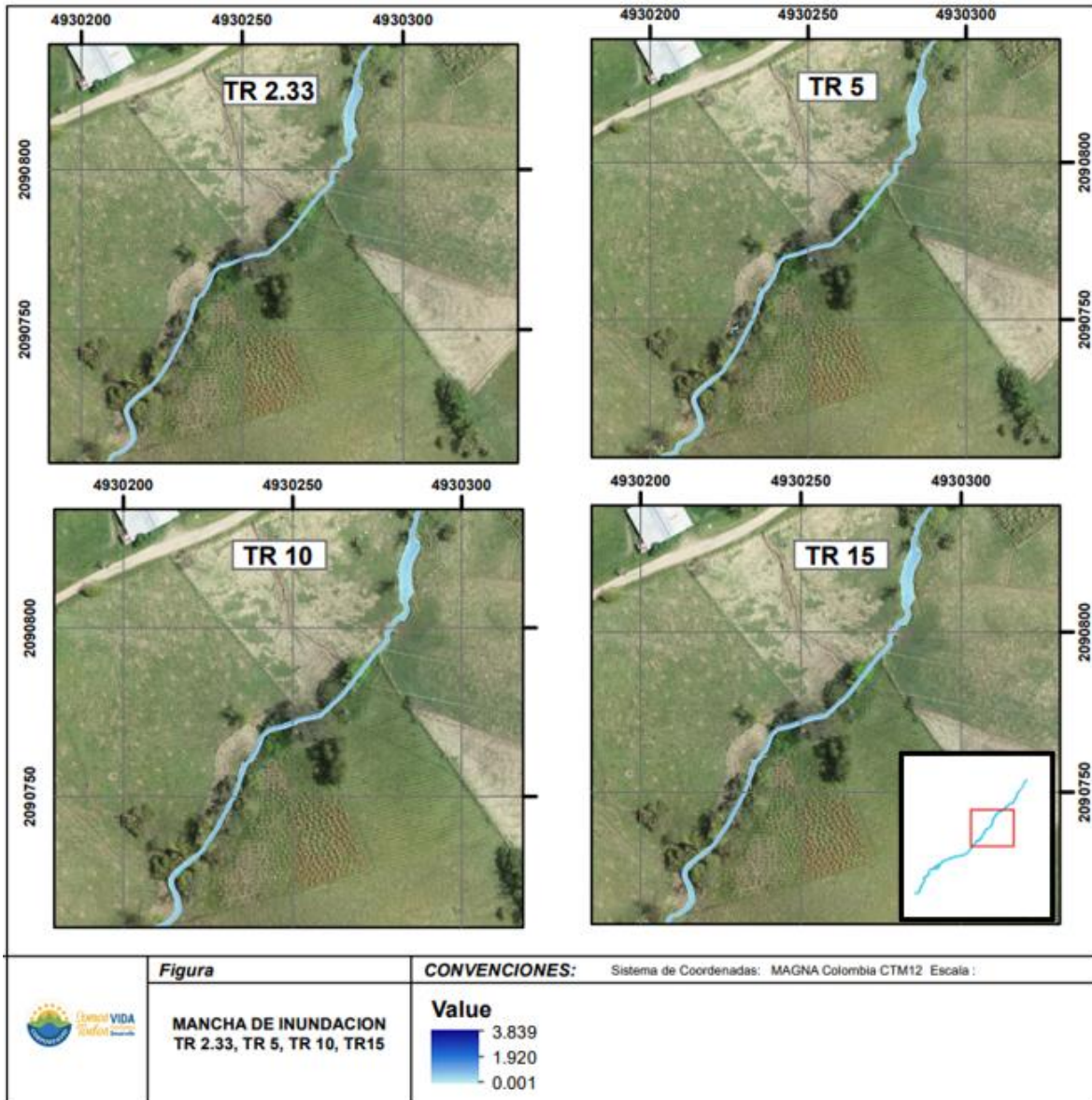
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.29. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 15, 25, 50 y 100 años tramo 1



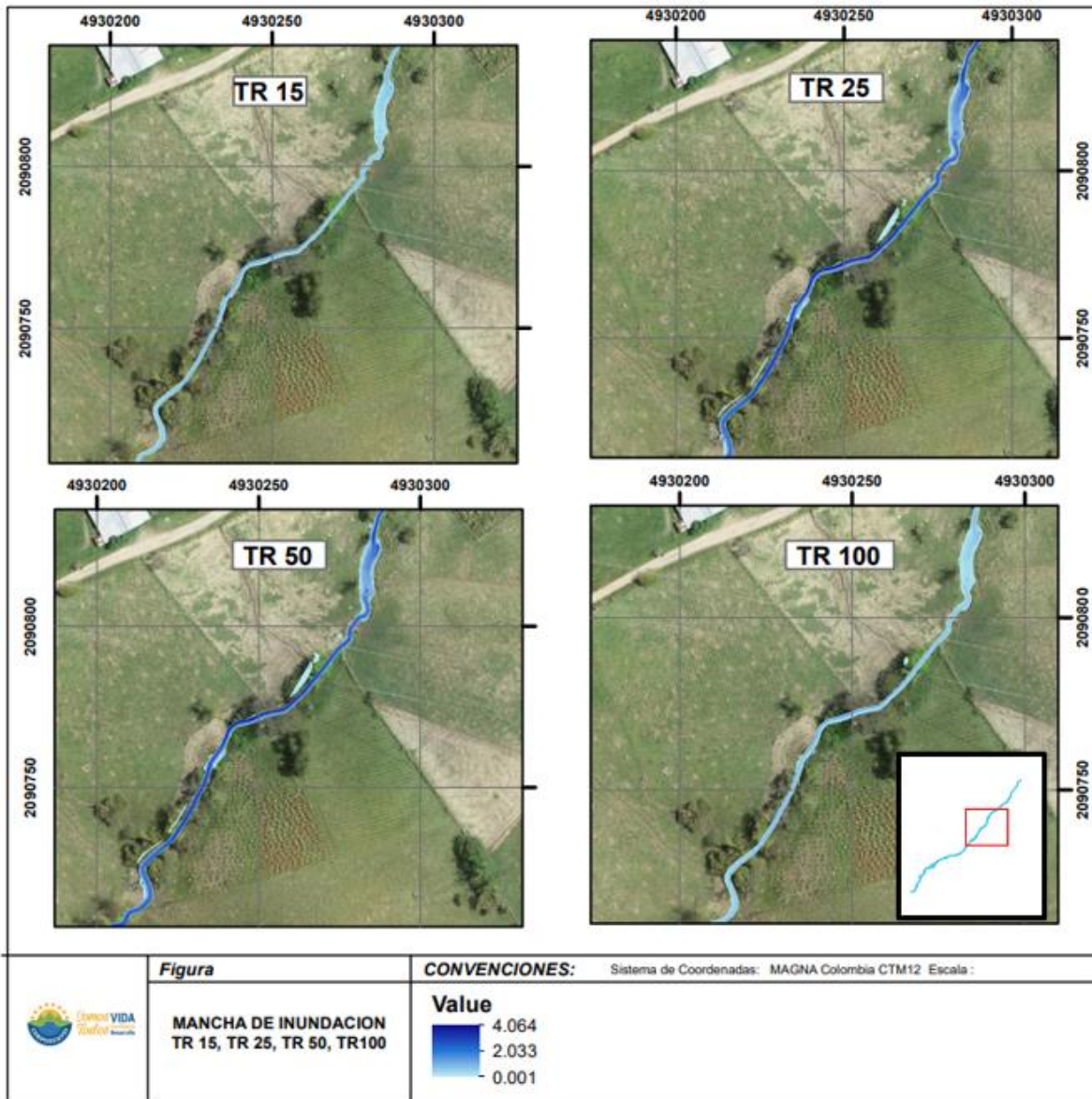
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.30. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 2.33, 5, 10 y 15 años tramo 2



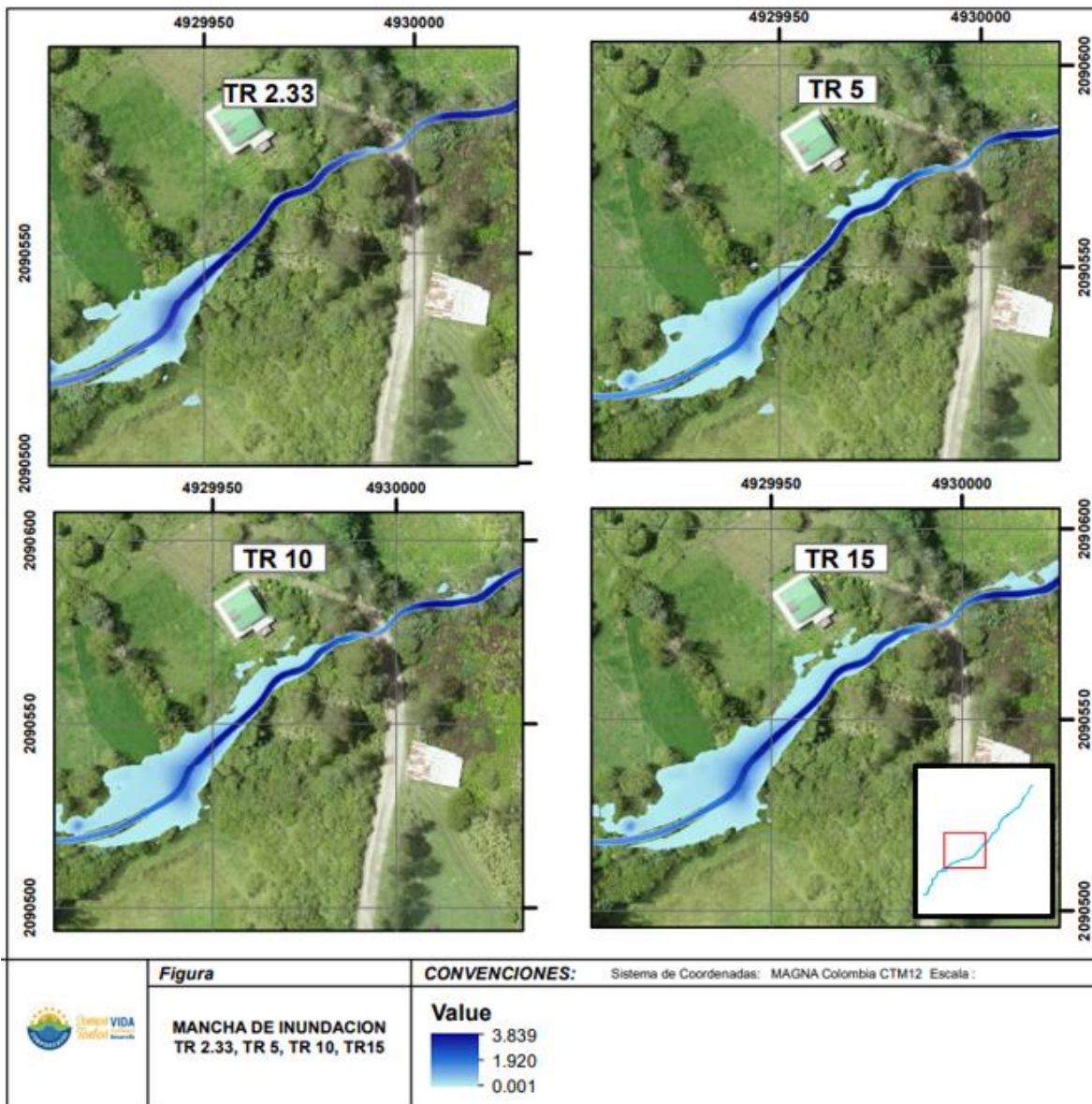
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.31. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 15, 25, 50 y 100 años tramo 2



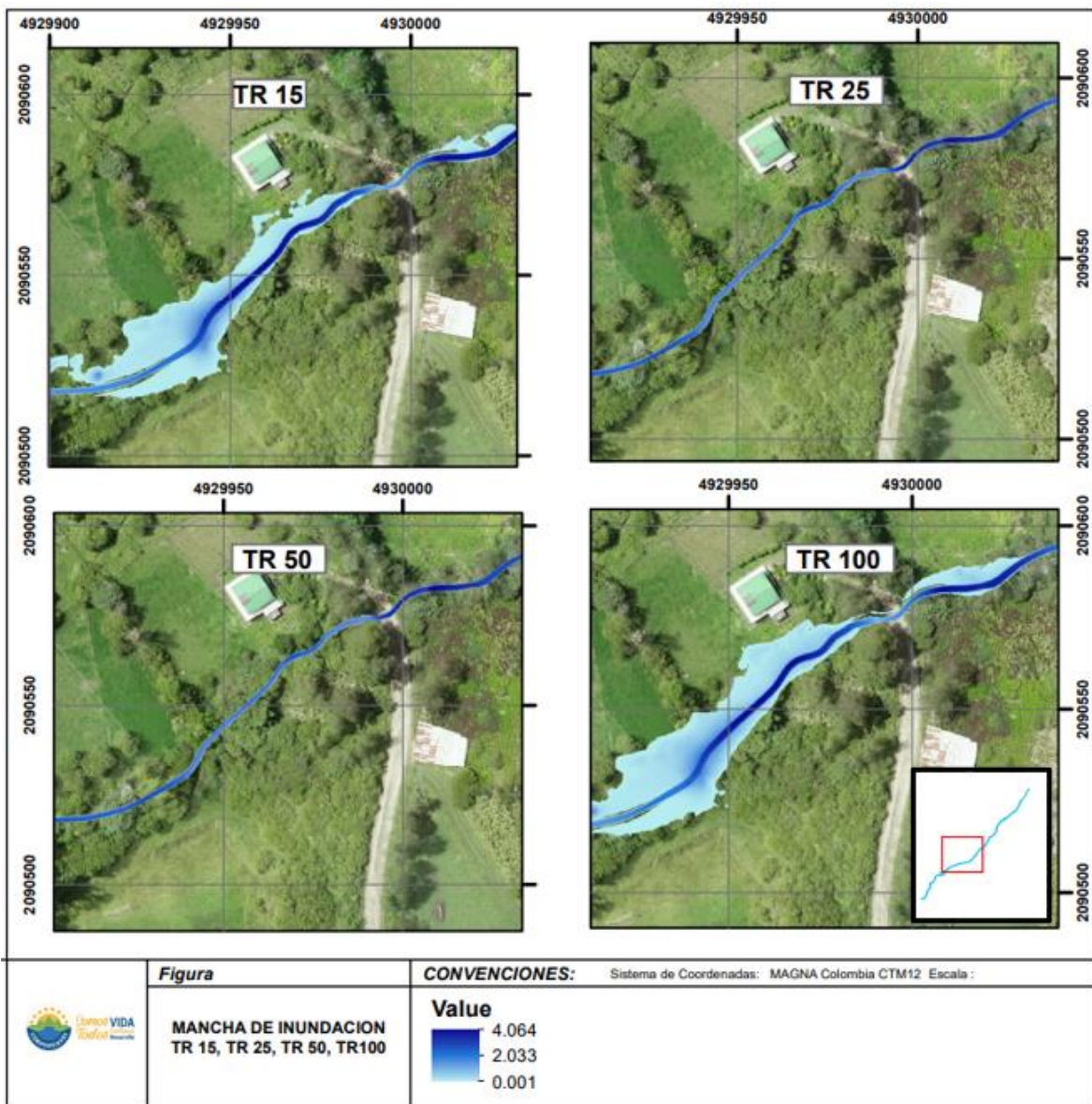
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.32. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 2.33, 5, 10 y 15 años tramo 3



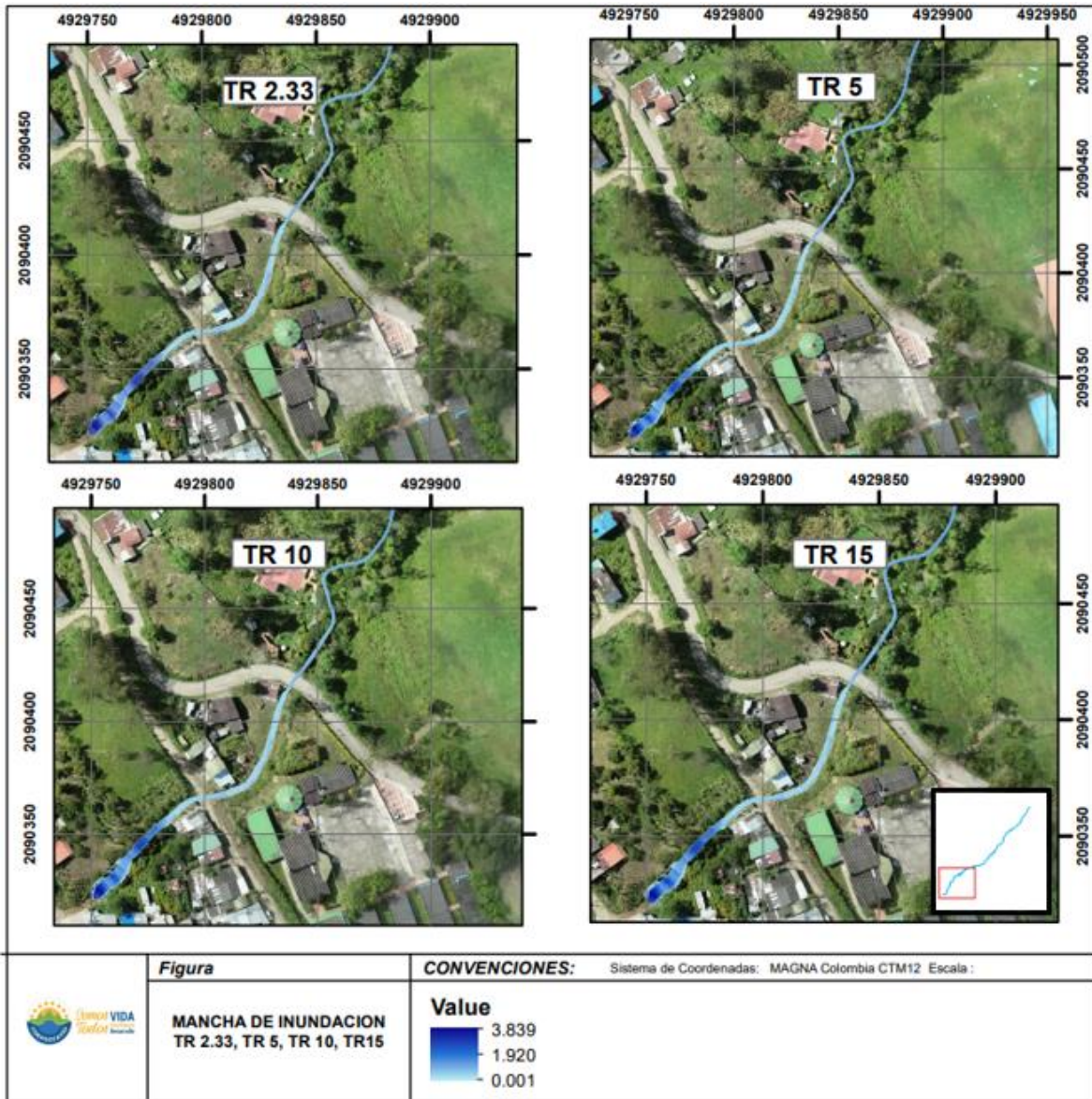
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.33. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 15, 25, 50 y 100 años tramo 3



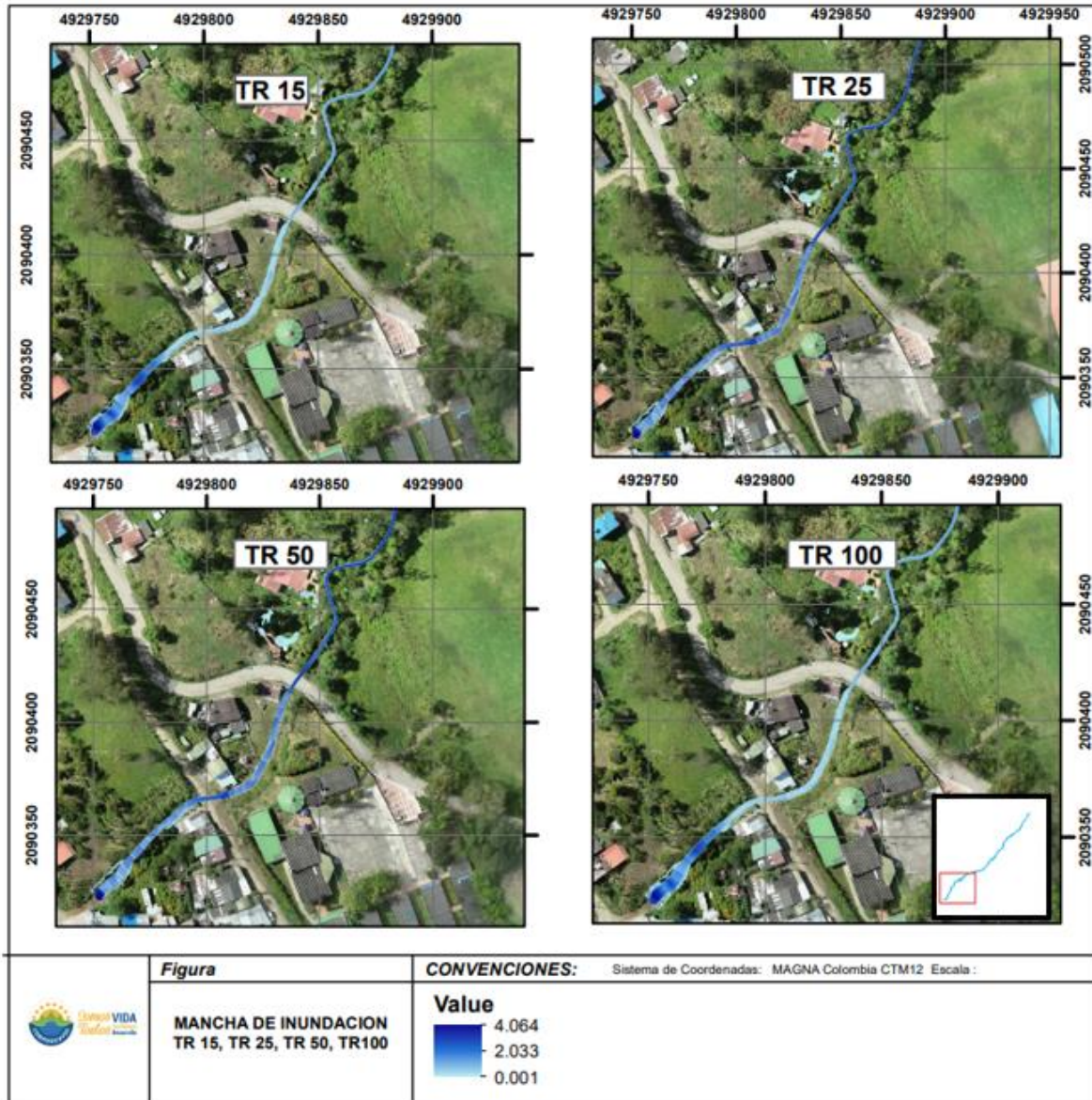
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.34. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 2.33, 5, 10 y 15 años tramo 4



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 9.35. Modelo Quebrada El Chulo - Profundidades máximas de agua en metros (m) para Tr 15, 25, 50 y 100 años tramo 4



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Finalmente, con estos resultados en el capítulo 0 se detalla la definición del componente hidrológico de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo.

10 DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANENTE

10.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA VARIACIÓN DEL CAUCE

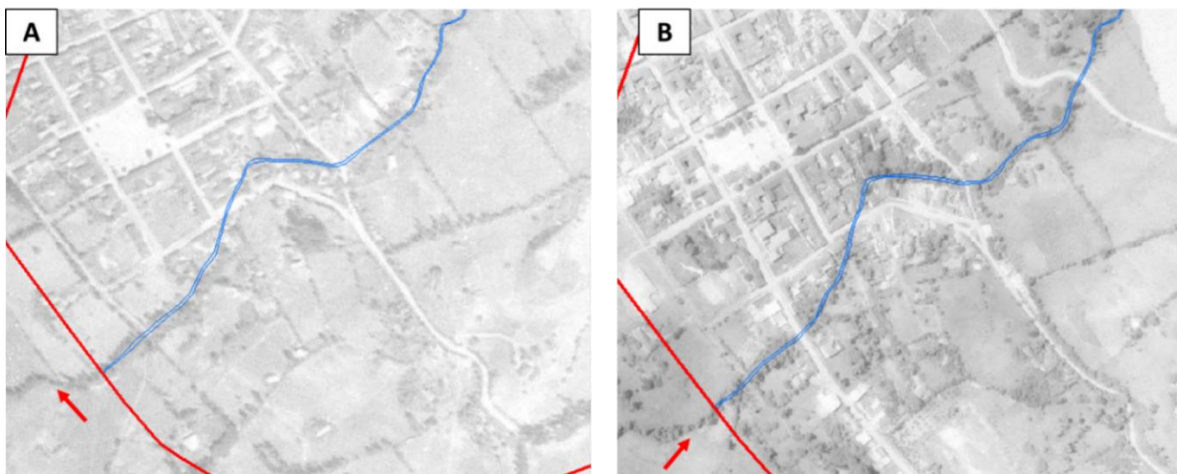
Con el fin de identificar rasgos geomorfológicos o manchas de inundación que se hayan presentado a lo largo de diferentes periodos de tiempo de la Quebrada El Chulo y delimitar posteriormente el cauce permanente; se realizó, a partir de fotografías aéreas existentes, una interpretación multitemporal de 4 periodos diferentes.

Se debe tener presente el tipo de drenaje y corriente (Recto de montaña) de la Quebrada El Chulo, ya que, Por su condición de alto gradiente, este tipo de drenajes no tienen extensas zonas de ocupación durante las crecientes; sus llanuras de inundación son estrechas o incluso inexistentes, por lo que los procesos de flujo y transporte de sedimentos se concentran en cauces únicos, fáciles de determinar. Teniendo en cuenta anterior, el análisis del cauce a lo largo del periodo de tiempo analizado no muestra grandes variaciones en la mayor parte de la zona de estudio.

10.1.1 Periodo 1944-1969

Como se puede observar en la Figura 10.1 para este periodo de tiempo, el cauce de la Quebrada El Chulo discurría hasta desembocar en el río Guavio, el rastro de la quebrada para este periodo se puede identificar principalmente debido al rasgo característico de algunas quebradas, denominado bosque ripario.

Figura 10.1. Cauce la de Quebrada El Chulo año 1944/1969

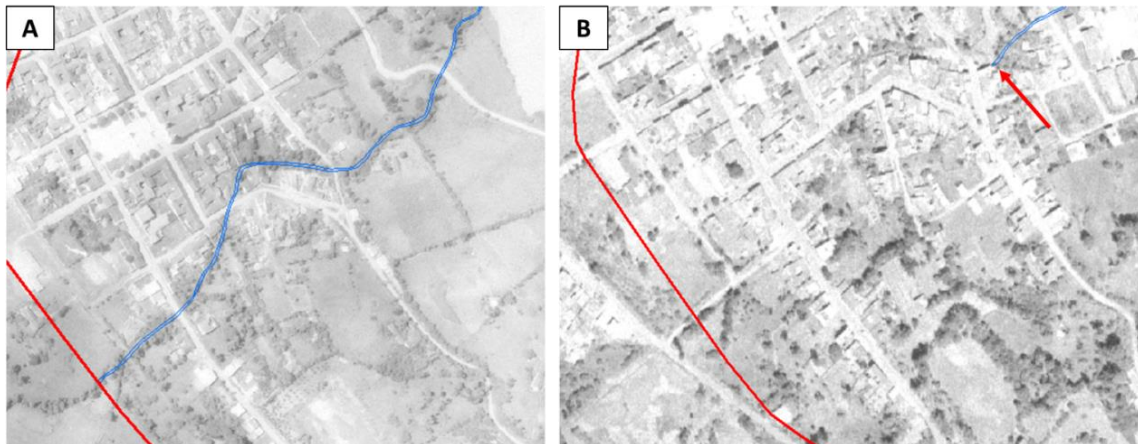


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

10.1.2 Periodo 1969-2007

Para este periodo de tiempo analizado se puede observar que para el año 2007 (Figura 10.2B), la Quebrada El Chulo pierde su rastro debido a su canalización mediante una tubería que atraviesa parte del casco urbano del municipio.

Figura 10.2. Cauce la de Quebrada El Chulo año 1969/2007

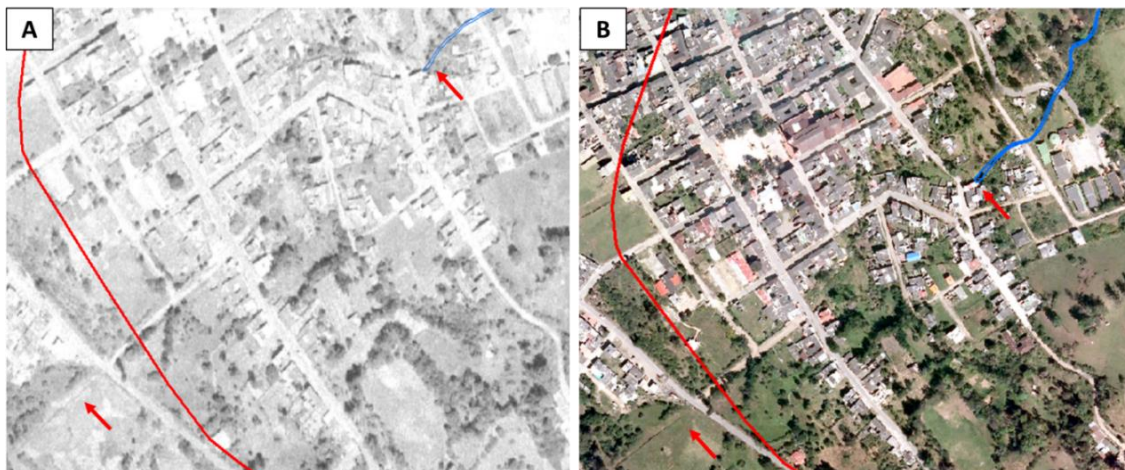


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

10.1.3 Periodo 2007-2009

Igualmente, al periodo analizado anteriormente, la Quebrada El Chulo atraviesa parte del casco urbano del municipio a través de una tubería.

Figura 10.3. Cauce la de Quebrada El Chulo año 2007/2009



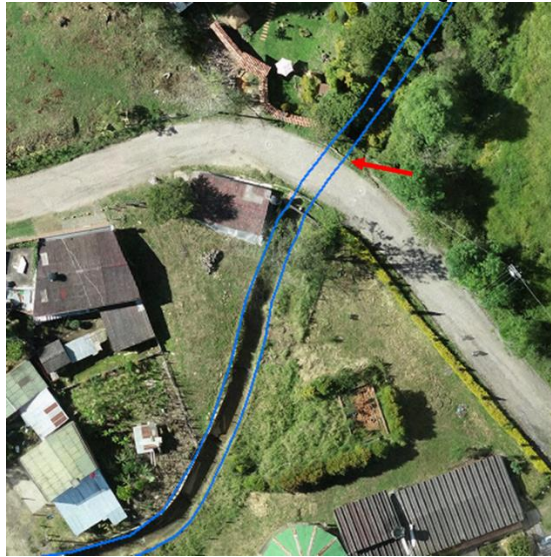
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

10.1.4 Periodo 2009-2022

Para el periodo más reciente se puede observar claramente el inicio de la canalización del cauce, mediante un canal rectangular en concreto (ver Figura 10.4) y el inicio de la canalización del cauce mediante una tubería (ver Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 10.5) la cual atraviesa parte del casco urbano del municipio.



Figura 10.4. Inicio de canalización del cauce la de Quebrada El Chulo - año 2022



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 10.5. Inicio de canalización a través de tubería del cauce la de Quebrada El Chulo - año 2022



	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

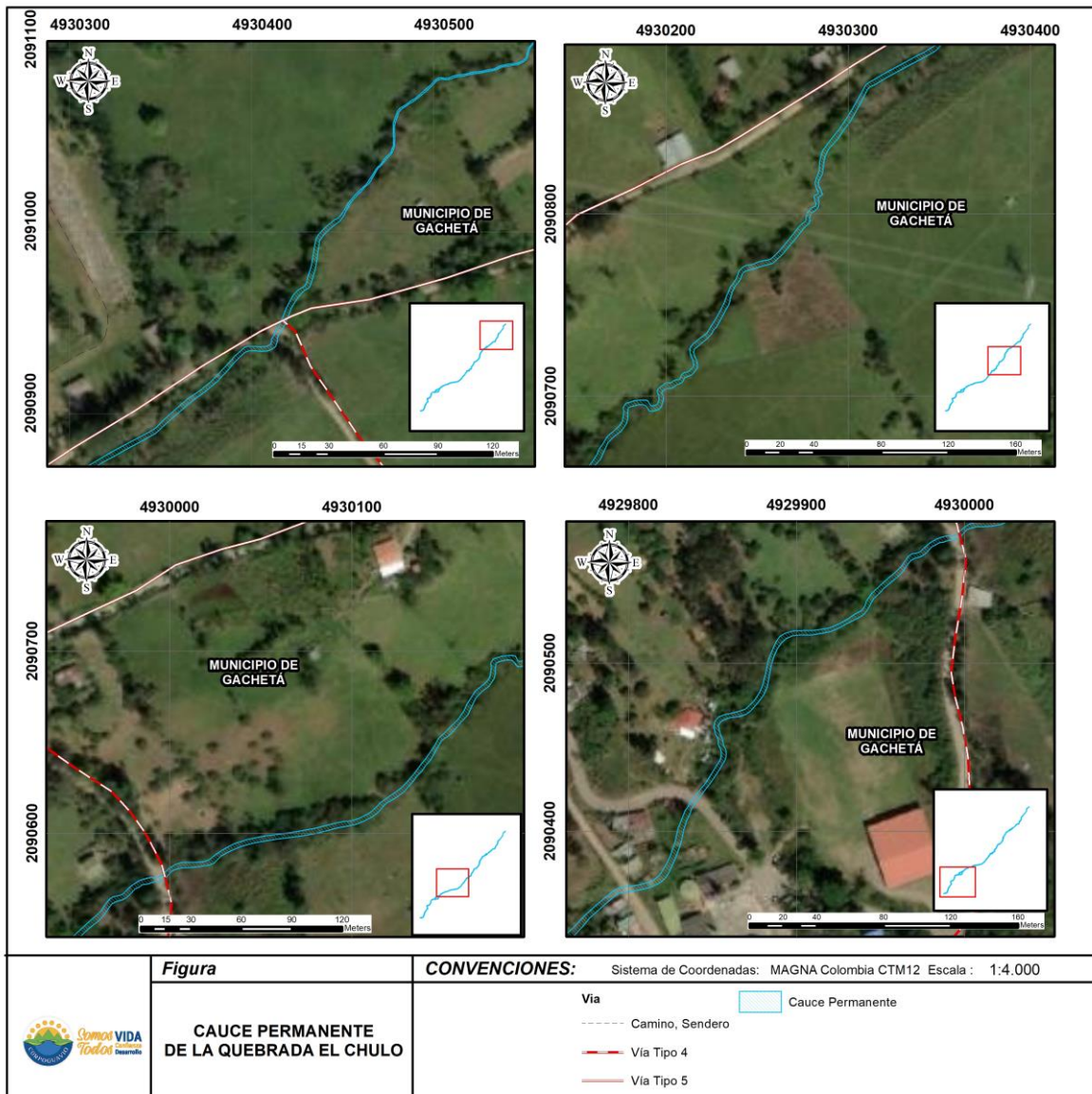
10.2 CAUCE PERMANENTE GEOMORFOLOGIA

En los sistemas fluviales, durante las crecientes se generan formas características en los cauces y sus márgenes, dentro de estas morfologías, una de las más características de los sistemas lóticos es el denominado cauce de aguas altas o de desbordamiento, cauce natural activo, cauce permanente o cauce a banca llena ("bankfull channel" en inglés) al cual suele asociarse un caudal formador ("bankfull discharge" en inglés) ya que se supone como el caudal dominante en la configuración morfológica del cauce y el de mayor capacidad y eficacia para el transporte de carga (MADS, 2018).



Así pues, conforme con lo establecido en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, la ronda hídrica se delimita a partir de la línea del cauce permanente de ríos (esto para sistemas lóticos sin interferencia de procesos de dinámica marina). Por tanto, es preciso realizar el acotamiento del Cauce Permanente. Este es entendido (para cuerpos lóticos) como el cauce "correspondiente a banca llena o el cauce natural activo, el cual tiene capacidad hidráulica para transitar el flujo de caudales asociados a la ocurrencia de eventos de crecientes propias de la dinámica hidrológica de un período intranual normal, es decir, los eventos producidos principalmente por el paso de la zona de convergencia intertropical" (MADS, 2018). Para su delimitación se utilizan criterios de tipo geomorfológico y de dinámica hidrológica – hidráulica.

A continuación, se muestra el cauce permanente obtenido a partir de la geomorfología correspondiente a la banca llena o al cauce natural activo como se observa en la Figura 10.6.

Figura 10.6. Cauce Permanente Geomorfología



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

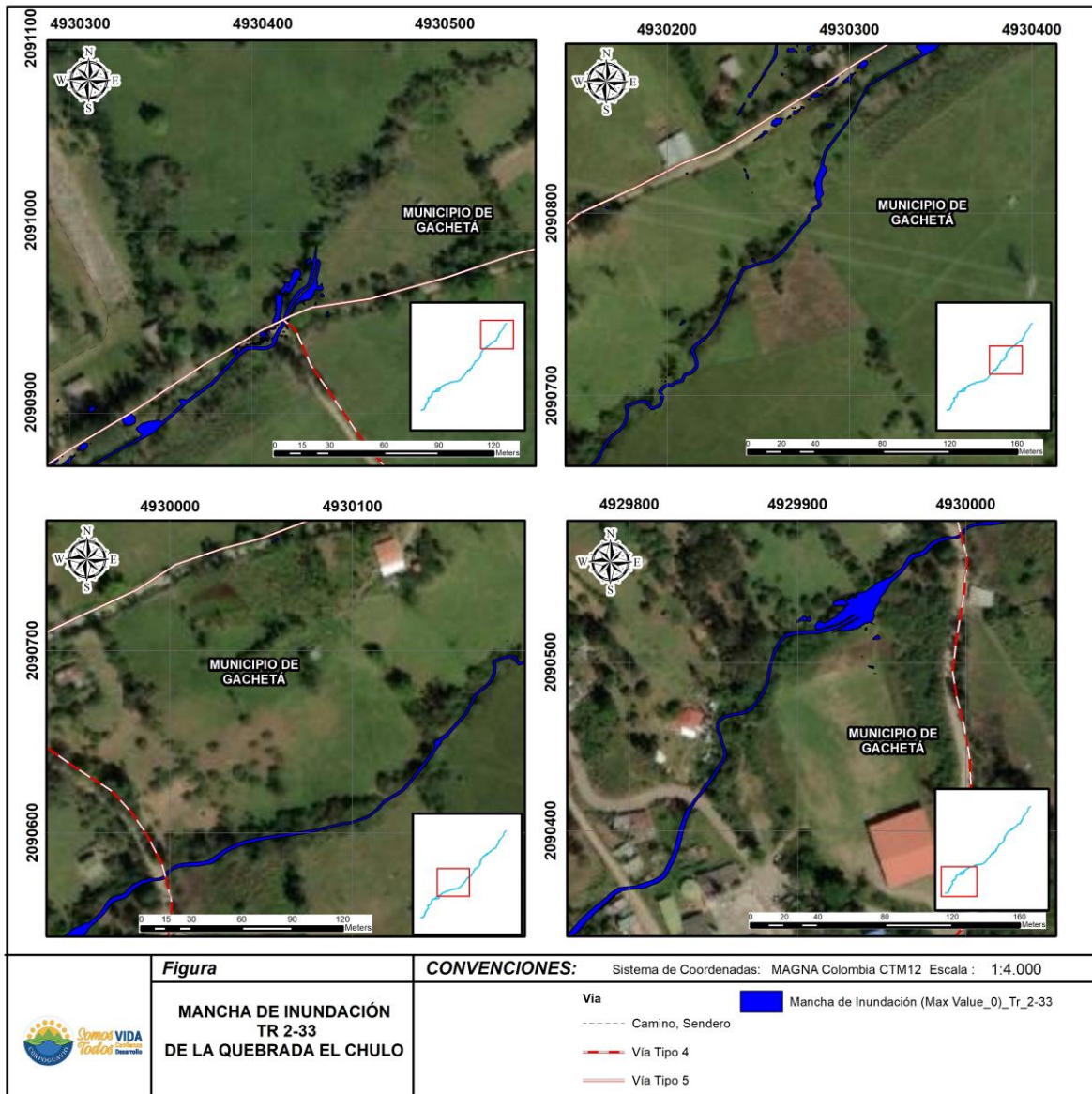
	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

10.3 CAUCE PERMANENTE ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Teniendo en cuenta el concepto del caudal formador, que se asocia al caudal promedio de los máximos anuales, que puede ser correspondiente con un periodo de retorno cercano a los 2 años (para las series de eventos máximas con una distribución de frecuencias que se ajuste a una distribución Gumbel equivale a 2.33 años). Sin embargo, dicho caudal formador puede ser variable en función de las condiciones físicas de la cuenca (morfometría, tipo de suelo, red de drenaje, vegetación, etc.), por lo que en ocasiones tienen cabida los eventos influenciados por la variabilidad interanual. Eventualmente, cuando los caudales de flujo son de una magnitud superior a la de los eventos mayormente recurrentes, el cauce no tiene capacidad para transportarlos, desbordándose tales flujos sobre el terreno e inundando las riberas. Así pues, ya que estos eventos son menos recurrentes, las huellas que estos dejan tienden a desaparecer después de un tiempo, principalmente por la aparición de vegetación.

Teniendo en cuenta lo mencionado en la Figura 10.7 se muestra la extensión de la mancha de inundación obtenida para un periodo de retorno de 2.33 años, que en algunos sectores puntuales se presentan pequeños desbordamientos debido a la capacidad hidráulica de la Quebrada El Chulo.

Figura 10.7. Mancha de inundación obtenida para un periodo de retorno de 2.33



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

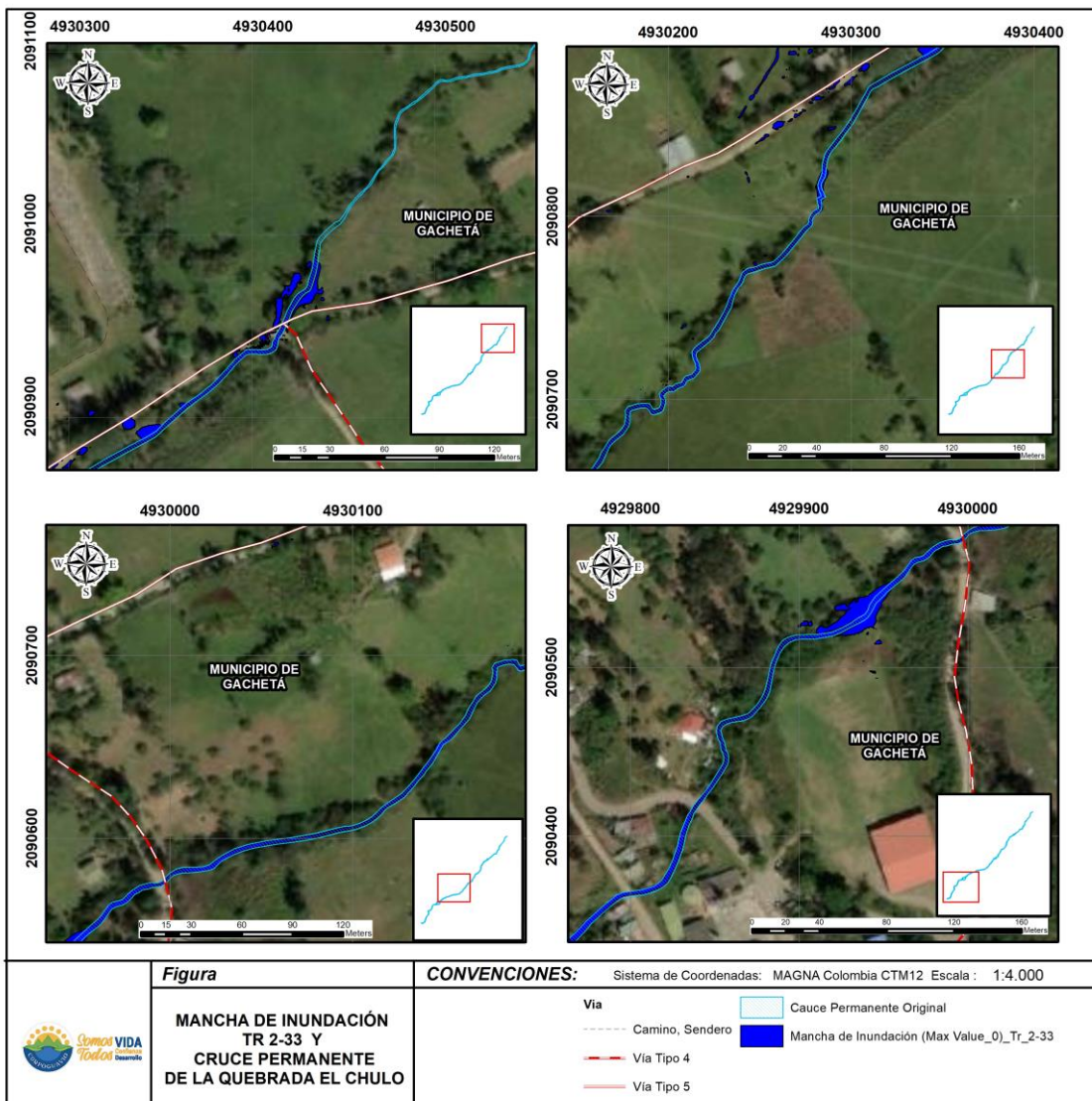
10.4 CAUCE PERMANENTE, ESCALA 1:2000 (INTEGRACIÓN HIDROLÓGICA Y GEOMORFOLÓGIA)

El criterio fundamental para realizar la delimitación del cauce permanente debe ser el morfológico más que el hidrológico (MADS, 2018), ya que "el cauce permanente constituye una cicatriz visible en el terreno, ya que ha sido moldeado naturalmente

en el paisaje como resultado de la acción del flujo de agua y el consecuente transporte de sedimentos durante eventos de crecida frecuentes relacionados con el ciclo hidrológico intranual principalmente" (MADS, 2018).

Por lo tanto, el cauce permanente corresponde a la geoforma sobre la cual fluye o se acumula el agua y los sedimentos en condiciones de flujo de caudales o niveles sin que se llegue a producir desbordamiento de sus márgenes naturales, y la extensión de la lámina de agua generada para un periodo de retorno de 2.33 años. El resultado del cauce permanente se muestra en la Figura 10.8

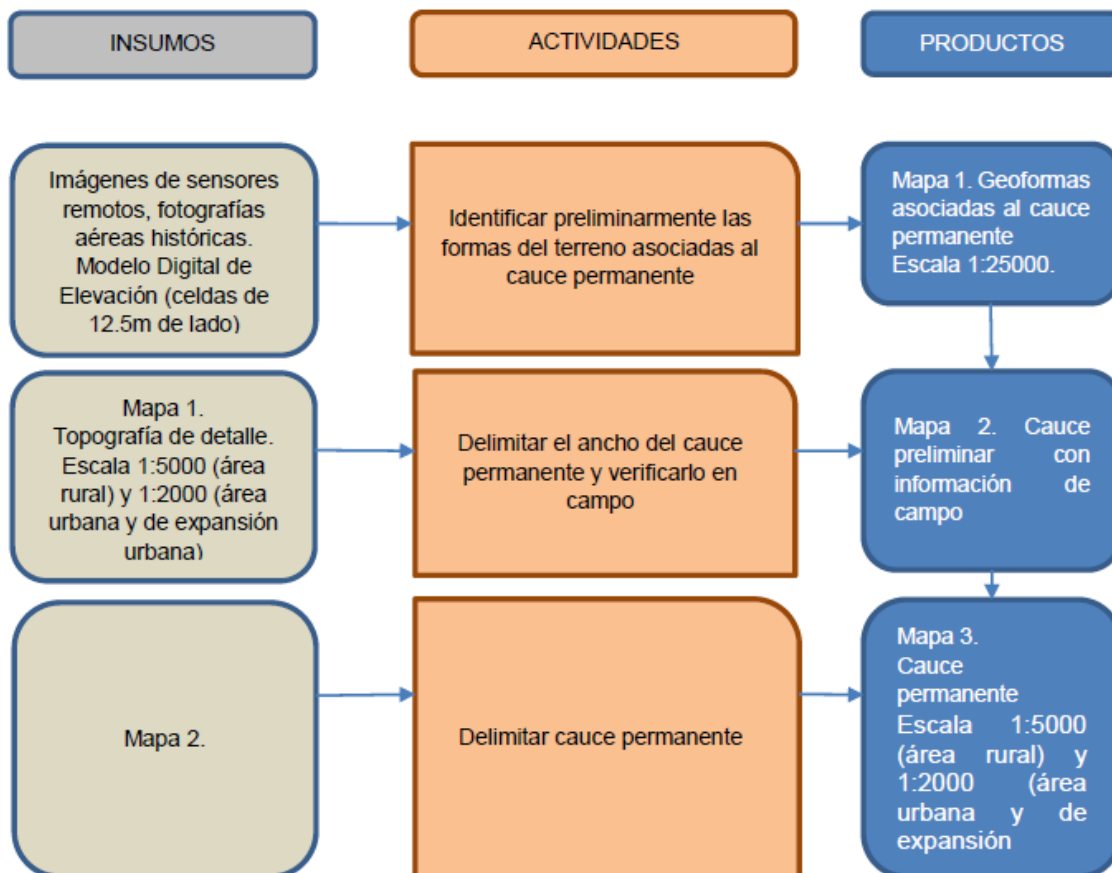
Figura 10.8. Resultado cauce permanente



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Debido a todo lo anterior, los principales insumos para realizar la delimitación del cauce permanente corresponden con imágenes de sensores remotos, fotografías aéreas, cartografías de detalle, modelos digitales del terreno (MDT), entre otros. Con dicha información se procede a trazar la línea por donde los cauces pueden transportar el mayor volumen de flujo sin desbordarse. Este trazado preliminar debe ser verificado en campo y ser modificado si es el caso. Una vez se tenga dicha comprobación, se procede a generar el mapa con la delimitación del cauce permanente. En la Figura 10.9 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la metodología establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para la citada delimitación.

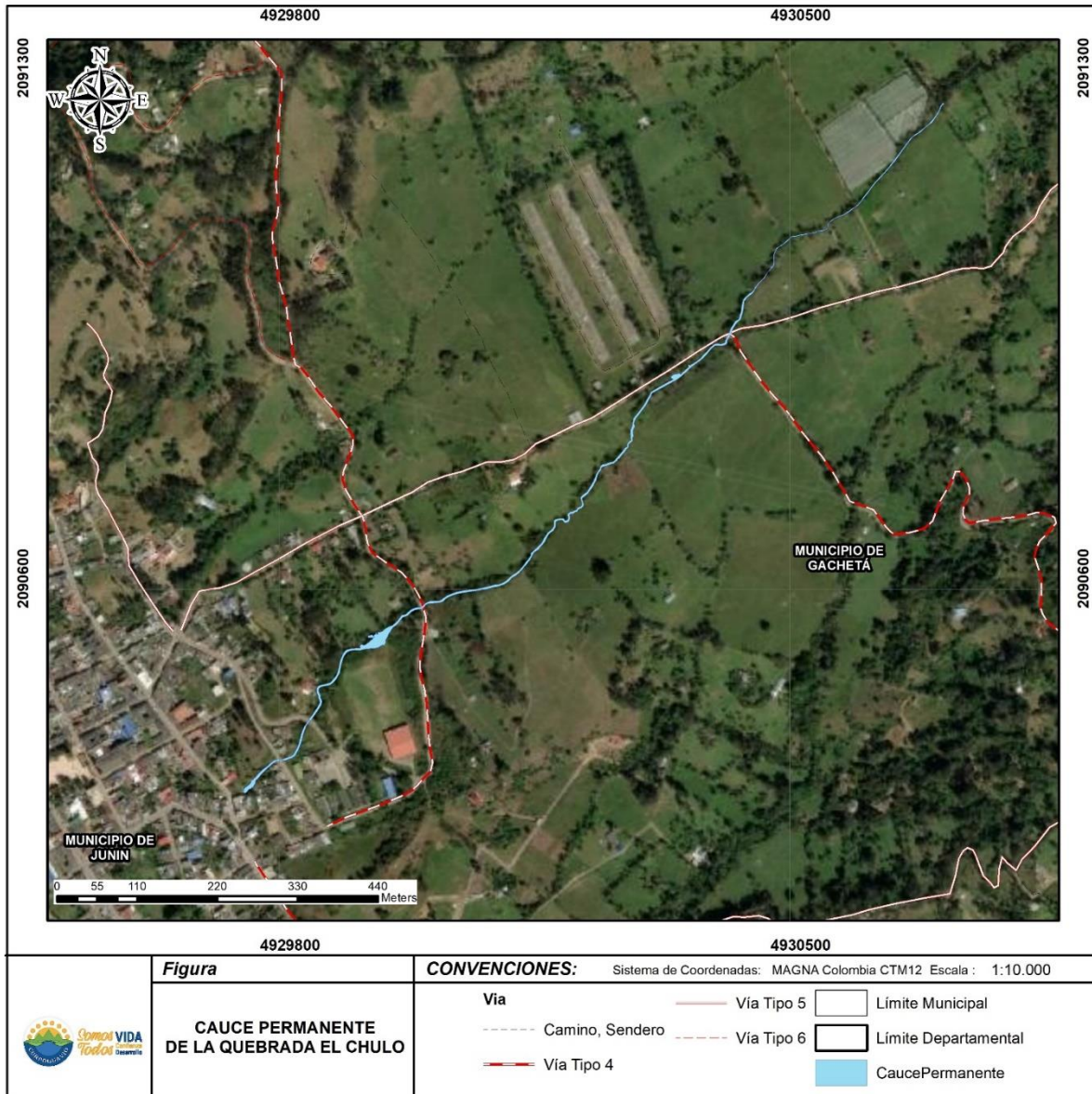
Figura 10.9. Metodología para la definición del Cauce Permanente en sistemas lóticos



Fuente: Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, 2018.

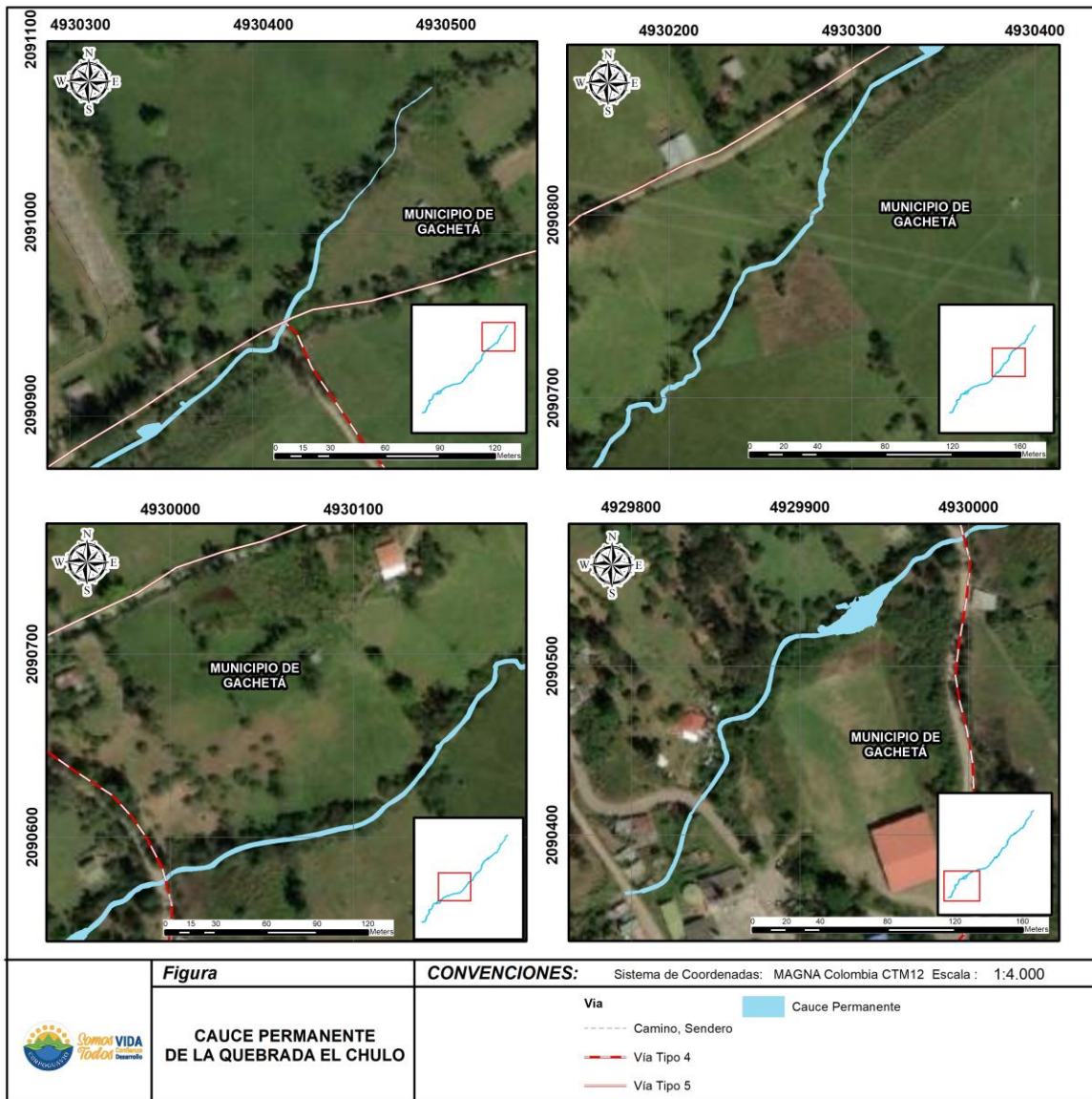
Considerando lo anterior, se llevó a cabo una superposición del cauce en los diferentes periodos analizados y posteriormente se realizó una envolvente para definir dicho cauce

Figura 10.10. Cauce permanente zona objeto de estudio





Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 10.11. Cauce permanente zona objeto de estudio seccionada



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

11 DEFINICIÓN DEL LÍMITE FUNCIONAL DE LA RONDA HÍDRICA



El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define la ronda hídrica como “zona o franja de terreno aledaña a los cuerpos de agua que tiene como fin, permitir el normal funcionamiento de las dinámicas hidrológicas, geomorfológicas y ecosistémicas propias de los cuerpos de agua”. De esta manera se entiende que la ronda hídrica es una zona de transición y de interacciones dinámicas entre los medios terrestre y acuático, sin importar si este último es natural o artificial, si se encuentra relativamente estancado o en movimiento, o si es intermitente (efímero) o continuo (Perenne).

La delimitación de rondas hídricas propensas a inundación, es un componente esencial en los planes de ordenamiento territorial, su estudio se realiza con el fin de darle un uso adecuado como el de protección y recuperación, mitigando riesgos o incluso generando alertas antes de que se desencadenen los eventos. No considerar este aspecto en la elaboración de los planes conlleva la degradación de los recursos asociados a la ronda, la pérdida de la funcionalidad e incluso la pérdida del cuerpo de agua.

La delimitación de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo está basada en el documento “Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia” (en varios apartes de este documento será nombrada como la Guía de Referencia) publicado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2018, el cual fue adoptado mediante la Resolución 957 de 2018. En dicho documento se establece la ronda hídrica como una zona ripiara o ribereña, de transición y de interacciones entre los medios terrestres y acuáticos (MADS, 2018). tal ronda hídrica es delimitada por el “límite físico”, el cual se soportará en las variables que expresan su funcionalidad. Dentro de los atributos de la funcionalidad están los procesos geomorfológicos y fluviales, de los cuales hay tres componentes físico-bióticos determinantes e interdependientes entre ellos: las geoformas y procesos morfodinámicos; los flujos de agua, sedimentos y nutrientes que se producen, transportan y almacenan dentro de la red de drenaje en la cuenca hidrográfica y en sus llanuras inundables o sistemas lénticos; la flora y fauna que se establecen por la interacción con los anteriores procesos (MADS, 2018). Por tanto, para la definición del límite físico se involucrarán variables de tres componentes a saber, el componente geomorfológico, hidrológico – hidráulico y el ecosistémico.

11.1 COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO

De acuerdo con la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, 2018, El componente geomorfológico está asociado a la zona o franja necesaria en la que se presenten los procesos morfodinámicos que permiten

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

la función de transporte y almacenamiento temporal de agua y sedimentos los cuales tienen una gran variabilidad temporal, y a distintas escalas de tiempo se presentan procesos morfodinámicos en los cuales el sistema ajusta temporalmente la forma del cauce, su pendiente y sus patrones de alineamiento. Estos procesos son:

- Socavación durante los eventos de crecida.
- Sedimentación en la recesión de los eventos.
- Ajuste de la forma de la sección.
- Ajuste de la pendiente.
- Estructuras de alineamiento horizontal y vertical, relacionadas con la disipación de energía.
- Sinuosidad.
- Migración y movimiento lateral.

Las geoformas son la expresión superficial del terreno, de la interacción dependiente de los materiales constituyentes de las mismas y su disposición estructural, de los procesos geomórficos que interactúan según el ambiente morfogenético específico donde se desarrollan, y el tiempo de duración de la acción de los mencionados procesos; es así, que esta ciencia está enfocada al análisis de la superficie de la tierra en donde interactúan la litósfera, la hidrósfera, la atmósfera y la biosfera (Carvajal, 2012).

Las formas que se definen por los diferentes procesos morfodinámicos se pueden identificar en el terreno y son diferentes para cada tipo de río o tramo de este. Éstas conforman la faja de terreno o zona del componente geomorfológico, y tiene como objetivo garantizar que en el cauce y sus inmediaciones puedan ocurrir estos procesos.

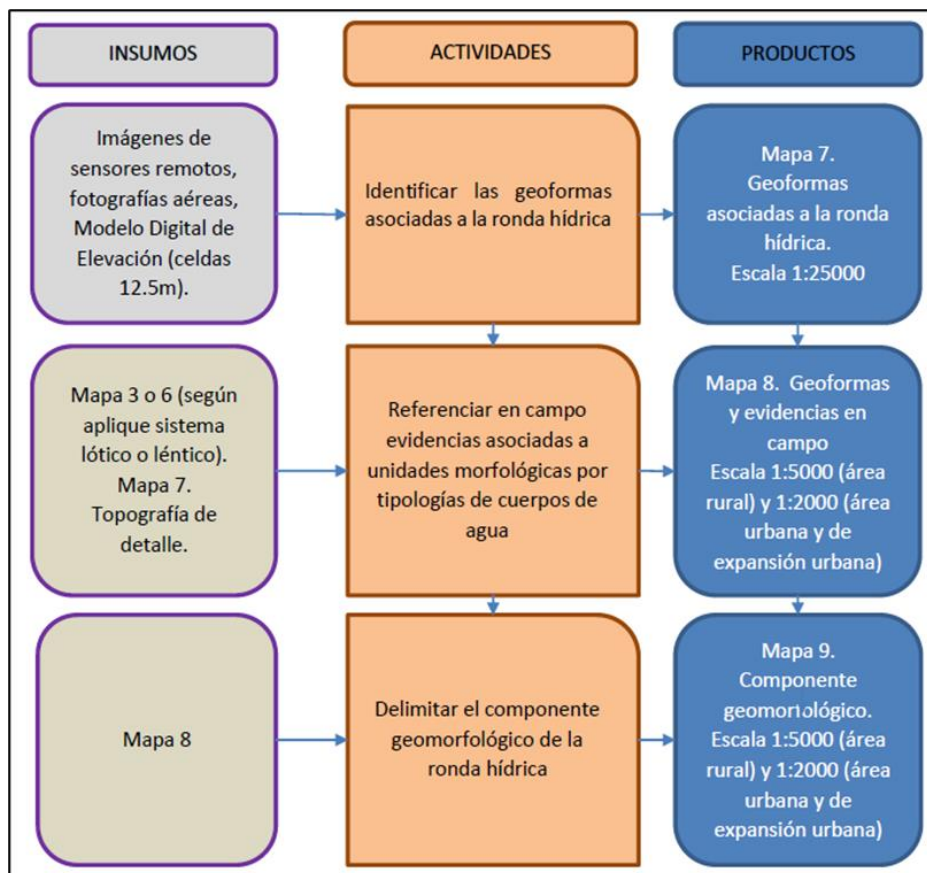
Para definir el componente geomorfológico de las rondas hídricas, hay que entender el funcionamiento de los sistemas fluviales y se deberá considerar aspectos morfoestructurales, morfogenéticos y morfodinámicos. Las unidades morfológicas mínimas por considerar deben ser: llanura inundable moderna, terraza reciente, escarpes, depósitos fuera del cauce permanente, islas (de llanura o de terraza), cauces secundarios, meandros abandonados, sistemas lénticos y aquellas porciones de la llanura inundable antropizadas. La estructura lateral y longitudinal del corredor aluvial debe tenerse en cuenta mediante la inclusión de indicadores morfológicos.

De acuerdo con lo establecido en la Guía técnica de criterios para la delimitación de las rondas hídricas en Colombia, el objetivo del análisis geomorfológico es el de garantizar en la medida de los posible, el normal funcionamiento de la dinámica propia de los sistemas fluviales, entendiendo que alteraciones en el cauce pueden generar procesos que transformen o destruyan diferentes funciones ecosistémicas en torno al cuerpo de agua. Por tanto, la limitante geomorfológica busca garantizar

la sucesión de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos, junto con el régimen natural de flujo, tal que puedan darse de la manera más similar a las condiciones naturales (MADS, 2018).

Con base en lo mencionado, en la siguiente figura se presenta el procedimiento propuesto por MADS (2018), para la determinación de las geoformas asociadas al límite funcional de la ronda hídrica.

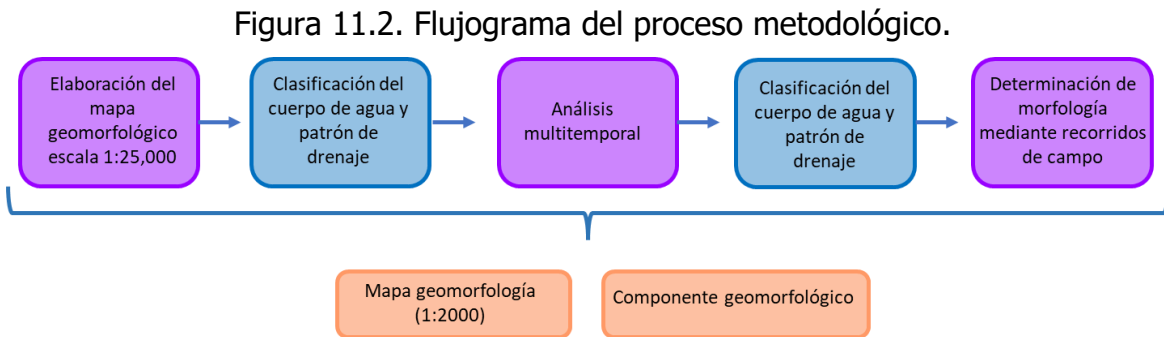
Figura 11.1. Insumos, actividades y productos para definir el componente geomorfológico de la zona de estudio



Fuente: Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia, 2018.

11.1.1 Metodología

Dentro de este capítulo, se describe brevemente en la Figura 11.2 la metodología empleada para obtener la información requerida, de acuerdo con los objetivos del presente estudio.



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.



11.1.2 Información secundaria

Parte fundamental para el desarrollo del presente estudio consiste en la recopilación de la información secundaria necesaria para la interpretación del componente; ya fuera de tipo bibliográfico o cartográfico.

Para el caso de la revisión bibliográfica existente, se consultó la información disponible en los centros de documentación especializados de aquellas entidades u organismos que indirectamente desarrollan el componente geomorfológico, tales como: el Servicio Geológico Colombiano -SGC-; Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-; Facultad de Geología de la Universidad Nacional de Colombia -Sede Bogotá D.C.-; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente); Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA, adicionalmente se consultó la cartografía oficial realizada en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrografía (POMCA) del río Guavio en el año 2019.

11.1.3 Geomorfología escala 1:25.000

Para el desarrollo del presente capítulo se utilizó la geomorfología escala 1:25.000 realizada en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrografía (POMCA) del río Guavio en el año 2019. Dicha caracterización geomorfológica se realizó de acuerdo con la jerarquización planteada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2012), el nivel mayor de mayor detalle corresponde a unidades y subunidades geomorfológicas, las cuales hacen parte de una región geomorfológica, una

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

provincia geomorfológica y una geomorfoestructura específica, motivo por el que se realiza la caracterización desde lo general hasta lo detallado (POMCA Río Guavio, 2019).

La evolución del relieve y/o modelado en la zona de estudio, ha estado determinado por el levantamiento orogénico andino con plegamientos y fallamientos relacionados con la actividad tectónica y con procesos de sedimentación tanto del río Guavio como de sus afluentes (POMCA Río Guavio, 2019).

A continuación, se describen las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio.

11.1.3.1 Descripción unidades geomorfológicas

11.1.3.1.1 Ambiente estructural (s)

La unidad geomorfología de este ambiente se localiza en la zona noroccidental del área de estudio y está relacionada con la actividad tectónica de la cordillera Oriental que ha dado lugar a la formación de fallas y plegamientos, esto combinado con la litología de estas estructuras y la disposición de las rocas da lugar a las distintas expresiones del paisaje.

11.1.3.1.2 Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle)

Rocas areníticas intermedias a duras con suelos residuales delgados a gruesos con desarrollo de drenaje por lo general subparalelo en baja densidad. Localmente los estratos se presentan con inclinaciones menores de la pendiente natural del terreno; se pueden evidenciar en los sinclinales del río Amarillo y el sinclinal de Nazareth. Presenta un contraste de relieve alto a muy alto (500 a >1.000m).

11.1.3.1.3 Ambiente denudacional (D)

Este ambiente se encuentra ocupando la mayor parte de la zona de estudio. El ambiente denudacional es producto de los procesos de degradación que se desarrollan sobre las geofomas de tipo estructural preexistentes.

11.1.3.1.4 Ladera denudada (Dle)

Se desarrolla en rocas blandas con presencia de suelos residuales y coluviales gruesos. Corresponde a procesos denudativos; el contraste del relieve varía entre bajo a moderado (entre 50 y 500 m).

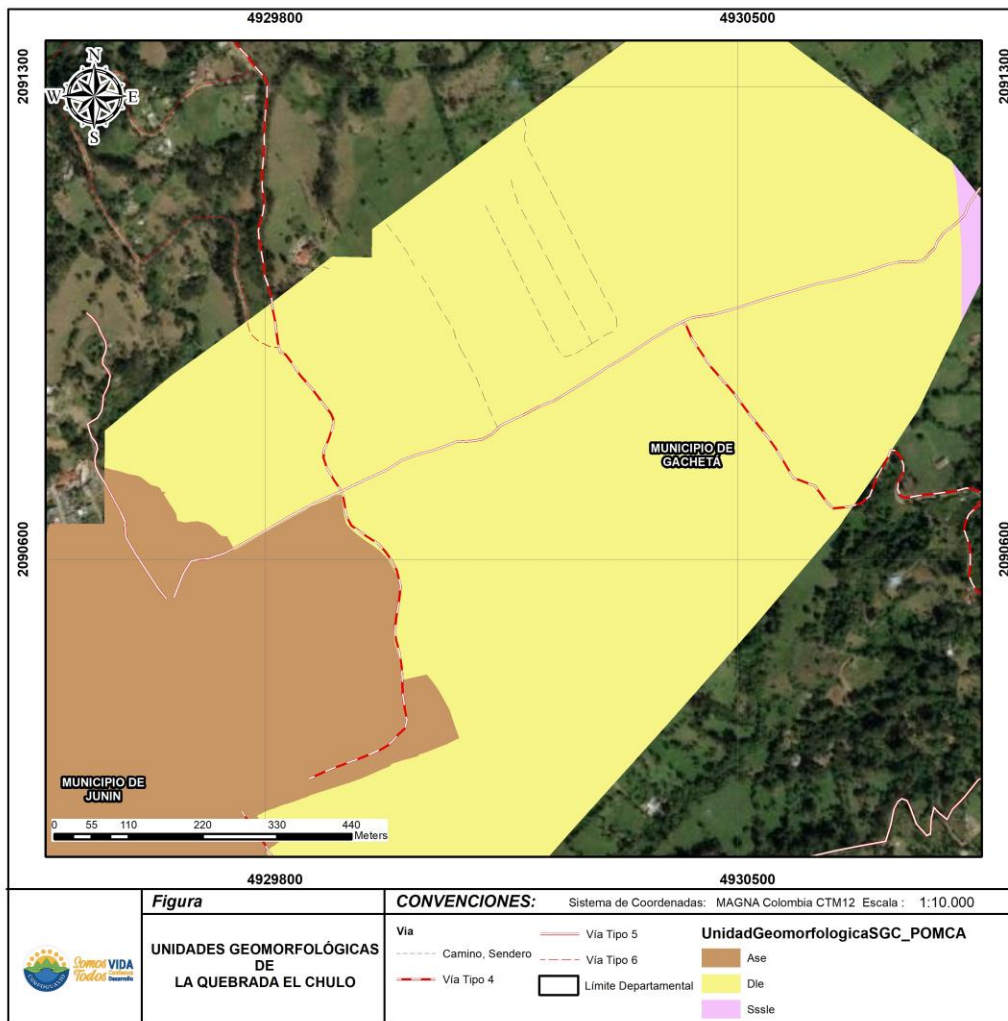
11.1.3.1.5 Ambiente antropogénico (D)

- *Superficies de explanación (Ase)*

Unidad correspondiente a centros poblados y zonas construidas. Presenta contraste de relieve bajo a muy bajo, con laderas moderadamente largas a muy largas, planas a inclinadas de formas cóncavoconvexas. Esta unidad se ve representada por el centro poblado de Gachetá.

Con base en lo descrito anteriormente, El mapa de la Figura 11.3 y la Tabla 11.1 muestran la jerarquización realizada para el área de estudio.

Figura 11.3. Mapa de jerarquización geomorfológica para el área de estudio escala 1:25.000.



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.



 <p>INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.</p>	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	 <p>Somos VIDA Confianza Desarrollo</p>
--	--	--

Tabla 11.1. Jerarquización geomorfológica para el área de estudio.

GEOMORFOES	PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUBUNIDAD	COMPONENTE	NOMBRE	NOMENCLATURA	ÁREA (ha)	%
Cordillera, Orógeno	Cordillera Oriental	Ambiente Denudacional	Cerro Residual	Ladera denudada	Flanco	Ladera denudada	Dle	90,94	70,89
		Ambiente Antropogénico	Superficie de explanación	Plano de explanación	Superficie de explanación	Superficie de explanación	Ase	36,62	28,54
		Ambiente estructural	Laderas estructurales	Ladera estructural de sierra sinclinal	Ladera estructural de sierra sinclinal	Ladera estructural de sierra sinclinal	Sssle	0,73	0,57

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.1.4 Condiciones del patrón de drenaje

11.1.4.1 Condiciones del patrón de drenaje del área de estudio

Con base tanto en la interpretación de las ortofotos como en la revisión de la información secundaria, reconocimiento de campo y alteración antrópica de las geoformas originales del área de estudio, se considera que la Quebrada El Chulo presenta un patrón de drenaje de tipo paralelo.

El drenaje El Chulo se denomina río recto de montaña caracterizado por ser un río de fuerte gradiente, comúnmente encañonados, de fuertes vertientes y con una alta capacidad de transporte de agua y sedimentos de manera estacional, variando significativamente de acuerdo con las oscilaciones del clima tropical. Los tamaños de este tipo de ríos varían en gran medida, dependiendo de la condición geomorfológica. Por su condición de alto gradiente, no tienen extensas zonas de ocupación durante las crecientes; sus llanuras de inundación son estrechas o incluso inexistentes, por lo que los procesos de flujo y transporte de sedimentos se concentran en cauces únicos, fáciles de determinar. Corrientes de este tipo, en ocasiones pueden haber presentado o tener tendencia a presentar avenidas torrenciales, razón por la cual se hace siempre indispensable buscar las evidencias geomorfológicas, sedimentológicas e históricas que permitan establecer esta condición.

La Tabla 11.2 muestra las características del patrón de drenaje de la Quebrada El Chulo.



	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

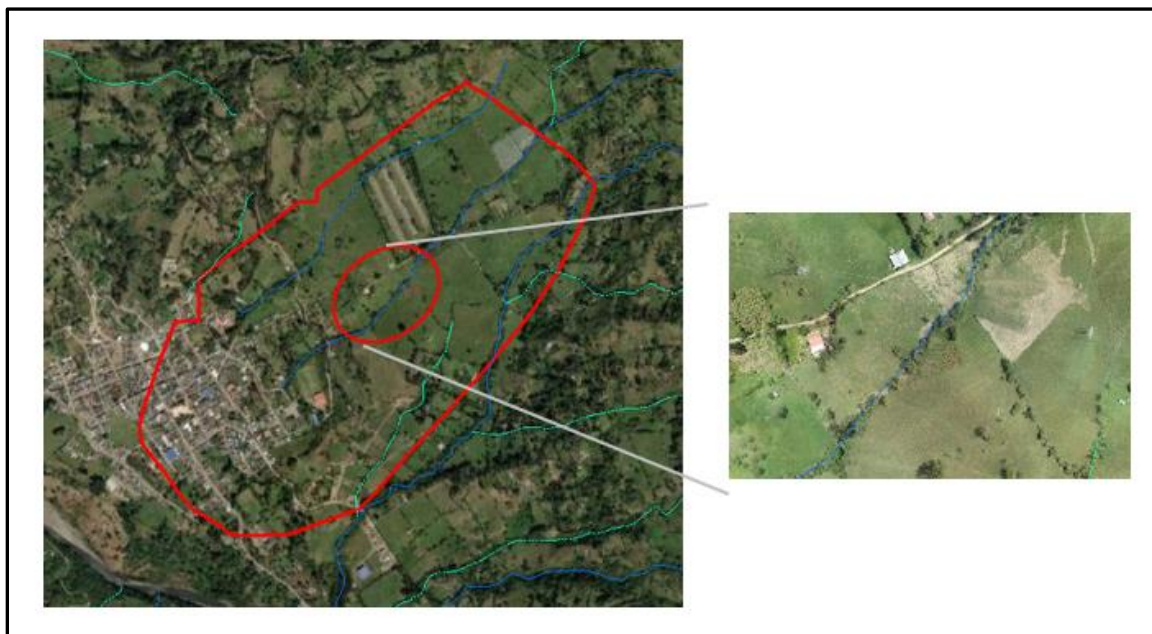
Tabla 11.2. Patrón de drenaje subcuenca hidrográfica de la Quebrada El Chulo

<p>Quebrada El Chulo</p>	<p>Los sistemas de drenaje paralelo se desarrollan sobre superficies homogéneas, suaves, uniformemente inclinadas, cuyas corrientes colectoras principales pueden indicar una falla o fractura.</p>
---------------------------------	---

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

La Figura 11.4 presenta la forma como se aprecia la red de drenaje en el área de estudio.

Figura 11.4. Forma del patrón de drenaje de la quebrada El Tablón, El Chulo y La Esperanza



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.1.5 Análisis Multitemporal

A continuación, se presenta un análisis multitemporal para cuatro (4) periodos de tiempo para el área de estudio, en donde se interpretan las variaciones que, a lo largo del tiempo, han sufrido las subunidades geomorfológicas debido a procesos de migración, acumulación, erosión relacionados a la dinámica fluvial de la Quebrada El Chulo.

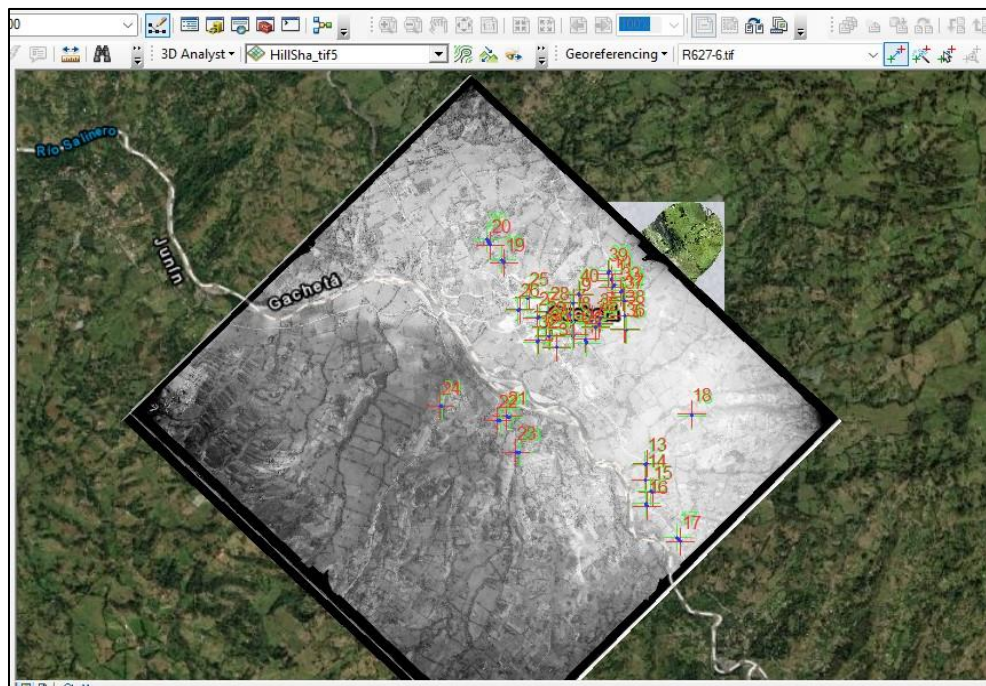
Como ya se mencionó, a partir de las fotografías aéreas multianuales, se realizó el análisis de los cambios históricos ocurridos a los rasgos geomorfológicos se hayan presentado a lo largo de la “vida” de la quebrada.

La interpretación multitemporal de los diferentes períodos históricos permite la comparación espacial y temporal para determinar los diferentes cambios geomorfológicos en la Quebrada El Chulo y su área de influencia, claves para el proceso de delimitación del componente geomorfológico.

11.1.5.1 Metodología

Los trabajos de fotointerpretación iniciaron con la georreferenciación de cada uno de los vuelos e imágenes satelitales obtenidas en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi para el área de estudio. Para esto se utilizaron entre treinta (30) y cuarenta (40) puntos distribuidos a lo largo de la imagen, considerando los sitios que a lo largo del tiempo permanecen estáticos o inamovibles, tales como, intersecciones de carreteras o puentes, y descartando aquellos puntos que varían conforme el paso del tiempo, tales como ríos. En el proceso de georreferenciación, se utilizó la herramienta georeferencing en el software ArcGIS en su versión 10.7.1, dicha herramienta permite correlacionar puntos en común entre una imagen satelital base o la ortofoto del área de estudio y las fotografías aéreas de diferentes periodos de tiempo. la cual genera una nueva imagen ráster optimizada y mucho más precisa (ver Figura 11.5).

Figura 11.5. Proceso de georreferenciación de fotografía aérea del año 1969 (Ver Tabla 11.3)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

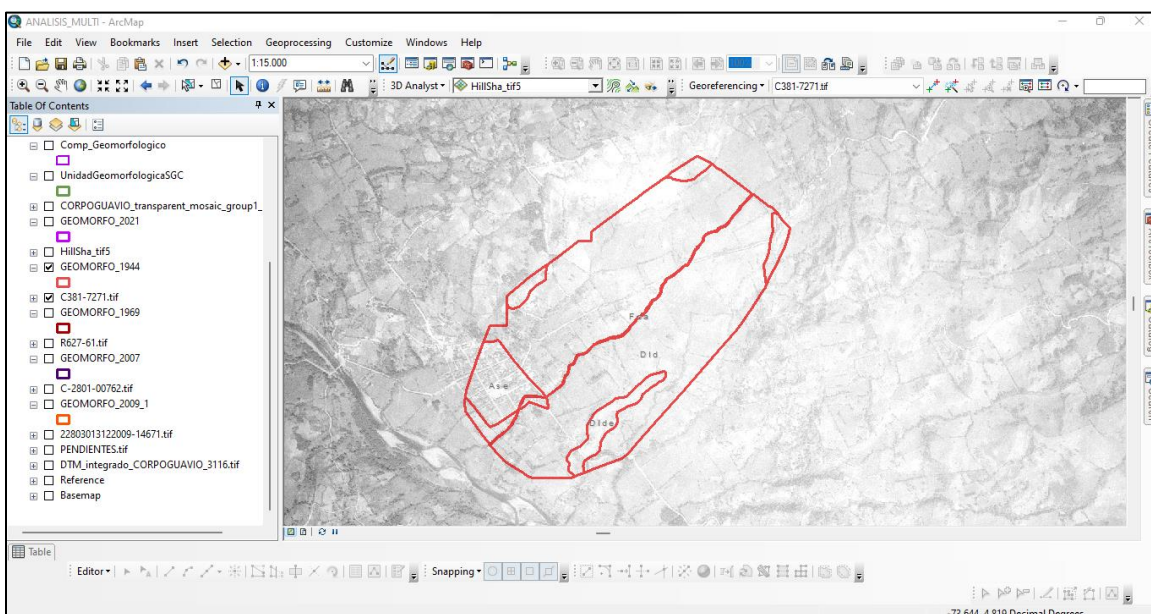
Posteriormente, se procedió a la digitalización de cada uno de los polígonos que conforman las subunidades geomorfológicas dentro del área de estudio, las cuales conformaron los shapefiles para cada uno de los años de interés. Para este proceso de digitalización, los factores como contraste de brillo en los objetos de las imágenes, la resolución, el color y la capacidad de acercamiento en las mismas (zoom), son determinantes en la digitalización manual de las subunidades, ya que éstas condicionan el trazo de los polígonos según sea su grado de exposición. Mediante la comparación entre los diferentes años, se hizo el análisis cualitativo de las variaciones.

Las observaciones sobre las fotografías aéreas fueron cotejadas con los resultados obtenidos en la descripción y caracterización de las geoformas actuales (2022). Con base en esto, y en los cambios históricos referidos por diferentes autores, se interpretaron las perturbaciones sobre la Quebrada El Chulo.

En la Figura 11.6 se observa la digitalización de las subunidades geomorfológicas que se identifican en las imágenes del vuelo de 1944, mientras en la Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 11.7 se muestra el trazo de las subunidades para la imagen satelital del año 2007.

Figura 11.6. Digitalización de las subunidades geomorfológicas en la fotografía aérea de 1944



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

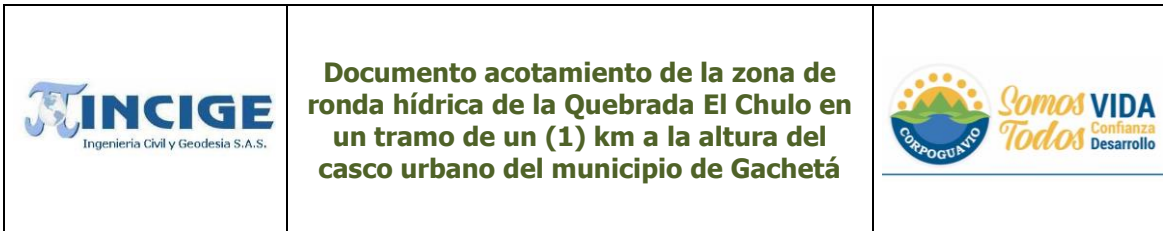
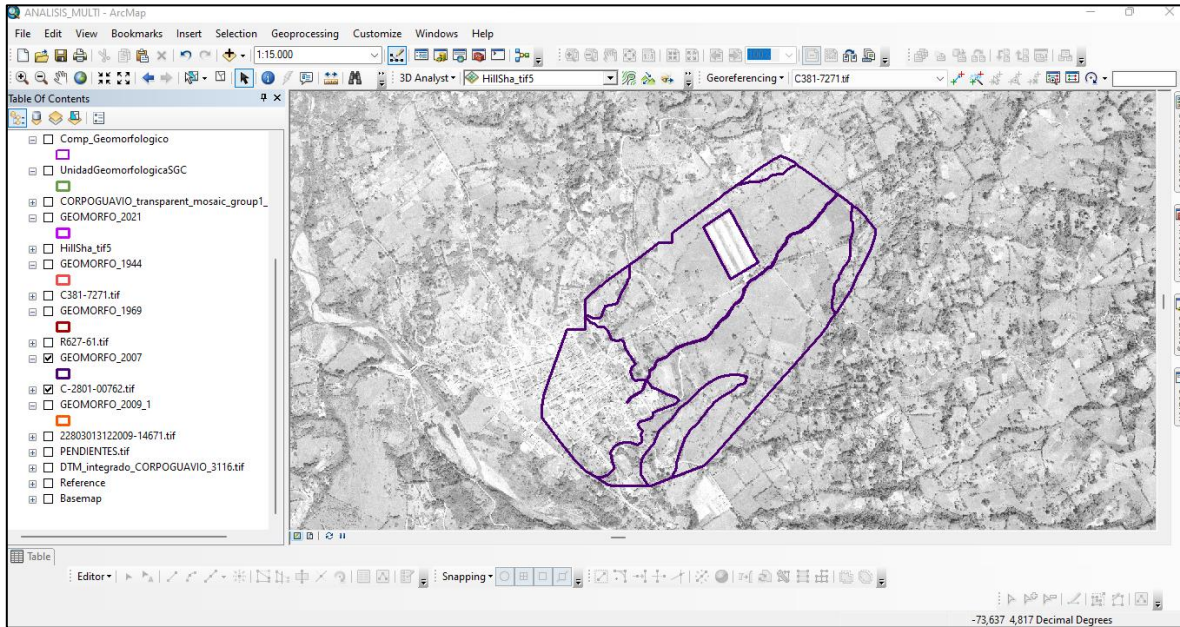


Figura 11.7. Digitalización de las subunidades geomorfológicas en la fotografía aérea de 2007



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Por medio del análisis multitemporal, se interpretaron las geoformas que hacen parte del área de estudio durante los últimos 78 años.



La Tabla 11.3 muestra las características de las fotografías usadas durante el análisis multitemporal.

Tabla 11.3. Características de las fotografías usadas durante el análisis multitemporal de los rasgos geomorfológicos

TIPO DE SENSOR REMOTO	VUELO	AÑO	SOBRE	No. FOTOGRAFÍAS	ESCALA
FOTOGRAFÍA AÉREA	C-381	1.944	S-1546	727	1:30.000
	R-627	1.969	S-3129	6	1:11.500
	C-2801	2007	S- 40783	76	1:43.250
FOTOGRAFÍA SATELITAL	2,2803E+13	2009	N/A	1467	
ORTOFOTO	N/A	2.022	N/A	N/A	

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Como se muestra en la Figura 11.16, para la realización sistemática del levantamiento y jerarquización geomorfológica, se tuvo en cuenta la metodología y nomenclatura planteada en la "Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia", publicada por el Servicio Geológico Colombiano en el año 2011 y cuya metodología se amplía más adelante en el numeral 2.7.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

El resultado, fue un mapa geomorfológico para cada lapso de tiempo en el área de interés en el cual se aprecian los diferentes ambientes geomorfológicos que dan lugar a las diferentes unidades geomorfológicas en el área de estudio.

Para la escala de análisis (1:2000), se realiza una caracterización de unidades y subunidades geomorfológicas. El término unidad geomorfológica, se define como una geoforma individual genéticamente homogénea; mientras que la subunidad, es una subdivisión de la unidad geomorfológica. Esta última, se encuentra determinada fundamentalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de éstos con la correspondiente topografía del terreno.

11.1.5.2 Interpretación Multitemporal

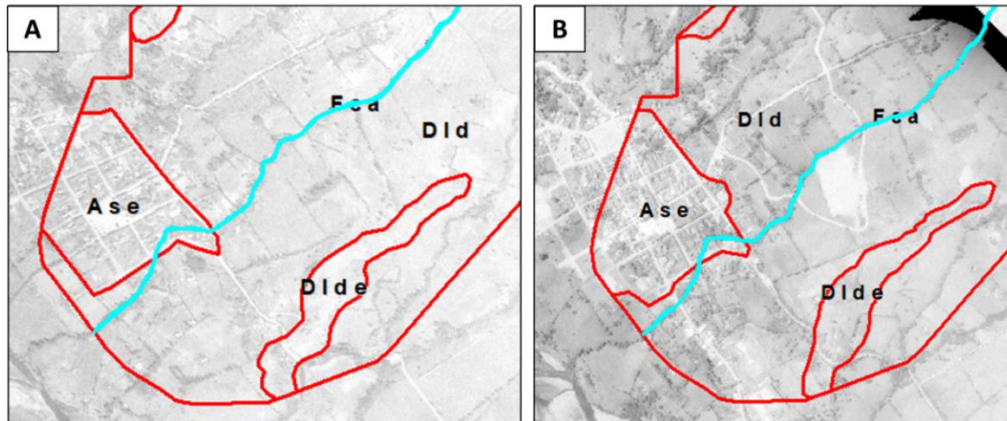
Con el fin de identificar rasgos geomorfológicos o manchas de inundación que se hayan presentado a lo largo de diferentes periodos de tiempo de la Quebrada El Chulo y delimitar posteriormente el cauce permanente; se realizó, a partir de fotografías aéreas existentes, una interpretación multitemporal de 5 periodos diferentes.

A continuación, se presenta un análisis multitemporal por periodos o intervalos de tiempo para el área de estudio, en donde se interpretan las variaciones de las condiciones de los procesos de la geodinámica externa reflejadas en las geoformas debido a procesos de migración, acumulación, erosión al igual que intervención antrópica; sobre todo, aquellas que han sido afectadas por las construcciones civiles; ya sean de carácter industrial, instituciones gubernamentales, vías, entre otras.

11.1.5.2.1 Periodo 1944 – 1969

Entre los años 1944 y 1969, la principal variación se evidencia en la geoforma correspondiente a la superficie de explanación (Ase) ubicada principalmente en la parte sur del área de estudio, ya que para ese momento ocupaba un área menor debido a la poca intervención de agentes antrópicos en dicho periodo (ver Figura 11.8).

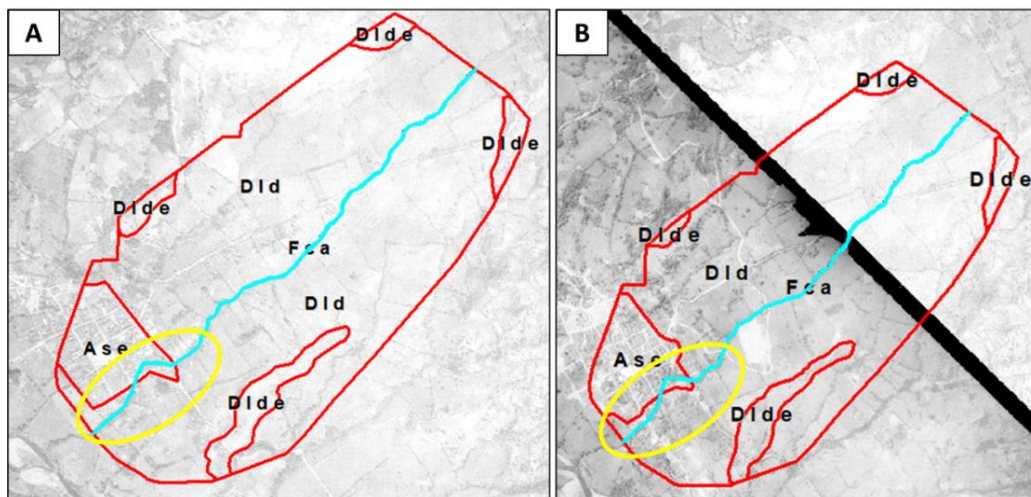
Figura 11.8. A: Superficie de explanación -año 1944/ B: Superficie de explanación -año 1969



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

De igual manera y junto a lo mencionado, El cauce activo de la Quebrada El Chulo se ha mantenido estable y sus aguas han discurrido por la misma trayectoria en la mayor parte del área de estudio; sin embargo cabe aclarar que para este periodo de tiempo se evidencia, gracias al rasgo geomorfológico y con la ayuda de otros parámetros morfométricos como la vegetación riparia (característica de drenajes) que el drenaje trascurría de forma natural sobre parte de la zona de explanación y continuaba su recorrido hasta salir de la zona de estudio sin ningún tipo de canalización (ver Figura 11.9).

Figura 11.9. A: Quebrada El Chulo- año 1944/ B: Quebrada El Chulo- año 1969



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

A continuación, se anexa la Tabla 11.4 de las geoformas para este periodo de tiempo con sus respectivos porcentajes.

Tabla 11.4. A: Geoformas para el periodo comprendido entre 1944/ B: Geoformas para el periodo comprendido entre 1969

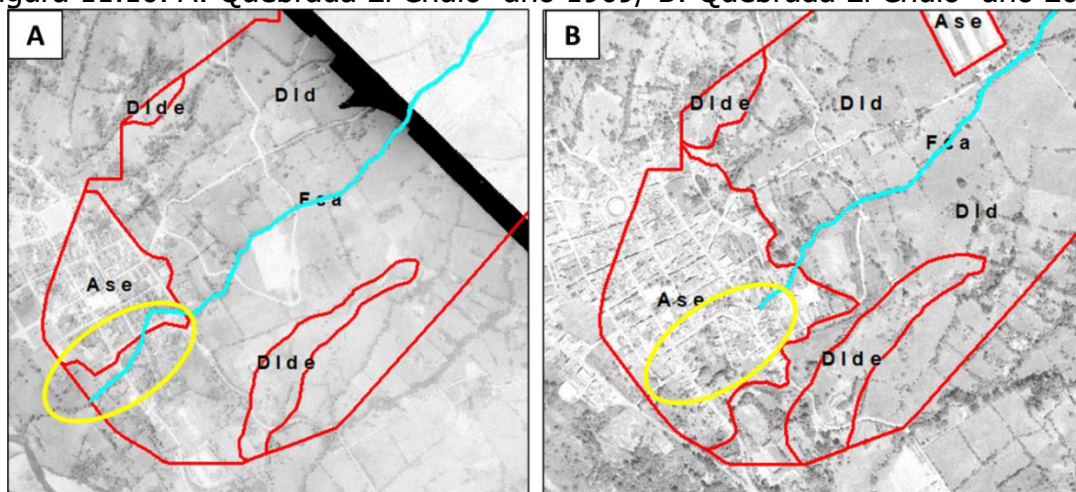
A				B			
NOMBRE UNIDAD	NOMENCLATURA	AREA (ha)	%	NOMBRE UNIDAD	NOMENCLATURA	AREA (ha)	%
Cauce activo	Fca	0,52	0,41	Cauce activo	Fca	0,47	0,37
Superficie de explanación	Ase	8,52	6,64	Superficie de explanación	Ase	9,48	7,36
Lomerio denudado	Dlde	8,35	6,51	Lomerio denudado	Dlde	6,46	5,02
Ladera denudada	Dld	110,90	86,45	Ladera denudada	Dld	112,35	87,25

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.1.5.2.2 Periodo 1969 – 2007

Para el periodo comprendido entre los años de 1.969 y 2007, el cambio más significativo radica en la pérdida del rasgo geomorfológico relacionado con el paso natural de cauce de la Quebrada El Chulo (Figura 11.10B) pocos metros después de entrar en contacto con la geoforma de superficie de explanación la cual corresponde al casco urbano del municipio de Gachetá, debido a modificaciones antrópicas sobre la quebrada.

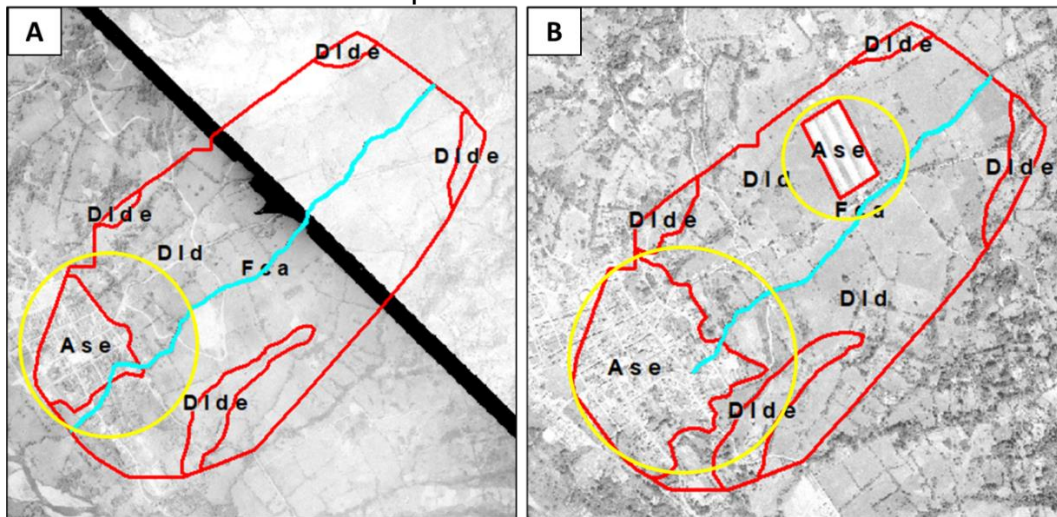
Figura 11.10. A: Quebrada El Chulo- año 1969/ B: Quebrada El Chulo- año 2007



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Adicionalmente, la geoforma de superficie de explanación tiene un cambio significativo en el área que ocupa en la zona de estudio debido al aumento de actividad antrópica.

Figura 11.11. A: Superficie de explanación - año 1969/ B: Superficie de explanación- año 2007



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

A continuación, se anexa la tabla de las geoformas para este periodo de tiempo con sus respectivos porcentajes.

Tabla 11.5. A: Geoformas para el periodo comprendido entre 1969/ B: Geoformas para el periodo comprendido entre 2007

A				B			
NOMBRE UNIDAD	NOMENCLATURA	AREA (ha)	%	NOMBRE UNIDAD	NOMENCLATURA	AREA (ha)	%
Cauce activo	Fca	0,47	0,37	Cauce activo	Fca	0,36	0,28
Superficie de explanación	Ase	9,48	7,36	Superficie de explanación	Ase	27,70	21,59
Lomerio denudado	Dide	6,46	5,02	Lomerio denudado	Dide	14,00	10,91
Ladera denudada	Dld	112,35	87,25	Ladera denudada	Dld	86,23	67,22

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.1.5.2.3 Periodo 2007 – 2009

Para este lapso de tiempo, no se evidencia variación significativa en la espacialización de las geoformas, las identificadas corresponden a subunidades y elementos de origen fluvial, denudacional y antrópico, entre las cuales se pueden destacar las siguientes: Cauce activo, superficie de explanación, lomerío denudado y ladera denudada como se observa en la Tabla 11.6.

Tabla 11.6. A: Geoformas para el periodo comprendido entre 2007/ B: Geoformas para el periodo comprendido entre 2009

A				B			
NOMBRE UNIDAD	NOMENCLATURA	AREA (ha)	%	NOMBRE UNIDAD	NOMENCLATURA	AREA (ha)	%
Cauce activo	Fca	0,36	0,28	Cauce activo	Fca	0,25	0,20
Superficie de explanación	Ase	27,70	21,59	Superficie de explanación	Ase	28,00	21,82
Lomerio denudado	Dlde	14,00	10,91	Lomerio denudado	Dlde	12,91	10,06
Ladera denudada	Dld	86,23	67,22	Ladera denudada	Dld	87,13	67,92

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.1.5.2.4 Periodo 2009 – 2022

Actualmente la geomorfología en la zona de estudio no difiere mucho del periodo pasado, en la Tabla 11.7 se puede observar la distribución de las unidades geomorfológicas para este lapso de tiempo, sin embargo, se adicionan otras dos unidades debido la buena resolución de la imagen en la actualidad, la ayuda del Modelo Digital de Sombras (MDS) y las evidencias de campo.

Teniendo en cuenta la aclaración anterior, en la Figura 11.12 se puede observar la unidad geomorfológica del canal antrópico de aproximadamente 140 metros de largo y en la Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

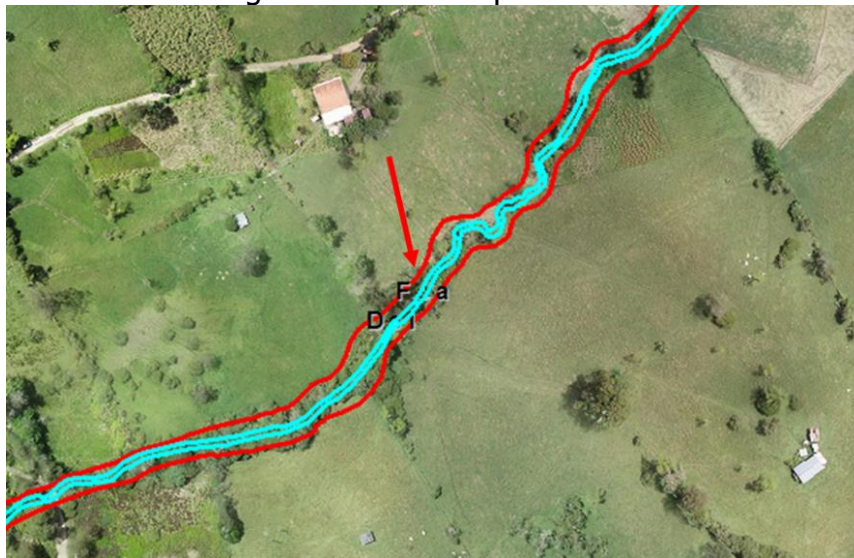
Figura 11.13 la delimitación de la unidad geomorfológica correspondiente al escarpe de loma.

Figura 11.12. Canal antrópico

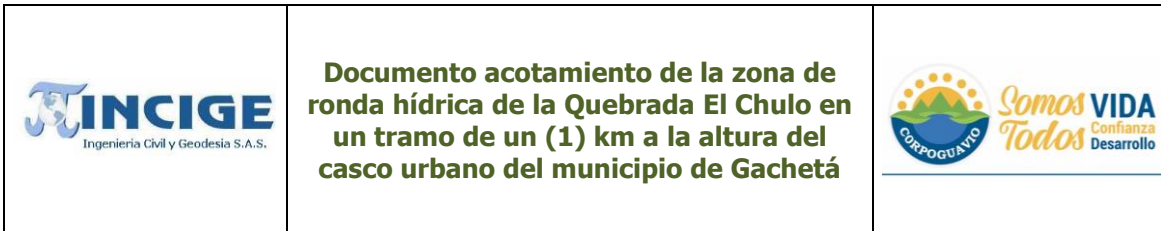


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 11.13. Escarpe de loma



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.



A continuación, se anexa la tabla de las geoformas para este periodo de tiempo con sus respectivos porcentajes.

Tabla 11.7. A: Geoformas para el periodo comprendido entre 2009/ B: Geoformas para el periodo comprendido entre 2022

A				B			
NOMBRE UNIDAD	NOMENCLATURA	AREA (ha)	%	NOMBRE	NOMENCLATURA	AREA (ha)	%
Cauce activo	Fca	0,25	0,20	Ladera denudada	Dld	84,08	66,91
Superficie de explanación	Ase	28,00	21,82	Lomerio denudado	Dlde	15,57	12,39
Lomerio denudado	Dlde	12,91	10,06	Escarpe de loma	Del	1,43	1,14
Ladera denudada	Dld	87,13	67,92	Superficie de explanación	Ase	24,24	19,29
				Canal	Ac	0,05	0,04
				Cauce activo	Fca	0,28	0,22

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Finalmente, en el Anexo 15 se presentan los mapas que muestran la distribución espacial de la jerarquización de la geomorfología para el área de estudio para cada uno de los periodos de tiempo mencionados.

11.1.6 TIPOS DE MORFOLOGÍA EN LA ZONA DE ESTUDIO



11.1.6.1 Tipos de Morfología Mediante Recorridos de Campo

Una vez identificado lo mencionado anteriormente, en terreno se verificó la interpretación mediante la toma de datos morfométricos, datos litológicos y estructurales, que permitieron validar o modificar la información obtenida de las actividades llevadas a cabo en oficina.

La Tabla 11.8, presenta los puntos de control o estaciones de campo que sirvieron para la verificación de los tipos de morfología que hacen parte del área de estudio.

Tabla 11.8. Puntos de control para la verificación en terreno de los diferentes tipos de morfología

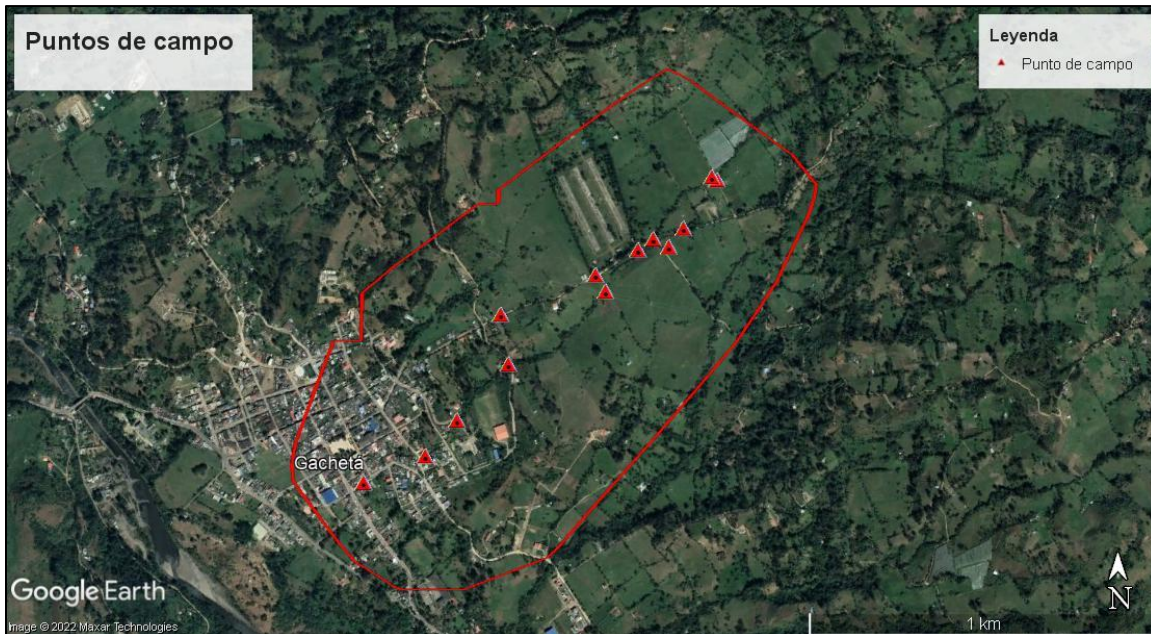
ETAPA	PUNTOS DE CONTROL	(Coordenadas planas)	
	ESTACIÓN	Este	Norte
CARACTERIZACIÓN	1	4930582.452	2091124.253
	2	4930597.606	2091115.696
	3	4930498.900	2090975.110
	4	4930455.987	2090920.920
	5	4930410.839	2090943.974
	6	4930366.304	2090912.788
	7	4930242.604	2090840.140

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

ETAPA	PUNTOS DE CONTROL	(Coordenadas planas)	
	ESTACIÓN	Este	Norte
	8	4930271.437	2090792.781
	9	4929967.136	2090726.803
	10	4929989.552	2090583.358
	11	4929841.122	2090422.656
	12	4929749.621	2090320.509
	13	4929571.908	2090245.078

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 11.14. Localización puntos de campo





Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Los hallazgos obtenidos en cada uno de los puntos de control permitieron ajustar los contactos de los polígonos trazados durante la etapa de interpretación. Este ajuste, dio paso a la obtención de la cartografía temática final.

11.1.6.2 Morfodinámica

La morfodinámica, es la parte de la geomorfología que trata de los procesos geodinámicos externos (principalmente denudativos), tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve y son los responsables del estado actual de las geformas o unidades de terreno (Robertson, 2013).

Estos procesos pueden ser erosivos (denudativos) o constructivos (agradacionales) y la interacción de ellos o entre ellos modifica el relieve.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

A partir del análisis de sensores remotos y las observaciones en campo, se identificaron zonas con evidencia de procesos morfodinámicos.

11.1.6.2.1 Procesos denudativos

- *Procesos de movimientos en masa:*

Hace referencia a todo movimiento ladera abajo del material de una pendiente bajo la influencia de la gravedad, usualmente lubricado por agua (lluvia, agua subterránea, deshielo). El movimiento puede ser muy lento, lento o rápido.

En el área de estudio dichos procesos se encuentran a lo largo de la geoforma de escarpe de loma (Del), debido principalmente a la acción erosiva que la Quebrada El Chulo ejerce sobre esta, es importante resaltar que dichos movimientos en masa a lo largo de la quebrada podrían generar problemas de represamiento natural del cauce y posibles afectaciones de carácter torrencial.

Fotografía 11.1. Movimiento en masa en el escarpe de la loma de la Quebrada El Chulo (Norte: 2090792,78342/Este: 4930271,44059)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

▪ *Socavación lateral:*



Este tipo de erosión se produce cuando en épocas de lluvias, el aumento de los caudales de corrientes de agua como ríos y quebradas trae como consecuencia el aumento en la capacidad de carga y poder erosivo de las corrientes, dando lugar al socavamiento lateral de los cauces o a la profundización de estos (Caso del área de estudio), que puede llegar a desestabilizar los taludes aledaños.

Es importante anotar que el socavamiento lateral del cauce se da principalmente en corrientes sinuosas o meándricas, típicas del piedemonte y el sector de bajo gradiente de las mismas cerca de su nivel base de erosión. Este tipo de erosión excava la parte inferior de los escarpes o taludes de las márgenes de los cauces, específicamente hacia el costado convexo en los cambios de dirección del cauce. Las corrientes de alta montaña, de cauces siempre más rectos e incisados, rara vez presentan socavamiento lateral; en cambio la ganancia en la capacidad de carga y poder erosivo de la corriente se invierte en la profundización de su canal, que puede llegar a desestabilizar las márgenes de las corrientes por falta de soporte, provocando remociones en masa hacia las mismas.

Fotografía 11.2. Socavación lateteral en la Quebrada El Chulo (Norte: 2090943,97185 /Este: 4930410,84213)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

▪ *Degradación antrópica:*

La erosión antrópica, o erosión causada por el hombre, consiste en la pérdida y/o alteración de la capa superficial de suelos, como resultado de diferentes acciones que el ser humano desarrolla en el suelo. Este fenómeno de erosión se conoce también como erosión artificial. En el área de estudio es causada por la acción de la ganadería, en dicho proceso el desplazamiento del suelo superficial pendiente abajo sucede en forma muy lenta (cm o mm/año), sin una superficie de falla definida se le conoce como reptación.

Fotografía 11.3. Degradación antrópica por efectos de la ganadería y cultivos (Norte: 2091124,25045/Este: 4930582,44758)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.1.7 Mapa de Geoformas (Unidad, Subunidad y Componente Geomorfológico), Escala 1:2.000

Según Carvajal (2012), la cartografía geomorfológica, permite generar información sistemática sobre las formas del terreno, origen, tipos de materiales involucrados y procesos naturales tanto antiguos como activos que los afectan; con el fin de proporcionar el conocimiento del relieve en la cuenca de estudio.

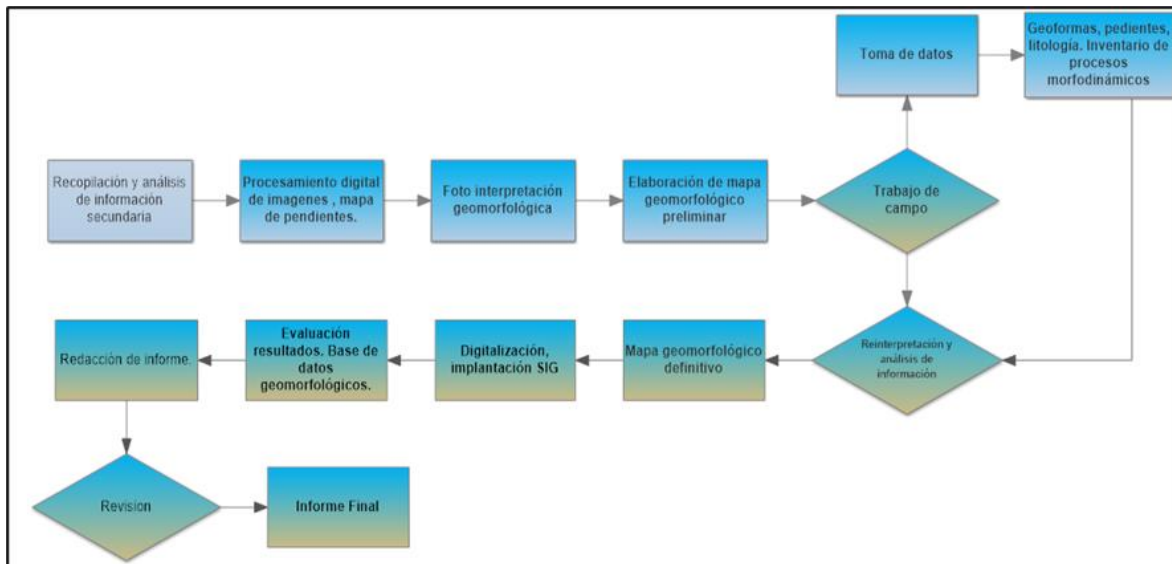
Para tal efecto, se siguieron los lineamientos y modificaciones establecidas por Carvajal (2012); donde, cada elemento cartográfico está representado por símbolos, convenciones y colores definidos en la metodología mencionada y basada en la metodología del International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences - I.T.C.- propuesta por Verstappen, Herman Th. and A van Zuidam, Robert. (1991).

La identificación de los rasgos geomorfológicos del área de estudio se hace en varias etapas; donde, se tienen en cuenta geo-indicadores relacionados con la dinámica

fluvial de la quebrada y bioindicadores como la presencia de vegetación de bosque ripario.

La Figura 11.15 presenta el proceso metodológico seguido para la elaboración del componente geomorfológico.

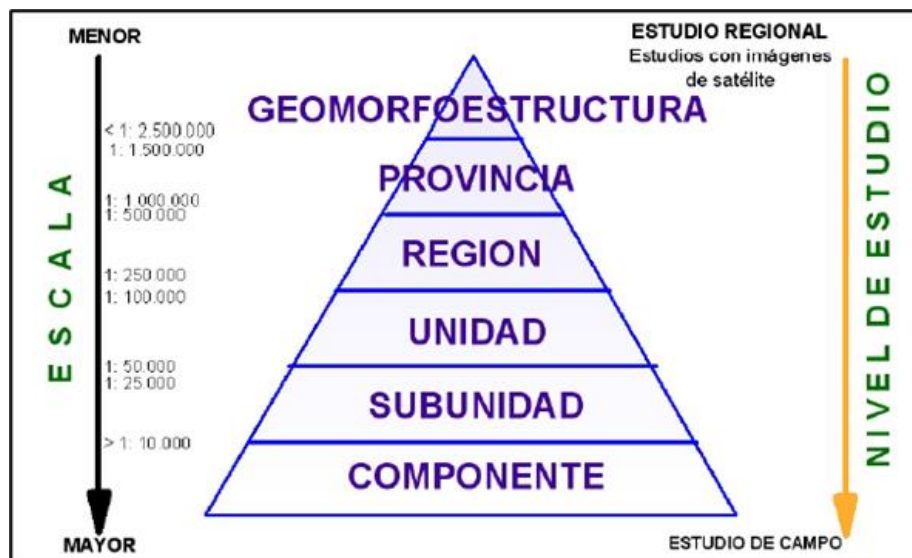
Figura 11.15. Flujograma del proceso metodológico seguido para la elaboración del mapa geomorfológico



Fuente: Carvajal, 2012.

La Figura 11.16, plantea el enfoque del análisis geomorfológico propuesto por Carvajal (2012); donde, el proceso analítico del terreno comprende desde lo regional hasta lo local, relacionando la escala aplicada con las jerarquías geomorfológicas, donde la base regional está fundamentada en la génesis geológica de las geoformas y los ambientes morfogenéticos, y el detalle basado en los ambientes morfogenéticos, expresión morfológica, litología y procesos morfodinámicos.

Figura 11.16. Esquema de jerarquización geomorfológica



Fuente: Carvajal, 2012.

Según Carvajal (2012), la cartografía geomorfológica, permite generar información sistemática sobre las formas del terreno, origen, tipos de materiales involucrados y procesos naturales tanto antiguos como activos que los afectan; con el fin de proporcionar el conocimiento del relieve en la cuenca de estudio.



Para definir las diferentes unidades geomorfológicas, fue necesario clasificar y definir cada unidad de acuerdo con las características homogéneas, tales como relieve, litología y ambientes morfogenéticos. El resultado, fue un mapa geomorfológico en el cual se pueden apreciar los diferentes ambientes geomorfológicos que dan lugar a las diferentes unidades geomorfológicas; para diferenciar entre los dos ambientes morfogenéticos se utilizaron los colores propuestos por Carvajal (2012).

A continuación, se describen las características geomorfológicas que hacen parte del área de estudio, enmarcadas dentro de los conceptos de morfoestructura, morfogénesis, morfometría y morfodinámica.

11.1.7.1 Geomorfoestructura

Se refiere a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intra continentales caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento y posiblemente metamorfismo o intrusión ígnea.

El área de estudio se encuentra incluida dentro del Sistema Orogénico Andino (Levantamiento de la cordillera Oriental).

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

11.1.7.2 Provincia geomorfológica

Corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente se relacionan con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia los cuales están delimitados por el trazo de megafacturas y suturas definidas o inferidas (Carvajal, 2012).

El área de estudio se encuentra incluida dentro de la Provincia Geomorfológica de la cordillera Oriental.

11.1.7.3 Región geomorfológica (Ambiente morfogenético)

Es la agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente. Están definidas por los ambientes morfogenéticos y geológicos afectados por procesos geomórficos parecidos. El ambiente morfogenético, hace alusión a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se generaron las geoformas (Carvajal, 2012).

Según este mismo autor, se determina con base en la interpretación de los procesos geomorfológicos registrados (origen tanto endógeno como exógeno), que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de estas.

De manera general, los ambientes morfogenéticos se agrupan de la siguiente manera: Denudacional: D; Fluvial y lagunar: F; Estructural: S; Glacial: G; Volcánico: V; Kárstico: K; Marino y costero: M; Eólico: E; Antropogénico: A.

Para el área de estudio, se determinaron tres (3) ambientes morfogenéticos o regiones geomorfológicas:

11.1.7.3.1 Ambiente de origen fluvial (F):



Corresponde a las geoformas generadas por procesos (erosión - sedimentación), generadas por corrientes de agua tales como caños, arroyos, ríos, lagos o lagunas.

11.1.7.3.2 Ambiente de origen antrópico (A):

Morfologías formadas por la actividad del hombre que modifica la superficie del terreno.

11.1.7.3.3 Ambiente de origen denudacional (D):

Incluye las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan y dejan remanentes de

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

las unidades preexistentes y de igual manera, crean nuevas por la acumulación de sedimentos.



De acuerdo con lo mencionado, la Tabla 11.9 presenta los parámetros morfológicos y morfométricos que se tuvieron en cuenta tanto para la identificación como para la descripción de las unidades geomorfológicas.

Tabla 11.9. Parámetros morfológicos y morfométricos usados como atributos para la descripción de las geoformas (Rangos de intervalos de altura o relieve relativo)

Rangos de intervalos de altura o relieve relativo				
Rango	Descripción del relieve	Resistencia relativa del material	Definición	Autor
<50m.	Muy bajo	Materiales muy blandos y erosionables	El relieve relativo, hace referencia a la diferencia de altitud de la geoforma entre la parte más alta y más baja de ésta; siendo independiente de la altura absoluta o el nivel del mar. Diferencias de intervalos de altura entre 0-50m. son considerados como muy bajo.	Carvajal P., José H. 2012. Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico Colombiano. Colección de guías y manuales. Bogotá D. C. 83p.
50-250m.	Bajo	Blando erosionable	El relieve relativo, hace referencia a la diferencia de altitud de la geoforma entre la parte más alta y más baja de ésta; siendo independiente de la altura absoluta o el nivel del mar. Diferencias de intervalos de altura entre 50-250m. son considerados como bajo.	
250-500m.	Moderado	Moderadamente blando y erosión alta	El relieve relativo, hace referencia a la diferencia de altitud de la geoforma entre la	

Rangos de intervalos de altura o relieve relativo

Rango	Descripción del relieve	Resistencia relativa del material	Definición	Autor
			parte más alta y más baja de ésta; siendo independiente de la altura absoluta o el nivel del mar. Diferencias de intervalos de altura entre 250-500m. son considerados como moderado.	
500-1.000m.	Alto	Resistente y erosión moderada	El relieve relativo, hace referencia a la diferencia de altitud de la geoforma entre la parte más alta y más baja de ésta; siendo independiente de la altura absoluta o el nivel del mar. Diferencias de intervalos de altura entre 500-1.000m. son considerados como alto.	
1.000-2.500m.	Muy alto	Muy resistente y erosión baja	El relieve relativo, hace referencia a la diferencia de altitud de la geoforma entre la parte más alta y más baja de ésta; siendo independiente de la altura absoluta o el nivel del mar. Diferencias de intervalos de altura entre 1.000-2.500m. son considerados como muy alto.	
>2.500m.	Extremadamente alto	Extremadamente resistente y erosión muy baja	El relieve relativo, hace referencia a la diferencia de altitud de la geoforma entre la	



	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Rangos de intervalos de altura o relieve relativo				
Rango	Descripción del relieve	Resistencia relativa del material	Definición	Autor
			parte más alta y más baja de ésta; siendo independiente de la altura absoluta o el nivel del mar. Diferencias de intervalos de altura >2.500m. son considerados como extremadamente alto.	

Fuente: Tomado y modificado de Carvajal, 2012.

Tabla 11.10. Parámetros morfológicos y morfométricos usados como atributos para la descripción de las geoformas (Rangos de inclinación de la ladera)

Rangos de inclinación de la ladera				
Inclinación (Grados)	Descripción	Características del material y comportamiento	Definición	Autor
<5°	Plana o suavemente inclinada	Muy blanda y muy baja susceptibilidad a movimientos en masa	Corresponde a los terrenos cuyo ángulo de inclinación varía entre los 0° y 5°; siendo estos considerados como planos o suavemente inclinados.	Carvajal P., José H. 2012. Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico Colombiano. Colección de guías y manuales. Bogotá D. C. 83p.
6-10°	Inclinada	Blanda y baja a movimientos en masa	Corresponde a los terrenos cuyo ángulo de inclinación varía entre los 6° y 10°; siendo estos considerados como inclinada.	
11-15°	Muy inclinada	Moderadamente Blanda y Moderada susceptibilidad a movimientos en masa	Corresponde a los terrenos cuyo ángulo de inclinación varía entre los 11° y 15°; siendo estos considerados como muy inclinada.	

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Rangos de intervalos de altura o relieve relativo				
Rango	Descripción del relieve	Resistencia relativa del material	Definición	Autor
16-20°	Abrupta	Moderadamente Resistente y Moderada susceptibilidad a movimientos en masa	Corresponde a los terrenos cuyo ángulo de inclinación varía entre los 16° y 50°; siendo estos considerados como abrupta.	
21-30°	Muy abrupta	Resistente y Alta susceptibilidad a movimientos en masa	Corresponde a los terrenos cuyo ángulo de inclinación varía entre los 21° y 30°; siendo estos considerados como muy abrupta.	
31-45°	Escarpada	Muy Resistente y Alta susceptibilidad a movimientos en masa	Corresponde a los terrenos cuyo ángulo de inclinación varía entre los 31° y 45°; siendo estos considerados como escarpada.	
>45°	Muy escarpada	Extremadamente Resistente, alta susceptibilidad a movimientos en masa	Corresponde a los terrenos cuyo ángulo de inclinación varía entre los >45°; siendo estos considerados como muy escarpada.	

Fuente: Tomado y modificado de Carvajal, 2012.

Tabla 11.11. Parámetros morfológicos y morfométricos usados como atributos para la descripción de las geoformas (Rangos de forma de la ladera)

Rangos de forma de la ladera				
Clase	Características material	Movimientos en masa asociados	Definición	Autor
Recta	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente	Movimiento traslacional	Deslizamiento en el cual la masa se desplaza a lo largo de una superficie	Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para

Rangos de forma de la ladera				
Clase	Características material	Movimientos en masa asociados	Definición	Autor
			de falla plana u ondulada.	las Comunidades Andinas. 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
Cóncava	Material blando y disposición estructural no diferenciado	Deslizamiento rotacional	Deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava.	
Convexa	Materiales blandos y disposición estructural casi horizontal	Predomina Meteorización y erosión. Pequeños deslizamientos rotacionales.	Estos movimientos ocurren frecuentemente en masas de material relativamente homogéneo, pero también pueden estar controlados parcialmente por superficies de discontinuidad preexistentes.	
Irregular o escalonada	Materiales con resistencia variada. Disposición estructural en contra de la pendiente.	Caída de bloques. Erosión diferencial	Tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la superficie de un talud, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable.	
Compleja	Mezcla de materiales. Disposición estructural no definida.	Deslizamientos complejos	Término empleado por Hutchinson para designar a un tipo de deslizamiento de una masa rocosa a partir de una superficie de falla compuesta por varios planos o de curvatura irregular.	

Fuente: Tomado y modificado de Carvajal, 2012.





	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Tabla 11.12. Parámetros morfológicos y morfométricos usados como atributos para la descripción de las geoformas (Rangos de forma de la ladera)

Rango	Descripción del relieve	Definición	Autor
<50m.	Muy corta	<p>Es un indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas; puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de los procesos morfodinámicos. Longitud de superficie natural inclinada de un terreno, con intervalos de longitud entre 0-50m. son consideradas como muy corta.</p>	<p>Carvajal P., José H. 2012. Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico Colombiano. Colección de guías y manuales. Bogotá D. C. 83p. // Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.</p>
50-250m.	Corta	<p>Es un indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas; puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de los procesos morfodinámicos. Longitud de superficie natural inclinada de un terreno, con intervalos de longitud entre 50-250m. son consideradas como corta.</p>	
250-500m.	Moderadamente larga	<p>Es un indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas; puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de los procesos morfodinámicos. Longitud de superficie natural inclinada de un terreno, con intervalos de longitud entre 250-500m. son consideradas como moderadamente larga.</p>	
500-1.000m.	Larga	<p>Es un indicador de la homogeneidad del</p>	

Rango	Descripción del relieve	Definición	Autor
		material constitutivo de las geoformas; puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de los procesos morfodinámicos. Longitud de superficie natural inclinada de un terreno, con intervalos de longitud entre 500-1.000m. son consideradas como larga.	
1.000-2.500m.	Muy larga	Es un indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas; puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de los procesos morfodinámicos. Longitud de superficie natural inclinada de un terreno, con intervalos de longitud entre 1.000-2.500m. son consideradas como muy larga.	
>2.500m.	Extremadamente larga	Es un indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas; puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de los procesos morfodinámicos. Longitud de superficie natural inclinada de un terreno, con intervalos >2.500m. son consideradas como extremadamente larga.	

Fuente: Tomado y modificado de Carvajal, 2012.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

11.1.7.4 Evolución Geomorfológica

La zona de estudio se encuentra hace parte del área de la cuenca del río Guavio, dicha cuenca se ubica sobre la vertiente Oriental de la cordillera Oriental, cuyo levantamiento definitivo se inició hace aproximadamente 4 millones de años, generando un relieve irregular montañoso, de origen estructural (INGEOMINAS, 2006). La zona de estudio se localiza al norte de la Cuenca la cual esta se caracteriza por ser una franja montañoso con orientación noreste-suroeste y fuertes pendientes, e incluye los páramos de Chingaza, Guasca El Tablón y Pan de Azúcar. Las mayores elevaciones se encuentran dentro del Parque Nacional Natural Chingaza (~3.600 msnm); la cual está asociada a rocas sedimentarias de edades Terciaria y Cretácicas, con una topografía de escarpada, levemente escarpada a pendientes moderadas la cual está enmarcada desde la Cuchilla Peña Negra, Cuchilla El Tablón en la parte norte hasta la Cuchilla Gazanore, Cuchilla de Toquiza y los Farallones de Medina, Parte central de la Cuenca del Río Guavio.

Morfológicamente la zona de estudio se caracteriza por su relieve moderado a fuerte y por tener geoformas de origen denudativo (INGEOMINAS, 2006).



11.1.7.5 Generación del Mapa Preliminar de Geomorfología

La estructuración del mapa preliminar a escala 1:2.000, consistió en definir las unidades geomorfológicas que cumplieran con las características de forma, escala de mapeo (área mínima cartografiable) y descripción de la unidad. Esta fase, está fundamentada en la interpretación de los sensores remotos disponibles para el área de estudio (aerofotografías y ortofotos), y de las variables nombradas anteriormente; diferenciando las geoformas por su origen (ambiente morfogenético) y las relaciones entre las mismas.

A partir de la interpretación temática y una vez definidas las unidades de geomorfología, se procedió a ajustar la geometría de estas a través del patrón de drenaje, base cartográfica y su correspondencia con el modelo de sombras.

La identificación de los rasgos geomorfológicos del área de estudio se hace en varias etapas; donde, se tienen en cuenta geo-indicadores relacionados con la dinámica fluvial de la quebrada y bioindicadores como la presencia de vegetación de bosque ripario.

A partir de la escala de trabajo de presente capítulo (1:2000), la definición de las categorías geomorfológicas permitió el análisis sistemático de la evolución geomorfológica del área de estudio. Esta concepción, es igualmente necesaria con el fin de enfocar el estudio, hacia el análisis de las geoformas de manera sistémica y coherente, con las operaciones funcionales de almacenamiento, consulta, análisis,

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

generación y generalización de información cartográfica de los Sistemas de Información Geográfica -SIG- (Carvajal, 2012).

11.1.8 Interpretación del Ortofotomosaico

De acuerdo con lo mencionado, durante la compilación de la información cartográfica, se contó con el límite del área de estudio, cartografía base (curvas de nivel a escala 1:2.000), cartografía temática de geología (escala 1:25.000), cartografía temática de estructuras geológicas (escala 1:25.000), cartografía temática del patrón de drenaje y cartografía temática de pendientes (escala 1:2.000). Además, se contó con los sensores remotos (Ortofotos); Modelo Digital de Sombras (DSM); y el Modelo Digital de Elevación (MDE) a escala 1:2.000.

La Tabla 11.13, muestra las características cualitativas de los insumos usados durante el análisis e interpretación geomorfológica del área de estudio.

Tabla 11.13. Insumos para la interpretación geomorfológica a escala 1:2.000

Época	INSUMO	PRODUCTO	AÑO	ESCALA
Época actual	Curvas de nivel	Base cartográfica	2.022	1:2.000
	Sensor remoto	Ortofotomosaico - cámara fotogramétrica;		1:2.000
	Modelo Digital de Sombras (MDS)	Modelo de elevación de terreno (ortométrico) procesado para ráster de sombras - LIDAR		1:2.000
	Secciones transversales	Levantamiento topográfico		1:5.000

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.1.9 Clasificación de las unidades geomorfológicas

A continuación, se presenta la descripción de las unidades geomorfológicas jerarquizadas en componentes geomorfológicos (ver Tabla 11.14) presentes en el sitio de estudio, ordenadas según su ambiente morfogenético.

El área de estudio de la Quebrada El Chulo, se desarrolla sobre Ambientes de origen Denudacional (D) y Antrópico (A) principalmente y en menor porcentaje sobre el ambiente Fluvial (F), está localizada sobre la vertiente occidental de la cordillera Oriental del Sistema orogénico andino.

Las geoformas en el área de estudio responden principalmente a procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan constantemente la zona, junto a esto la actividad antrópica modifica la superficie del terreno y la geoforma de origen fluvial solo se observa puntualmente en los procesos de erosión generados por el cauce activo de la Quebrada El Chulo.

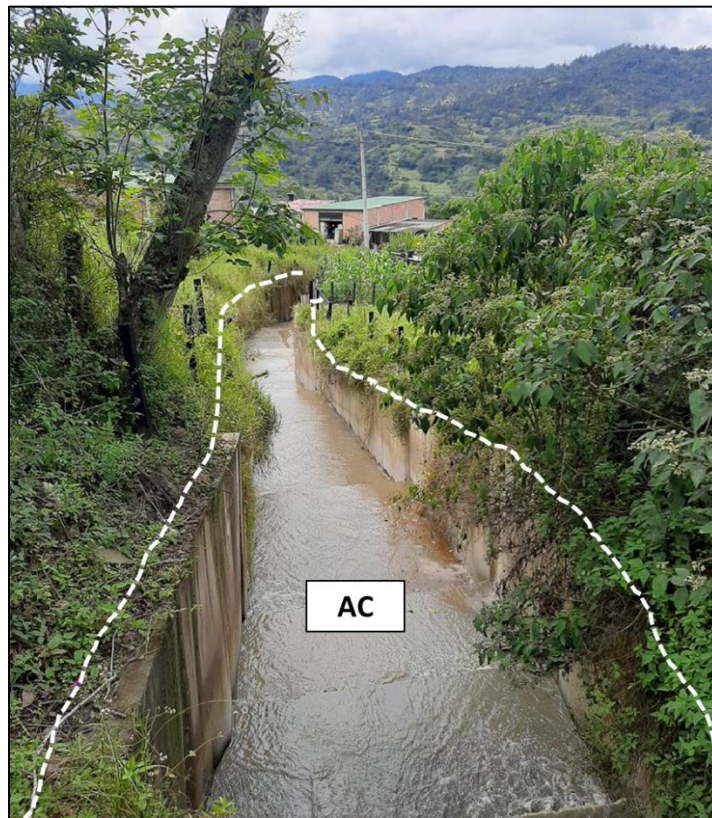
11.1.10 Parámetros morfológicos y morfométricos para el área de estudio

11.1.10.1 Unidades de origen morfogenético antrópico



11.1.10.1.1 Canal (Ac):

Canal construido en concreto de forma rectangular, que se presenta en la parte sur de la zona de estudio. Se canalizaron aproximadamente 140 metros de la Quebrada El Chulo, en la parte final del acotamiento de ronda.

Fotografía 11.4. Canal en la Quebrada El Chulo (Ac) (Norte: 2090422,65878 / Este: 4929841,12481)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---



Fotografía 11.5. Canal en la Quebrada El Chulo (Ac) (Norte: 2090320,50719/Este: 4929749,61664)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.1.10.1.2 Superficie de explanación (Ase):

Corresponde a geoformas del terreno que tienen origen debido a la modificación antrópica del terreno. Generalmente, se presentan como zonas de morfología plana a suavemente inclinada cuyas pendientes que no superan los 5 grados de inclinación y con forma convexa. Estas geoformas son características de los sitios donde existen obras de infraestructura significativas o también a las vías de comunicación, en general. Esta unidad geomorfológica está constituida sobre depósitos de rellenos indiferenciados o ingenieriles que son utilizados al momento de realizar las obras, para el caso de la zona de estudio dicha unidad corresponde principalmente al casco urbano del municipio de Gachetá y se localiza aguas abajo en el área de estudio.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Fotografía 11.6. Superficie de explanación (Ase)(Norte: 2090245,07966 /Este:4929571,90664



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.1.10.2 Geoformas de origen morfogenético fluvial

11.1.10.2.1 Cauce activo (Fca):

Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, que corresponde a la Quebrada El Chulo.

Estos cauces, dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias.

La geoforma de este drenaje representa un cuerpo de agua central en un tiempo determinado y un flujo constante, en general presenta un patrón con pocas variaciones en su comportamiento, es poco profundo y presenta algunas evidencias de torrencialidad.

Fotografía 11.7. Cauce activo de la Quebrada El Chulo (Fca) (Norte: 2090943,97185 / Este: 4930410,84213)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.1.10.3 Geoformas de origen morfogenético denudacional

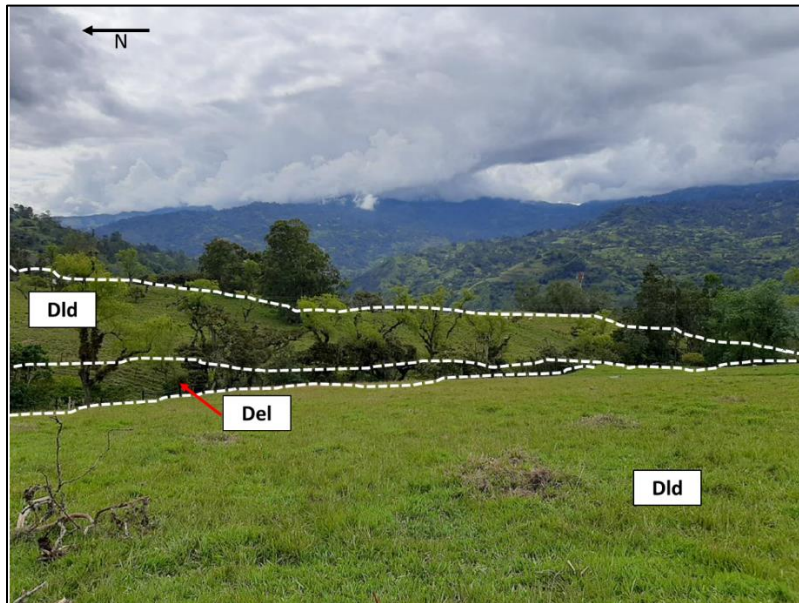
11.1.10.3.1 Ladera denudada (Dld):

Corresponde a una geoforma de longitud de ladera larga, con un ángulo de inclinación de aproximadamente 30° que corresponde a una clasificación de pendiente muy abrupta como se puede observar en la Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.



, tiene formas cóncavas y convexas. El terreno accidentado se forma como producto de acción de factores erosivos. Lo anterior sumado a el material (suelo) sobre el cual está constituida la geoforma, la hace más susceptible a la generación de procesos morfodinámicos. El patrón de drenaje típico es dendrítico a subparalelo. Esta geoforma ocupa la mayor parte de la zona de estudio.

En la siguiente figura se observa la geoforma de ladera denudada (Dld) descrita anteriormente, en contacto con la geoforma de escarpe de loma (Del).

Fotografía 11.8. Ladera denudada (Dld) en contacto con la geoforma de escarpe de loma (Del) (Norte: 2090840,13768 / Este: 4930242,60323)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Fotografía 11.9. Ladera denudada (Dld) donde se puede observar una pendiente de aproximadamente 30° (Norte: 2090726,80616 /Este: 4929967,13893)

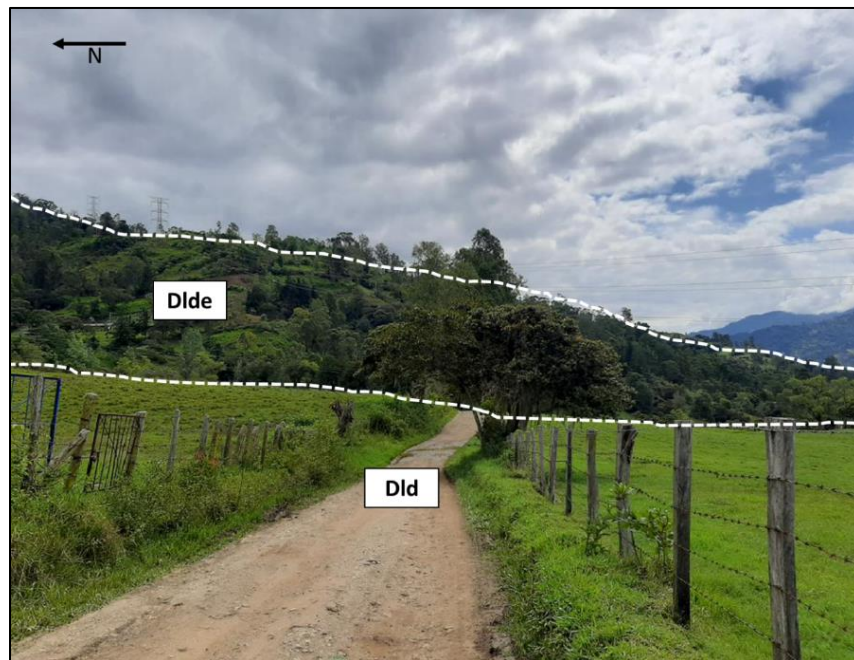


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.



11.1.10.3.2 Lomerío denudado (Dlde):

Son sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo menor que 250 m y la longitud del eje principal es menor que 250 m que han sido modelados por los procesos erosivos. Son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico.

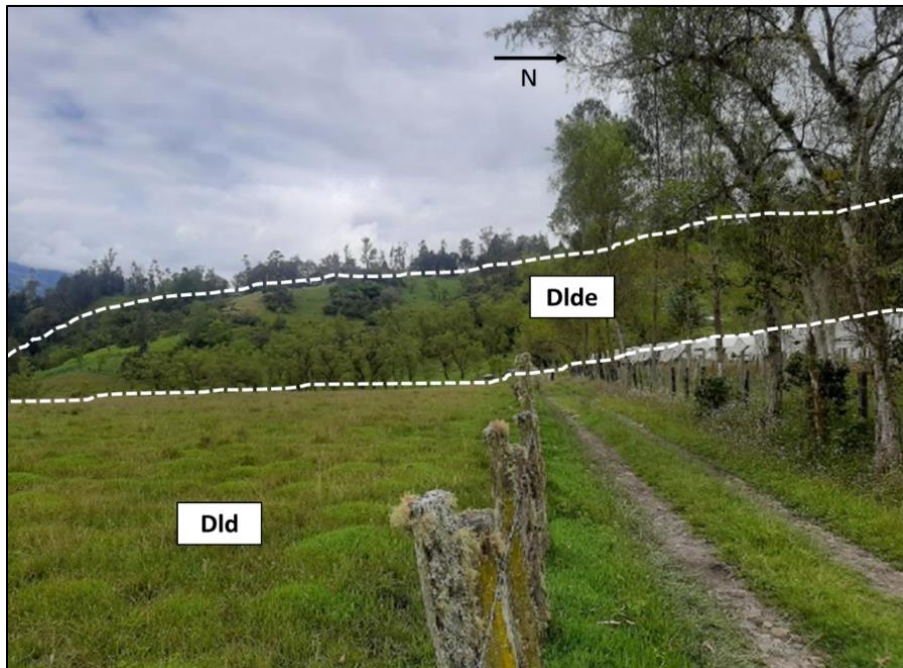
Fotografía 11.10. Geoforma de Lomerio denudado (Dlde) en contacto con la geoforma de Ladera denudada (Dld) (Norte: 2090975,11385 /Este: 4930498,89853)



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p style="text-align: center;">Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Fotografía 11.11. Geoforma de Lomerio denudado (Dlde) en contacto con la geoforma de Ladera denudada (Dld) (Norte: 2091124,25045/ Este: 4930582,44758)



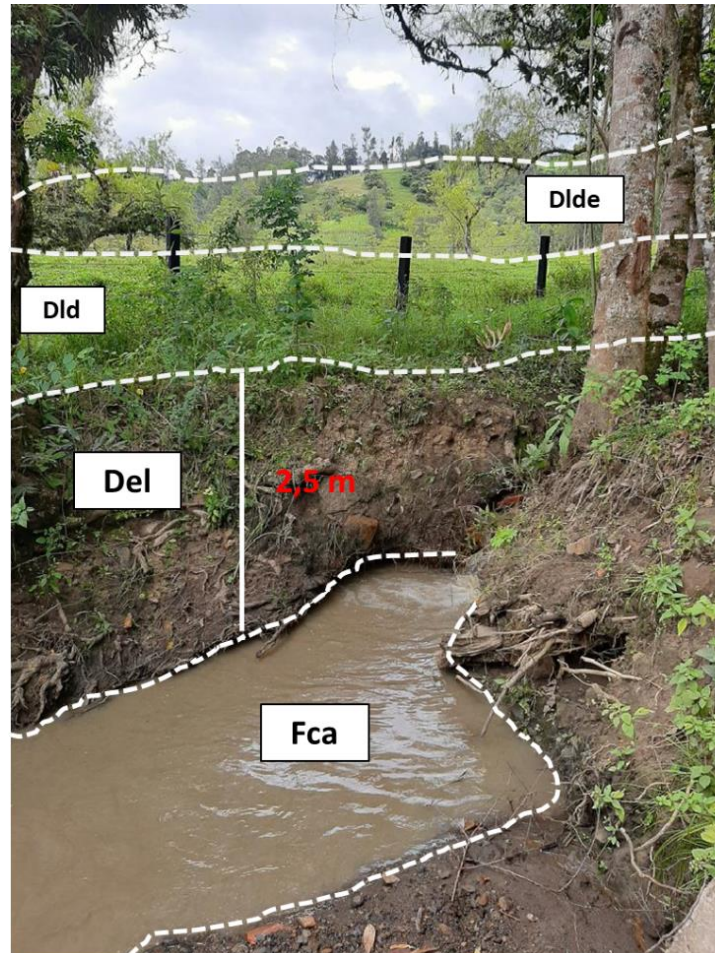
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.1.10.3.3 Escarpe de loma (Del):

Corresponde a geoformas que cortan el terreno de forma abrupta, son Planos verticales de longitud muy corta (< 50 metros), rectas y los escarpes tienen una inclinación mayor 45° , dicha geoforma está presente en los bordes del cauce activo de la Quebrada El Chulo. Su origen está relacionado a procesos de incisión y socavación lateral.

El grado de inclinación, sumado a el material sobre el cual está construida esta geoforma, la hace más susceptible a la generación de procesos morfodinámicos que pueden eventualmente desencadenar fenómenos de movimientos en masa.

Fotografía 11.12. Geoforma de Ladera de erosión fluvial (Dlef) en contacto con el cauce activo de la Quebrada El Chulo (Fca) y la ladera denudada (Dld), al fondo se puede observar la geoforma de lomerio denudado (Dlde) (Norte: 2090912,78981/Este: 4930366,30496)



Fuente: INCIGE, 2022.

Con base tanto en los objetivos del estudio como en lo descrito anteriormente, la Tabla 11.14 presenta las unidades, subunidades y componentes geomorfológicos, obtenidos tanto en la etapa de interpretación a escala 1:2.000 como en la etapa de comprobación y verificación en campo; las cuales han sido organizadas y estructuradas sobre la base de un Sistema de Información Geográfica -SIG; de acuerdo con el orden de la jerarquización propuesta por Carvajal (2012).

En la



 <p>INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.</p>	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	 <p>Somos VIDA Confianza Todos Desarrollo</p>
---	--	---

Tabla 11.11 se puede observar la jerarquización realizada a partir tanto de la interpretación de los sensores remotos como del reconocimiento de campo, para el área de estudio de la Quebrada El Chulo.

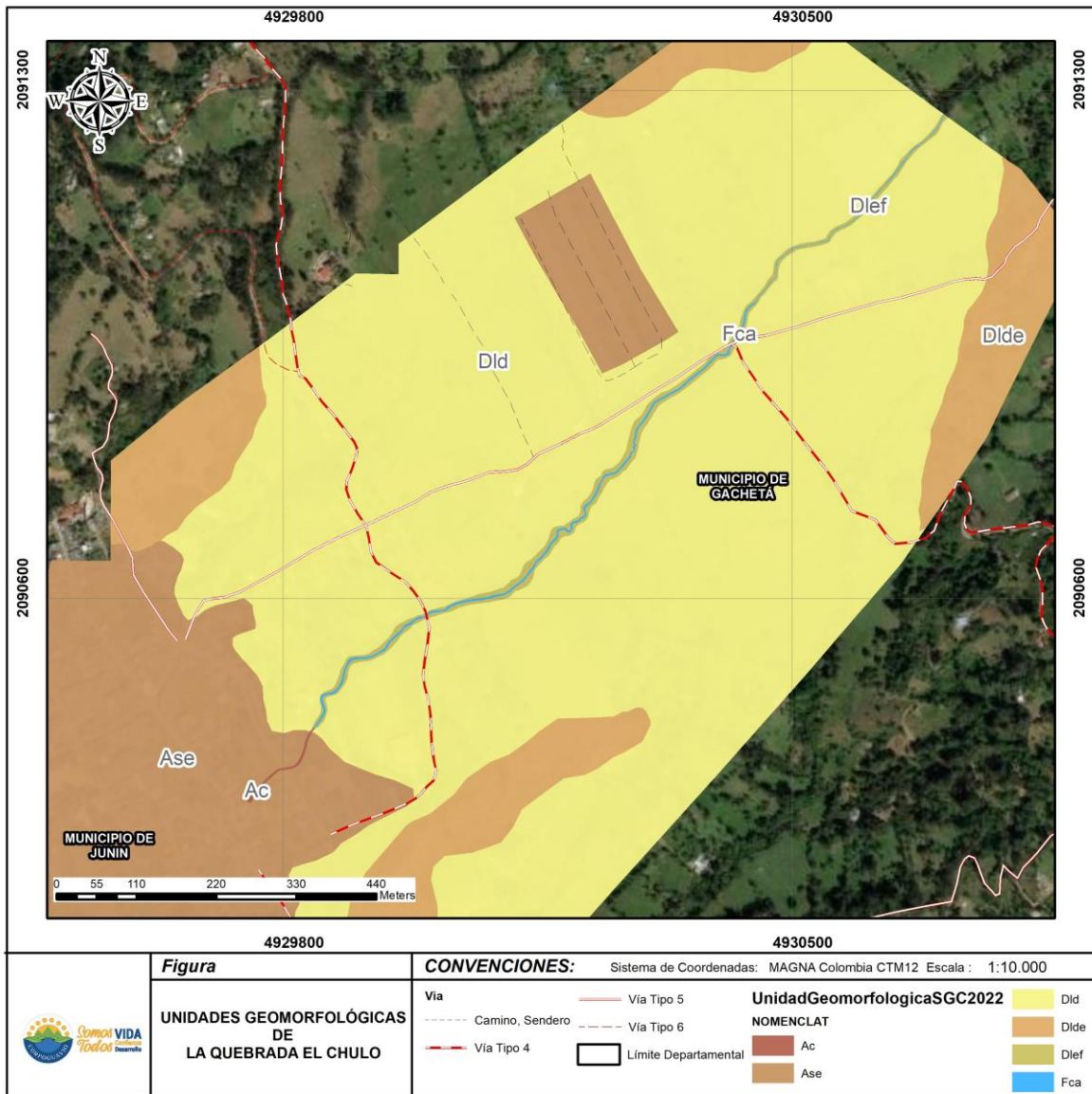
Finalmente, y con base en lo mencionado, la Figura 11.17 se muestra la distribución espacial de la jerarquización de la geomorfología para el área de estudio.

Tabla 11.14. Jerarquización geomorfológica para el área de estudio

GEOMORFOES	PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUBUNIDAD	COMPONENTE	NOMBRE	NOMENCLATURA	ÁREA (ha)	%		
Cordillera, Orógeno	Cordillera Oriental	Ambiente Denudacional	Cerro Residual	Ladera denudada	Flanco	Ladera denudada	Dld	84,08	66,91		
						Lomerío denudado	Dlde	15,57	12,39		
					Escarpes	Escarpe de loma	Del	1,43	1,14		
		Ambiente Antropogénico	Superficie de explanación	Plano de explanación	Flanco	Superficie de explanación	Ase	24,24	19,29		
					Cauce	Cauce antrópico	Cauce antrópico	Canal	Ac	0,05	0,04
						Cauce activo	Cauce activo	Cauce activo	Fca	0,28	0,22

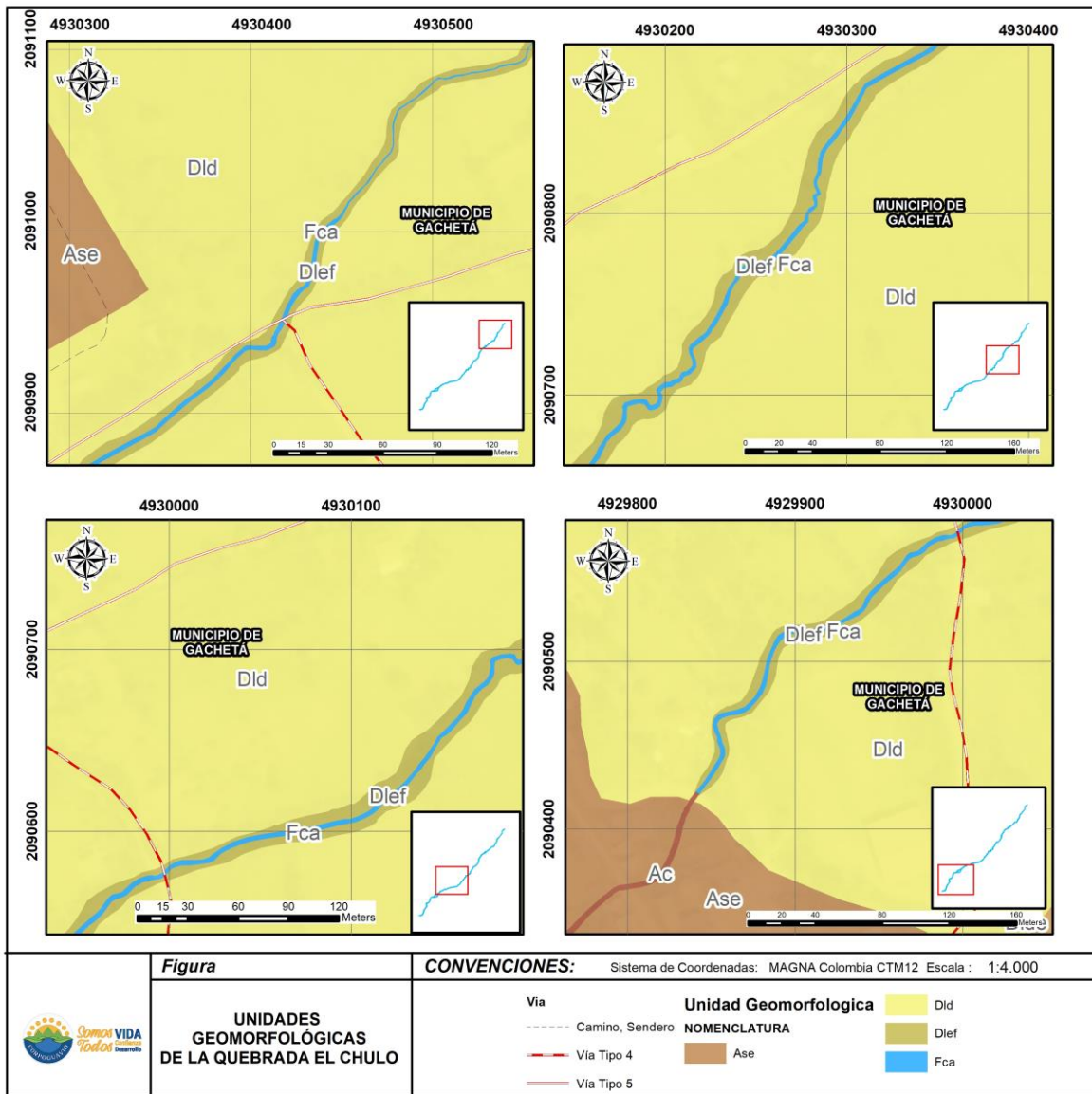
Fuente: INCIGE, 2022.

Figura 11.17. Distribución espacial de las unidades geomorfológicas al interior del área de estudio de la Quebrada El Chulo





Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

Figura 11.18. Distribución espacial de las unidades geomorfológicas al interior del área de estudio de la Quebrada El Chulo seccionada



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

	<p align="center">Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	---	---

11.1.11 Delimitación del componente geomorfológico de la ronda hídrica (1:2000)

Según lo mencionado por MADS (2018), la cartografía temática del componente geomorfológico se representa a escala 1:2.000 y estructurada bajo un Sistema de Información Geográfica -SIG-.

Para el área de estudio el componente o elemento geomorfológico, se estableció por los rasgos del relieve (escarpes naturales o antrópicos, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas del valle), definidos en sitios puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno. Se debe tener presente el tipo de drenaje y corriente (Recto de montaña) de la Quebrada El Chulo, ya que Por su condición de alto gradiente este tipo de drenajes no tienen extensas zonas de ocupación durante las crecientes; sus llanuras de inundación son estrechas o incluso inexistentes, por lo que los procesos de flujo y transporte de sedimentos se concentran en cauces únicos, fáciles de determinar.

Debido lo descrito anteriormente, para el caso del área de estudio, las unidades geomorfológicas que hacen parte del límite funcional de la ronda hídrica se presentan en la Tabla 11.15.

Tabla 11.15. Unidades geomorfológicas asociadas a la ronda hídrica del área de estudio

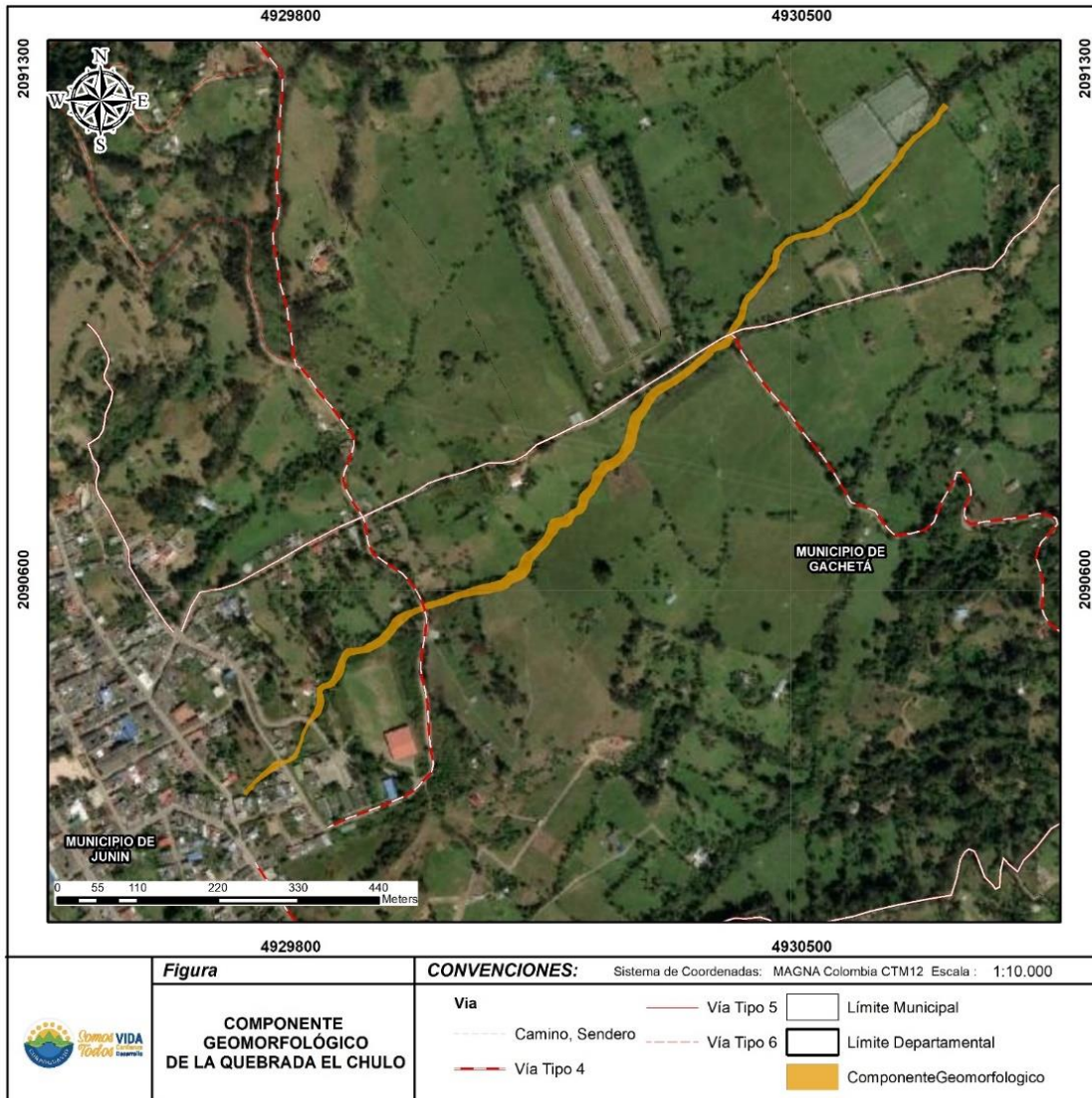
GEOMORFOES	PROVINCIA	REGION	UNIDAD	SUBUNIDAD	COMPONENTE	NOMBRE	NOMENCLATURA	AREA (ha)	%
Cordillera, Orógeno	Cordillera Oriental	Ambiente Denudacional	Cerro Residual	Ladera denudada	Escarpes	Escarpe de loma	Del	1,43	1,14
		Ambiente Fluvial	Cauce activo	Cauce activo	Cauce	Cauce activo	Fca	0,28	0,22

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

Finalmente, la Figura 11.19 muestra el límite físico de la ronda hídrica del área de estudio asociado al componente geomorfológico.

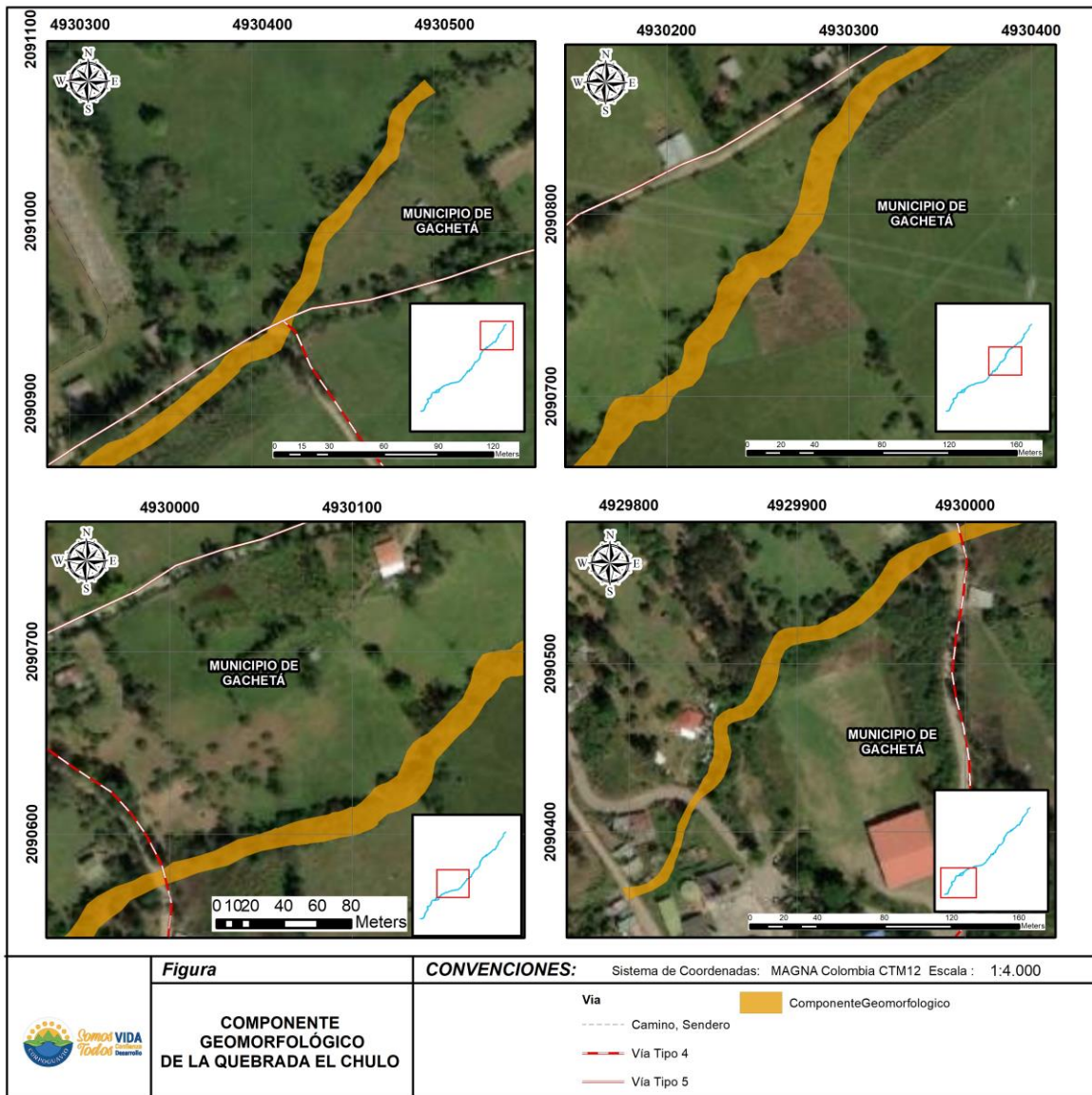
Para mayor detalle se recomienda consultar el Mapa del límite físico de la Quebrada El Chulo, presentado en el Anexo 15.

Figura 11.19. Componente geomorfológico asociado a la ronda hídrica



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022



Figura 11.20. Componente geomorfológico asociado a la ronda hídrica seccionada



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

11.2 DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE HIDROLÓGICO – HIDRÁULICO DE LA RONDA HÍDRICA

En los eventos de crecientes e inundaciones se transportan por el cauce por medio de la escorrentía distintos sedimentos y nutrientes producidos en la cuenca. Así pues, la dinámica hidrológica determina en gran parte el tamaño y la forma del cauce y su

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

entorno, donde su conformación morfológica depende fundamentalmente del régimen natural de flujo, es decir, del momento, la duración, la frecuencia, la tasa de cambio y magnitud de los caudales circulantes, ordinarios y extraordinarios (MADS, 2018).

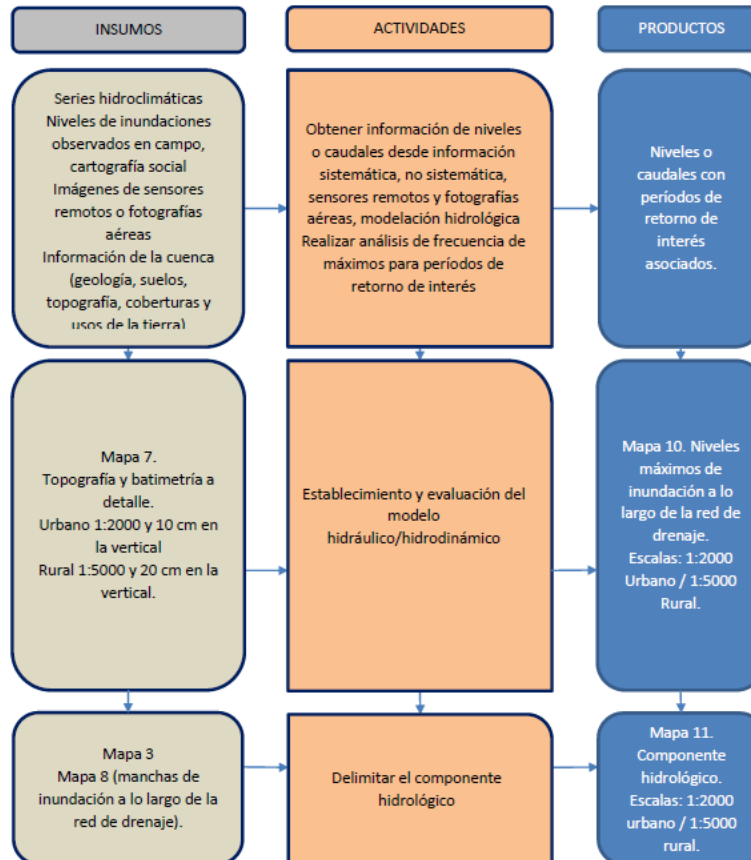
Por tanto, al simular el comportamiento hidrológico de la zona de estudio, y con esto, estimar los volúmenes de agua que sobre la red de drenaje de la cuenca van a ser transportados, además de la realización de un modelo hidrodinámico que permita simular en tránsito de dichos flujos es posible determinar una envolvente que defina el componente hidrológico – hidráulico de la zona de ronda hídrica.

11.2.1 Criterios

El componente hidrológico de la ronda hídrica permite el funcionamiento del sistema fluvial para los eventos extremos más frecuentes, los cuales son necesarios para la conexión de los cuerpos lóticos y lénticos en el sistema fluvial, el intercambio de sedimentos, nutrientes y organismos y en general para el mantenimiento de los ciclos biológicos de las especies en estos ecosistemas (MADS, 2018). En este orden de ideas, este componente está limitado por la mancha de inundación generada por los eventos con variabilidad intranual e interanual. De acuerdo con el MADS (2018), las crecidas representativas en las condiciones máximas promedio durante una temporada hidrológicamente “normal” de La Niña pueden ser asociadas a una creciente con un periodo de retorno de 15 años, aplicable para sistemas lóticos sin intervenciones considerables en su morfología; si esto no se cumple, se establece que la mancha de inundación con un periodo de retorno de 100 años es la adecuada para definir la limitante de la Ronda Hídrica asociada al componente hidrológico – hidráulico.

Finalmente, en la Figura 11.21 se muestran los insumos, actividades y productos que deben utilizarse y/o generarse a partir de la delimitación del límite físico de la ronda hídrica asociada al componente hidrológico – hidráulico y en la Figura 11.22.

Figura 11.21. Insumos, actividades y productos para definir el componente hidrológico - hidráulico





Fuente: Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, 2018.

11.2.2 Establecimiento y Evaluación del Modelo Hidrodinámico

Debido a que en la cuenca de la Quebrada El Chulo no se contaba con información de tipo limnimétrica (con lecturas de niveles o caudales), fue requerida la elaboración de un modelo de tipo lluvia – escorrentía, el cual permitiera estimar los caudales asociados a distintos periodos de retorno, principalmente aquellos correspondientes con 15 y 100 años.

Una vez calculados dichos caudales (Tabla 11.16), estos fueron utilizados como insumos en el modelo hidráulico, el cual, una vez corrido, permitió obtener la información de velocidades de flujo y profundidad de las láminas de agua en los distintos tramos del cauce analizado. Finalmente, a partir de la obtención de la mancha de inundación de 100 años se obtiene el límite de la ronda hídrica por este

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

componente. Es preciso aclarar que se usa el periodo de retorno de 100 años (conforme lo indicado en la Guía de Criterios Técnicos para el Acotamiento de Rondas Hídricas en Colombia) debido a que la Quebrada El Chulo presenta estructuras hidráulicas dentro del cauce y alteraciones morfológicas considerables al final del tramo evaluado. En estos casos, el límite del componente hidrológico de la ronda hídrica se puede definir por la zona ocupada por el nivel de aguas máximas de un evento con un período de retorno de 100 años.

Tabla 11.16. Resultados del modelo hidrológico

Cuenca	Caudales máximos (m ³ /s)						
	Tr 2.33 años	Tr 5 años	Tr 10 años	Tr 15 años	Tr 25 años	Tr 50 años	Tr 100 años
Quebrada El Chulo	2.63	3.24	3.66	3.87	4.11	4.41	4.68

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

11.2.3 Delimitación de la Ronda Hídrica Asociada al Componente Hidrológico – Hidráulico

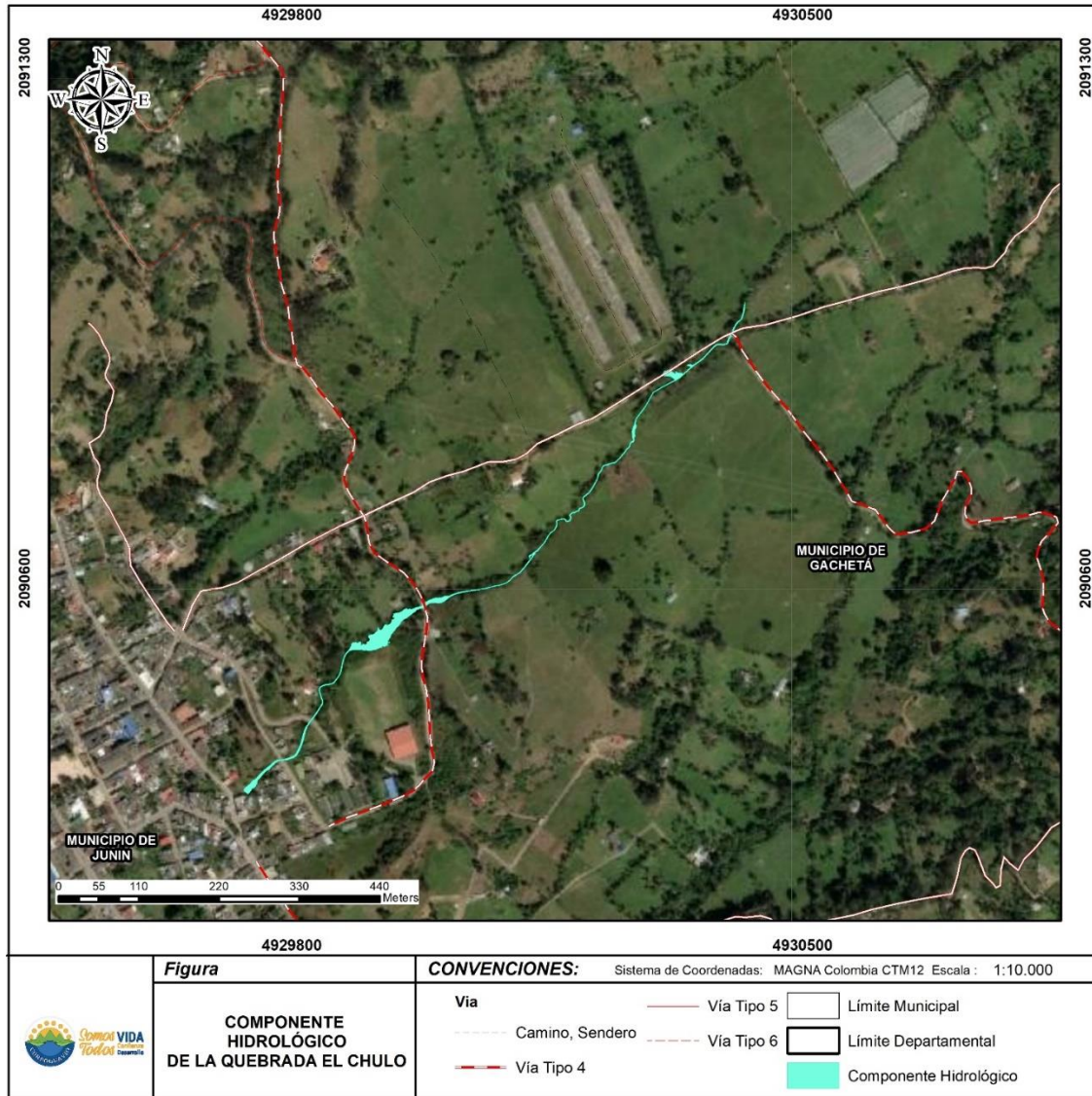
Para realizar delimitación del componente hidrológico de la Quebrada El Chulo se tuvo en cuenta las alteraciones morfológicas que se presentan actualmente, sobre el cauce de la quebrada, específicamente se encuentra un canal rectangular en concreto con una longitud de 100 metros aproximada en donde al final de este se presenta una estructura de disipación escalonada que desemboca a un box culvert y posteriormente se canaliza en una tubería. Este canal genera una modificación en el régimen natural del flujo en especial la estructura que se ubica al final de este tramo que regula los caudales que se transitan por la Quebrada El Chulo.

Por otra parte, la zona de estudio se encuentra inmersa en gran parte en zona rural (2 km) y un kilómetro (1 km) se encuentra en zona urbana consolidada con asentamientos poblacionales y diferentes actividades socioeconómicas.

Teniendo en cuenta lo mencionado y como lo establece la guía de acotamiento, el componente hidrológico de la ronda hídrica se debe definir por el espacio que requiere el flujo en un evento de mayor importancia y al menos con 100 años de período de retorno considerando el concepto de “zona de flujo preferente” (MARM, 2011), para lo cual el componente hidrológico para determinar la zona de ronda de la Quebrada El Chulo se determinó para el periodo de retorno de 100 años como se muestra en la Tabla 11.16.

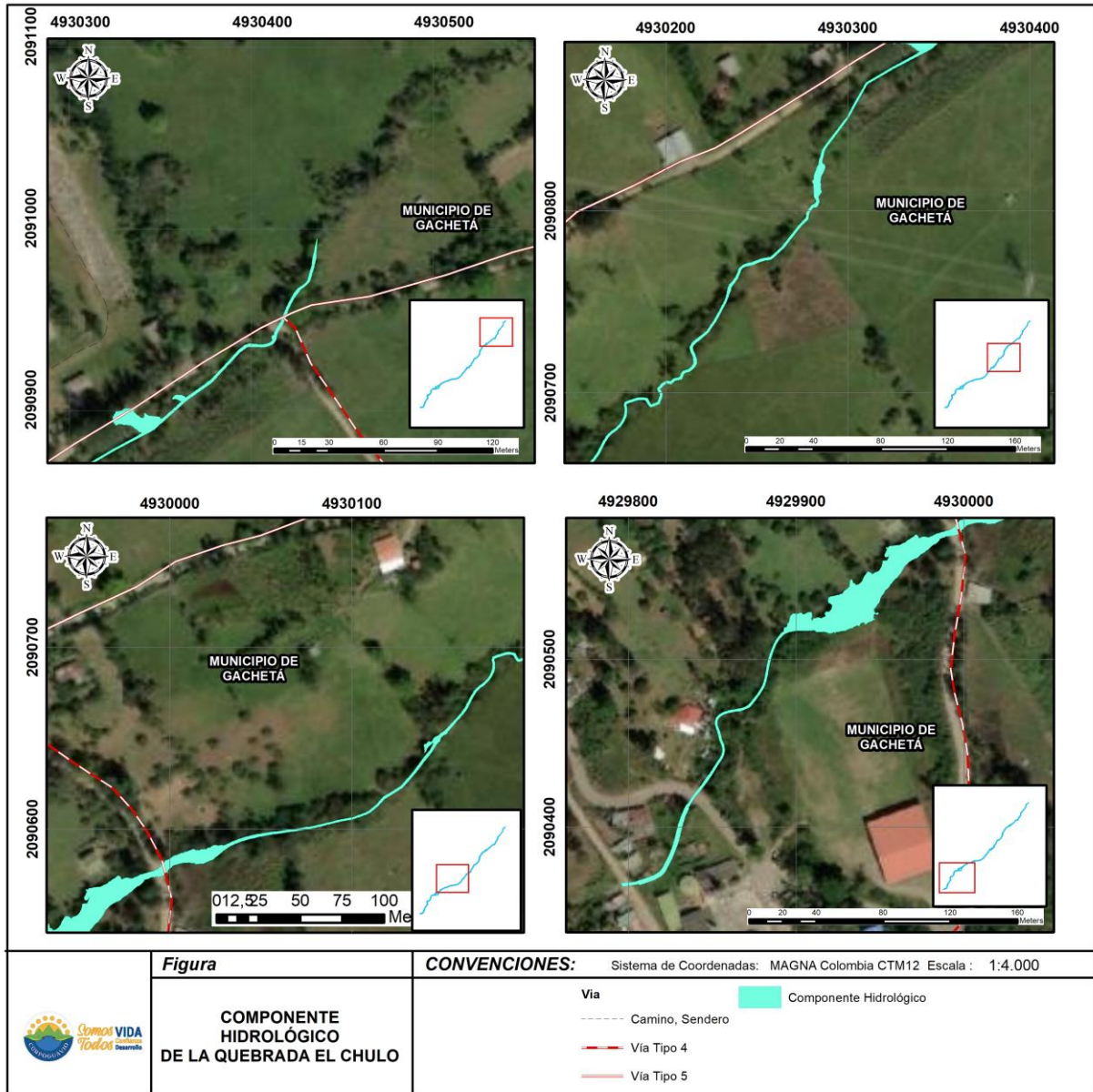
Finalmente, en la Figura 11.22 se muestra el mapa correspondiente con el límite físico de la Ronda Hídrica de la cuenca de la Quebrada El Chulo asociado al componente hidrológico - hidráulico.

Figura 11.22. Límite físico de la Ronda Hídrica asociada al componente hidrológico – hidráulico





Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

Figura 11.23. Límite físico de la Ronda Hídrica asociada al componente hidrológico – hidráulico seccionado



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

11.3 COMPONENTE ECOSISTÉMICO

A continuación, se presenta el componente ecosistémico.

11.3.1 Delimitación de las zonas de vida

Las zonas de vida son aquellas regiones biogeográficas que poseen comportamientos similares en cuanto al comportamiento de variables climáticas temperatura y precipitación, lo cual permite suponer que dos zonas de clima similar presentan formas de vida también parecidas.

Este concepto fue desarrollado por Merriam (1889) como una forma de describir áreas con especies similares de animales y plantas, encontrando que los cambios en estas con el aumento de la latitud para una altitud constante eran similares a los cambios observados con un aumento en la elevación, para una latitud constante.

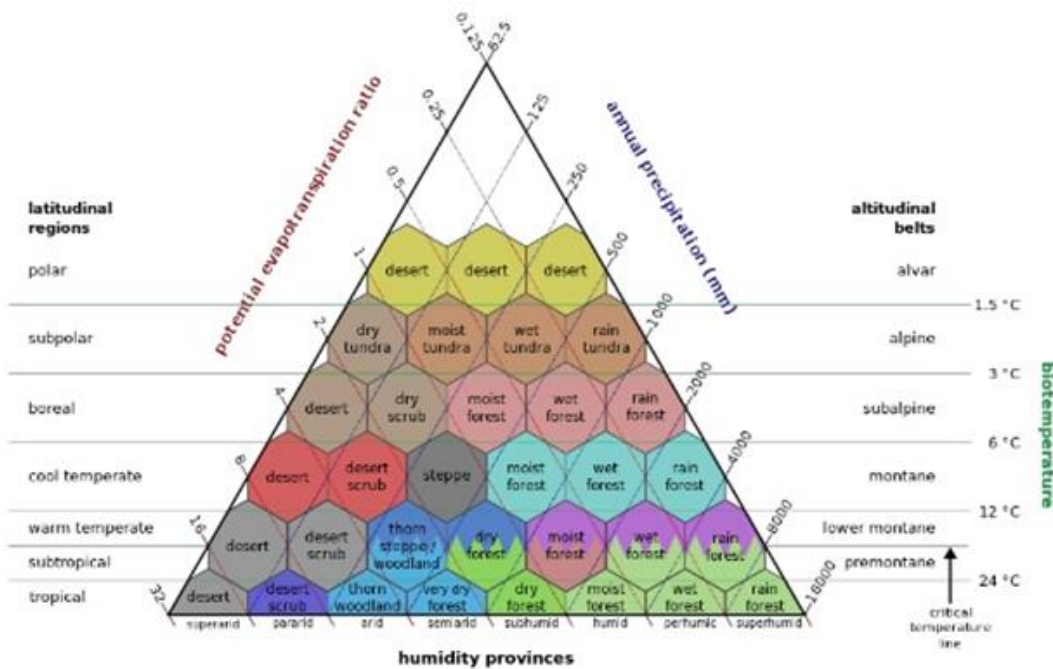
Así pues, se distinguen dos sistemas principales para definir o delimitar las zonas de vida, el sistema Merriam y el sistema Holdridge (1947 - 1971).

Para el presente estudio, se procede a realizar la definición de las zonas de vida para el área de estudio, haciendo uso del sistema Holdridge.

11.3.2 Sistema Holdridge

El sistema Holdridge es un sistema de clasificación de zonas de vida relativamente simple, ya que necesita como variables de entrada de tipo climatológico la precipitación media anual sobre la zona donde se quiere evaluar las zonas de vida, la biotemperatura media anual y la evapotranspiración media anual, aunque teniendo en cuenta variables geográficas como la altitud y la latitud. Además, el sistema se basa en la fisionomía (aparencia de la vegetación) mas no en la composición florística. En la Figura 11.24, se muestra el diagrama de Holdridge para la definición de las zonas de vida.

Figura 11.24. Diagrama de Holdridge para la definición de las zonas de vida



Fuente: (Agrostología y Zootecnia, 2022).

A continuación, se describe cada una de las variables involucradas en la definición de las zonas de vida mediante en el sistema Holdridge.

11.3.2.1 Precipitación media anual

La precipitación media total anual corresponde con el valor promedio de lluvias totales que caen en un año sobre la zona de interés. Esta se usa en escala logarítmica.

11.3.2.2 Biotemperatura

El concepto de biotemperatura hace referencia al rango de temperatura en la cual es posible que se desarrolle la actividad fisiológica de las plantas, el cual, según Holdridge corresponde a un rango entre 0 y 24°C. Esta se estima en tres escenarios, dependiendo de la temperatura media del área de estudio así:

- i) Temperatura media < 6°C

Si este es el caso, la biotemperatura se estima de la siguiente forma:

$$BTMM = \frac{TMAXM^2}{2(TMAXM - TMINM)}$$

Donde $BTMM$ corresponde con la biotemperatura media mensual, $TMAXM$ es la temperatura máxima mensual y $TMINM$ equivale a la temperatura mínima mensual. Por su parte, la biotemperatura media anual se estima como el promedio de las 12 $BTMM$.

ii) Temperatura media entre 6°C y 24 °C

Cuando este es el caso, la biotemperatura corresponde con la temperatura media ambiental.

iii) Temperatura media > 24°C

Si la temperatura media ambiental es mayor a 24°C, se hace uso de la siguiente ecuación para estimar la biotemperatura:

$$BTMM = TMM - |3 - Lat^{\circ} * (TMM - 24)^2 / 100|$$

Donde Lat° es latitud del área de estudio en grados y TMM es la temperatura media mensual.

Así pues, según la biotemperatura se definen las siguientes zonas térmicas:



Tabla 11.17. Zonas térmicas según biotemperatura de acuerdo a la clasificación de Holdridge

REGIONES LATITUDINALES	BIOTEMPERATURA	PISOS ALTITUDINALES
Polar (glacial)	0 a 1,5 C	Nival
Subpolar (tundra)	1,5 a 3 °C	Alpino
Boreal	3 a 6 °C	Subalpino
Templado frío	6 a 12 °C	Montano
Templado cálido	12 a 18 °C	Montano bajo
Subtropical	18 a 24 °C	Premontano
Tropical	mayor de 24 °C	Basal

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

11.3.2.3 Evapotranspiración potencial (ETP)

El concepto de evapotranspiración potencia fue presentado por Charles Thornthwaite en 1948 y desde allí ha habido varios investigadores que han propuesto diferentes metodologías para su estimación, unos más aplicables que otros, dependiendo la región del mundo en donde se pretenda realizar la estimación de dicha variable. La ETP determina la cantidad de agua que se evapora junto con la parte que transpiran las plantas en un ecosistema. Esta depende de variables como la precipitación, la biotemperatura, la humedad, etc., todas estas interrelacionadas.

 <p>INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.</p>	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	 <p>Somos VIDA Confianza Desarrollo</p>
---	--	---

En el sistema Holdridge se hace uso de esta variable para estimar la relación de evapotranspiración potencial, entendida como la relación (cociente) entre la ETP y la precipitación anual. Dicha relación de ETP define lo que Holdridge llama “provincias de humedad” (ver Tabla 11.18).

Tabla 11.18. Provincias de humedad de acuerdo con la clasificación de Holdridge

RELACIÓN DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	PROVINCIAS DE HUMEDAD
0,125 a 0,25	Superhúmedo o pluvial
0,25 a 0,5	Perhúmedo o muy húmedo
0,5 a 1	Húmedo
1 a 2	Subhúmedo o seco
2 a 4	Semiárido
4 a 8	Árido
8 a 16	Perárido
16 a 32	Superárido

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

11.3.2.4 Clases de zonas de vida

De acuerdo con la Figura 11.24 y conforme las utiliza la IIASA (Organización internacional de investigación científica multidisciplinaria), las siguientes son las posibles zonas de vida establecidas en el sistema Holdridge:

Tabla 11.19. Zonas térmicas según biotemperatura de acuerdo con la clasificación de Holdridge

CLASES DE ZONAS DE VIDA DEL SISTEMA DE HOLDRIDGE	
ZONAS TERMICAS	ZONAS DE VIDA
Desierto polar	Bosque seco templado cálido
Tundra seca	Bosque húmedo templado cálido
Tundra húmeda	Bosque muy húmedo templado cálido
Tundra muy húmeda	Bosque pluvial templado cálido
Tundra pluvial	Desierto subtropical
Desierto boreal	Matorral xerófilo subtropical
Matorral boreal seco	Floresta espinosa subtropical
Bosque boreal húmedo	Bosque seco subtropical
Bosque boreal muy húmedo	Selva húmeda subtropical
Bosque boreal pluvial	Selva muy húmeda subtropical
Desierto templado frío	Selva pluvial subtropical
Matorral templado frío	Desierto tropical
Estepa templada fría	Matorral xerófilo tropical
Bosque húmedo templado frío	Floresta espinosa tropical
Bosque muy húmedo templado frío	Bosque muy seco tropical
Bosque pluvial templado frío	Bosque seco tropical
Desierto templado cálido	Selva húmeda tropical
Matorral xerófilo templado cálido	Selva muy húmeda tropical
Matorral espinoso templado cálido	Selva pluvial tropical

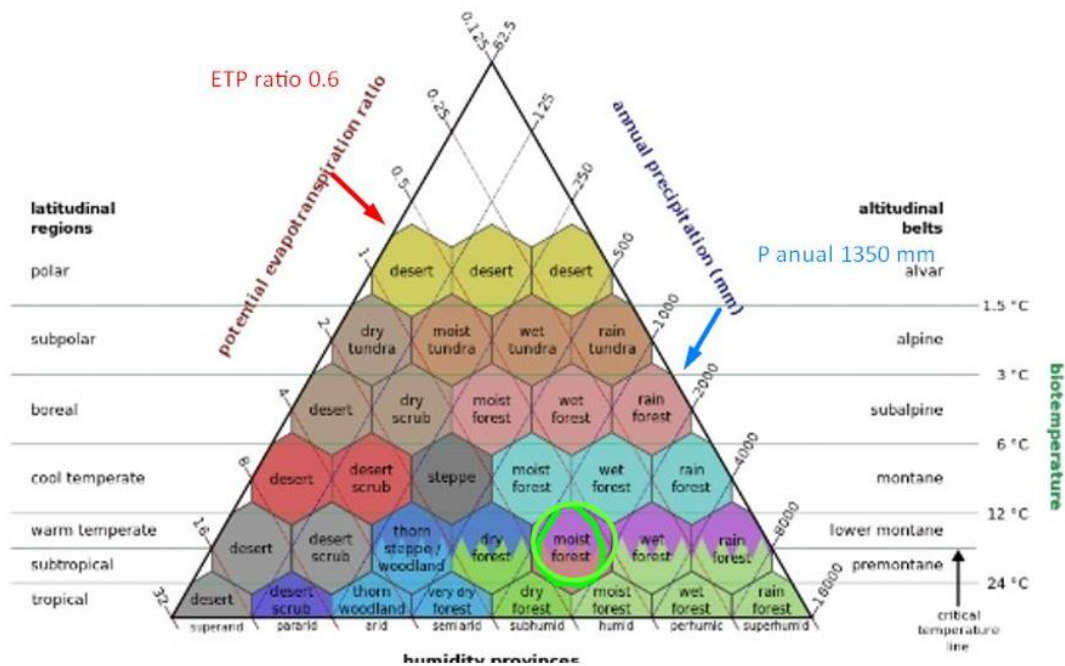
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

11.3.2.5 Resultados delimitación zonas de vida

De acuerdo con el diagrama de Holdridge para la definición de las zonas de vida (Figura 11.25), se obtuvo para la cuenca Quebrada El Chulo las siguientes zonas de vida:

- Bosque Húmedo Montano Bajo bh-MB
- Bosque Húmedo Premontano bh-PM

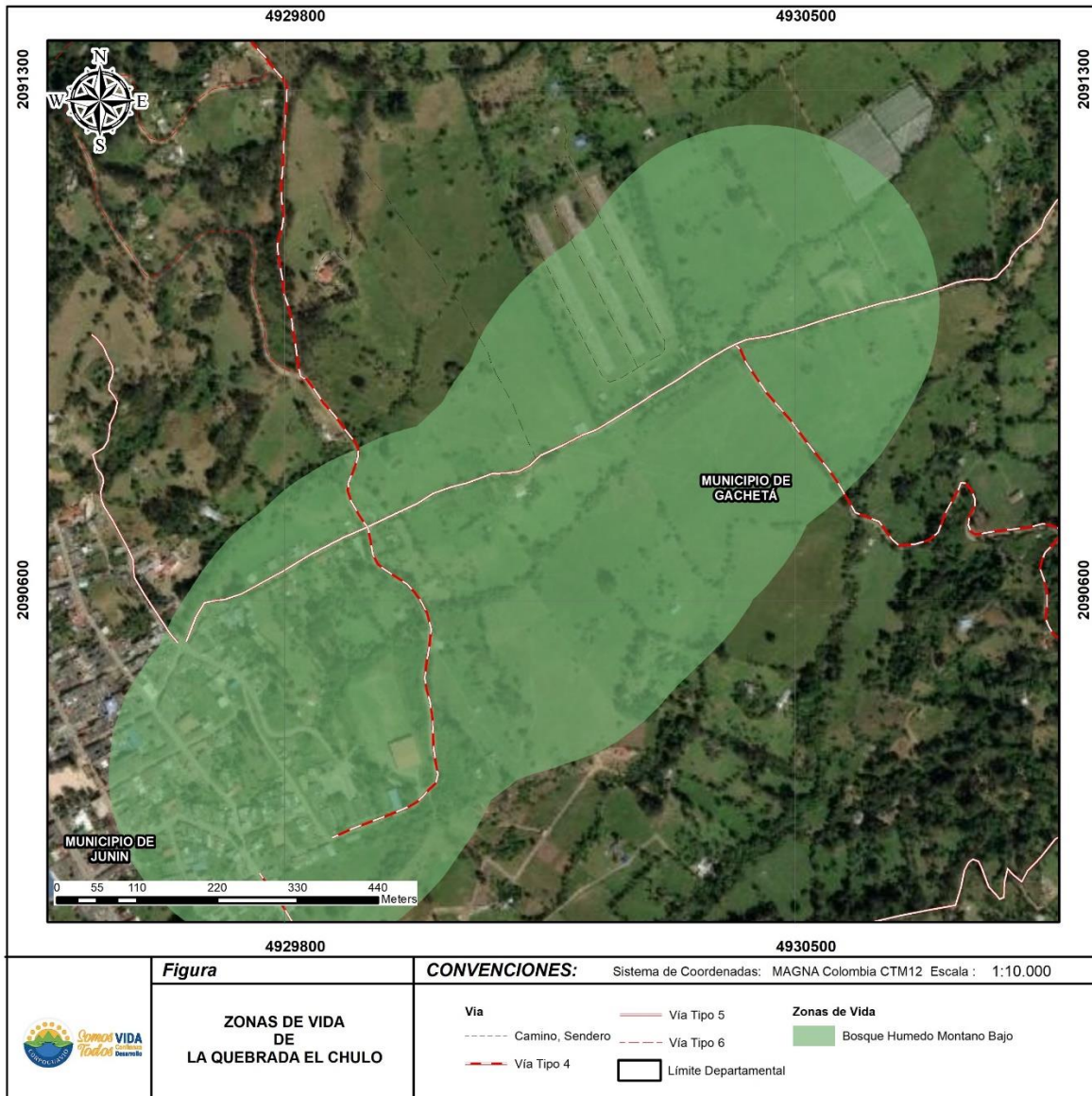
Figura 11.25. Resultados delimitación zonas de vida



Fuente: INCIGE, 2022, adecuado de (Agrostología y Zootecnia, 2022).

Sin embargo, para el área de estudio se toma como referencia las zonas de vida de Bosque Húmedo Montano Bajo, debido a que la temperatura media anual del municipio de Gachetá es de 18°C y la precipitación media se acerca más a los 1000 mm/año que a los 2000 mm/año, por la tanto la zona de vida de la cuenca Quebrada El Chulo es mayormente definido por la categoría de Bosque Húmedo Montano Bajo, en la cual se reconoce como una zona arbórea dominada en algunos sitios por roble. A continuación, se presenta el mapa obtenido para las zonas de vida:

Figura 11.26. Mapa de zonas de vida – Quebrada El Chulo



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.3.3 Metodología

11.3.3.1 Fase de Campo

Un estudio de biodiversidad se realiza a partir de un inventario de especies, ya que, representa uno de los elementos más utilizados, por ser una de las mediciones más sencillas de llevar a cabo en diferentes escalas geográficas. (Villareal et al, 2004)

Para el inventario forestal, la unidad de muestreo seleccionada para la zona de vida y cobertura vegetal natural; fue de forma rectangular por ser la más práctica a utilizarse, ya que tiene en cuenta el efecto de borde que se puede generar sobre la parcela.

Esta forma facilita la evaluación de las variables realizando desplazamientos en línea recta sin hacer grandes desplazamientos laterales (Matteucci & Colma, 1982). El área de las parcelas objeto de muestreo se determinaron de acuerdo a las extensiones de las formaciones vegetales, para lo cual se implementaron de 20 X 50 m o en su defecto de 10 X 100 m, para un área de 1.000 m², es decir de 0,1 hectárea, de acuerdo con la estructura, forma y tamaño de las masas boscosas.



Dado que el área de estudio sólo se encuentra en una zona de vida, se realizaron 3 parcelas de 0,1 Ha en la cobertura de Bosque abierto bajo de tierra firme la cual es natural, comprendida por 5,96 ha a lo largo de la Quebrada El Chulo, ubicada en el municipio de Gachetá, Cundinamarca.

La fase de campo se desarrolló durante el mes de diciembre del año 2022. Con una cuadrilla forestal, compuesta por dos profesionales forestales. Cada uno de los individuos medidos fueron marcados con pintura de aceite amarilla, de acuerdo con la nomenclatura asignada para la cuadrilla (C), seguida de un consecutivo que inició en el número uno (1) en cada caso; así, C1; y se dio continuidad a la numeración. Además, se georreferenciaron las parcelas muestreadas.

Foto 11.1. A: Marcación de árboles con pintura amarilla / B: Medición de PAP con cinta métrica / C: Toma de información dasométrica



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---



Con ayuda de un decámetro se obtuvo la información de perímetro a la altura del pecho (PAP) y los diámetros de copa (ecuatorial y polar) de cada individuo fustal dentro del área de estudio; para cada uno de los individuos se registró la información de alturas, diámetros, y copas. Los resultados se registran en la siguiente tabla.

Tabla 11.20. Resultados del inventario forestal realizado en la zona de vida

PARCELA	ID	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DAP	ÁREA BASAL	HT (M)	HF (M)	HC (M)	VOLUMEN TOTAL (M3)	VOLUMEN COMERCIAL (M3)	COPA	
												X (M)	Y (M)
1	1	VERBENACEAE	<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	Cajeto	27,49	0,059	12	8	5	0,498	0,208	12	8
	2	MYRTACEAE	<i>Myrcianthes leucoxylla</i> (Ortega) McVaugh	Arrayan	20,72	0,034	6	5	3	0,142	0,071	5	6
	3	FABACEAE	<i>Inga edulis</i> Mart.	Guamo	33,20	0,087	8	6	4	0,485	0,242	8	10
	4	RUBIACEAE	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L.Andersson.	Árbol de la quina	33,80	0,090	8,2	6	4	0,515	0,251	8	7
	5	VERBENACEAE	<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	Cajeto	14,92	0,017	7,8	5	4	0,095	0,049	6	8
	6	FABACEAE	<i>Inga edulis</i> Mart.	Guamo	45,39	0,162	14	8	4	1,586	0,453	14	12
	7	VERBENACEAE	<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	Cajeto	30,18	0,072	12	8	6	0,601	0,300	8	8
	8	LAURACEAE	<i>Ocotea sericea</i> Kunth	NN2	36,48	0,105	10	6	3	0,732	0,219	10	8
	9	VERBENACEAE	<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	Cajeto	29,60	0,069	7	5	1	0,337	0,048	4	5
	10	VERBENACEAE	<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	Cajeto	20,85	0,034	8,5	5	4	0,203	0,096	4	4
	11	MYRTACEAE	<i>Myrcianthes leucoxylla</i> (Ortega) McVaugh	Arrayan	33,68	0,089	12	6	3	0,748	0,187	8	9
	12	VERBENACEAE	<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	Cajeto	21,23	0,035	8,5	6	4	0,211	0,099	6	6
2	1	MALVACEAE	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Baloso	23,87	0,045	13	9	8	0,407	0,251	8	10
	2	MALVACEAE	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Baloso	0,64	0,000	8	6	4	0,000	0,000	6	8
	3	MORACEAE	<i>Ficus americana</i> Aubl.	Caucho	47,43	0,177	16	8	6	1,979	0,742	8	10
	4	MALVACEAE	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Baloso	44,37	0,155	12	7	3	1,299	0,325	8	8
	5	MALVACEAE	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Baloso	15,60	0,019	10	7	5	0,134	0,067	5	6
	6	VERBENACEAE	<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	Cajeto	10,03	0,008	8	6	5	0,044	0,028	5	5
	7	MYRTACEAE	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Guayabo	15,92	0,020	5	2	1	0,070	0,014	5	4
	8	MYRTACEAE	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Guayabo	12,18	0,012	6,5	3	1	0,053	0,008	4	4

PARCELA	ID	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DAP	ÁREA BASAL	HT (M)	HF (M)	HC (M)	VOLUMEN TOTAL (M3)	VOLUMEN COMERCIAL (M3)	COPA	
												X (M)	Y (M)
	9	MYRTACEAE	<i>Psidium guineense Sw.</i>	Guayabo	15,92	0,020	7	5	3	0,097	0,042	4	3
	10	MYRTACEAE	<i>Psidium guineense Sw.</i>	Guayabo	20,66	0,034	8	4	1	0,188	0,023	8	6
	11	MYRTACEAE	<i>Myrcia popayanensis Hieron.</i>	Arrayan rojo	22,47	0,040	12	8	6	0,333	0,167	10	8
	12	FABACEAE	<i>Inga edulis Mart.</i>	Guamo	35,71	0,100	10	6	3	0,701	0,210	12	10
	13	SALICACEAE	<i>Salix humboldtiana Willd.</i>	Sauce	66,53	0,348	16	8	6	3,893	1,460	8	10
	15	MYRTACEAE	<i>Myrcia popayanensis Hieron.</i>	Arrayan rojo	24,51	0,047	8	5	3	0,264	0,099	6	6
	16	FABACEAE	<i>Inga edulis Mart.</i>	Guamo	21,26	0,036	6	3	1	0,149	0,025	5	4
17	MYRTACEAE	<i>Psidium guineense Sw.</i>	Guayabo	18,30	0,026	5	3	2	0,092	0,037	3	4	
3	1	VERBENACEAE	<i>Citharexylum subflavescens S.F.Blake</i>	Cajeto	24,96	0,049	8	4	2	0,274	0,068	4	4
	2	MYRTACEAE	<i>Psidium guineense Sw.</i>	Guayabo	12,10	0,011	5	2	1	0,040	0,008	5	4
	3	MYRTACEAE	<i>Myrcia popayanensis Hieron.</i>	Arrayan rojo	10,82	0,009	7	5	4	0,045	0,026	5	5
	4	MYRTACEAE	<i>Psidium guineense Sw.</i>	Guayabo	21,01	0,035	6	3	1	0,146	0,024	6	5
	5	VERBENACEAE	<i>Citharexylum subflavescens S.F.Blake</i>	Cajeto	12,89	0,013	7	5	4	0,064	0,037	3	3
	7	BIGNONIACEAE	<i>Tecoma stans (L.) Kunth.</i>	Flor amarillo	11,46	0,010	8	5	3	0,058	0,022	4	3
	8	MYRTACEAE	<i>Myrcianthes leucoxylla (Ortega) McVaugh</i>	Arrayan blanco	10,19	0,008	4	2	1	0,023	0,006	4	3
	9	MYRTACEAE	<i>Psidium guineense Sw.</i>	Guayabo	13,37	0,014	6	3	2	0,059	0,020	4	3
	12	FABACEAE	<i>Inga edulis Mart.</i>	Guamo	10,82	0,009	8	5	4	0,052	0,026	5	4
	14	FABACEAE	<i>Inga edulis Mart.</i>	Guamo	19,26	0,029	7	4	2	0,143	0,041	5	6
	16	VERBENACEAE	<i>Citharexylum subflavescens S.F.Blake</i>	Cajeto	22,12	0,038	11	7	6	0,296	0,161	4	5
	17	MYRTACEAE	<i>Psidium guineense Sw.</i>	Guayabo	17,90	0,025	6	4	3	0,106	0,053	4	4
	20	MYRTACEAE	<i>Psidium guineense Sw.</i>	Guayabo	18,94	0,028	7	4	3	0,138	0,059	5	3

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

11.3.3.2 Fase de Análisis

El análisis se fundamentó en la definición de las características de composición y estructura de los fustales de cada unidad de cobertura identificada dentro del área de estudio.

11.3.3.2.1 Caracterización florística y estructural de las zonas de vida en cobertura vegetal nativa

Teniendo en cuenta que el área de estudio está en el Bioma denominado Orobioma Subandino Altoandino influencia llanera, es decir, está en una misma zona de vida, se evaluó el índice de importancia ecológica de las especies, teniendo en cuenta los valores de abundancia, frecuencia y dominancia; como indicador de la importancia fitosociológica de las especies dentro del ecosistema forestal del Bosque abierto bajo de tierra firme del Orobioma Subandino Altoandino influencia llanera, con el cual se evalúa el índice de importancia de cada especie y aporta elementos cuantitativos fundamentales en el análisis ecológico (Finol, 1971).

$$IVI = Ar + Dr + Fr$$

Donde,

Ar: Abundancia relativa

Dr: Dominancia relativa

Fr: Frecuencia relativa

Nota: El IVI se calcula para árboles con diámetro mayor a 10 cm y altura superior a 3 m.

- Abundancia (A_i) = $\sum N_i$.

Donde,

N_i es el Número de individuos de la especie i

- Abundancia Relativa (AR_i) = $[A_i / \sum_{i=1...n} A_i] \times 100$



Donde,

AR_i , es la abundancia absoluta de la especie i respecto al número total de individuos, y A_i es la abundancia absoluta de la especie.

- Dominancia (D_i) = $\sum A_{bi}$

Dónde,

D_i es la dominancia absoluta, A_b el área basal de la especie i .

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

- Dominancia relativa (DRi) = $[Di / (\sum_{i=1}^{n} Di)] \times 100$.

Donde,

DRi es dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total y Di es la dominancia absoluta.

- Frecuencia (Fi) = $\Sigma(fi/Ft)/100$

Dónde,

Fi es la frecuencia absoluta de la especie i.

fi = Número de parcelas en las que aparece la especie i.

Ft = Número total de parcelas

- Frecuencia relativa (FRi) = $[Fi / (\sum_{i=1}^{n} Fi)] \times 100$.

Donde,

FRi, es la frecuencia absoluta de la especie i respecto al número total de individuos, y Fi es la frecuencia absoluta de la especie.

11.3.3.2 Cálculo de la altura media de dosel de una comunidad vegetal "H"

El cálculo de la altura media del dosel de una comunidad vegetal (H) busca caracterizar la vegetación nativa que exista o haya existido en la cuenca, no la cobertura vegetal intervenida a nivel de plantaciones forestales, bosques intervenidos, cultivos, pastos o cualquier otra cobertura que no corresponda a las condiciones naturales.

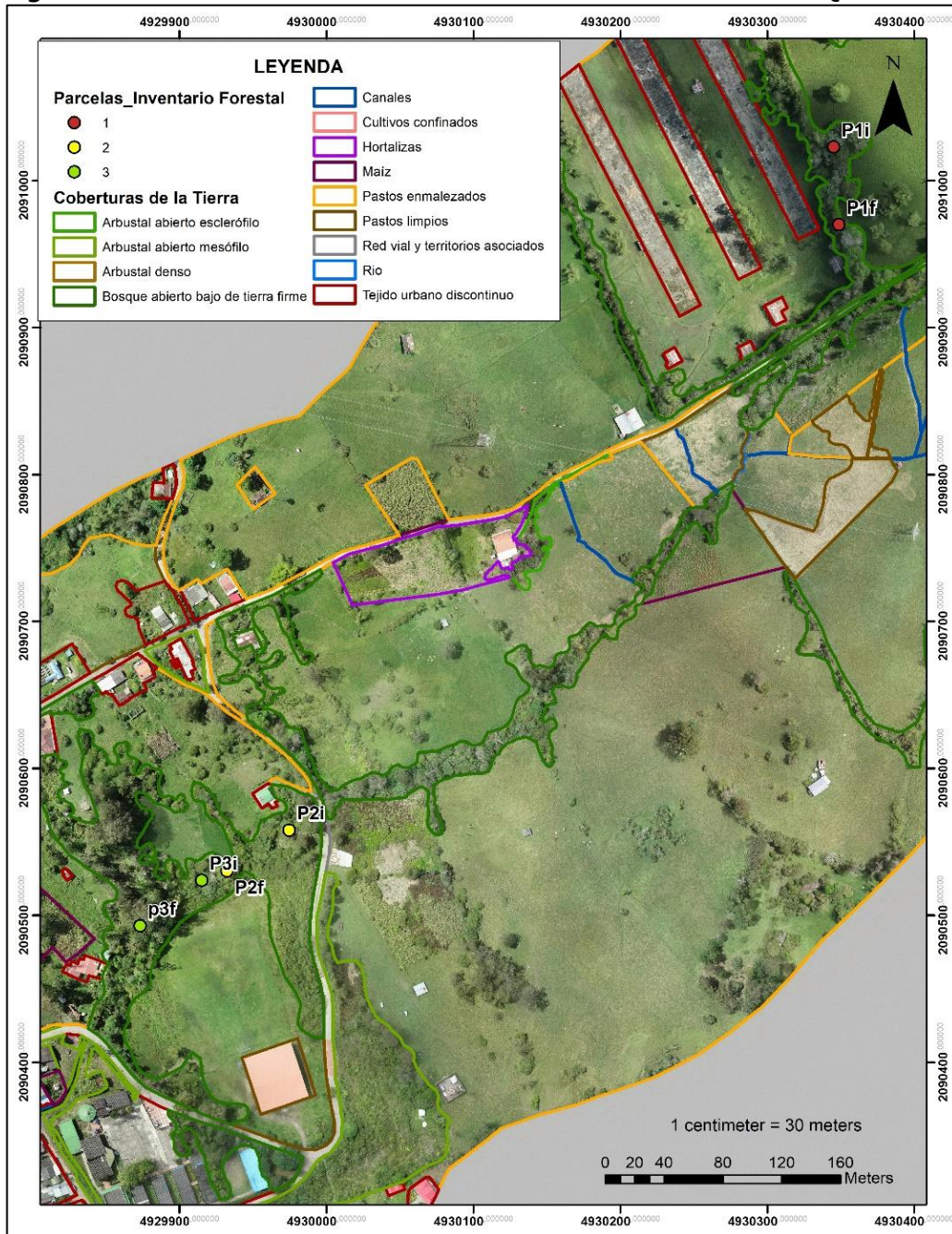
La altura H, constituye una característica estructural de fácil medición que representa el dosel medio de una comunidad vegetal, la cual permite delimitar una faja que busca establecer, mantener o inducir las condiciones para el desarrollo de comunidades animales y vegetales de un ecosistema particular.

De acuerdo con los resultados del índice de valor de importancia (IVI), se identifican las tres (3) especies con mayor IVI y se procede al cálculo del promedio de la altura media de estas especies, lo cual conforma el parámetro estructural H (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS-, 2018).



11.3.3.3 Localización

Se realizaron 3 parcelas ubicadas en el área de cobertura de Bosque abierto bajo de tierra firme en la Quebrada El Chulo, en el municipio de Gachetá, departamento de Cundinamarca. Cada parcela tiene un área de 0,1 Ha (50x20m), donde se realizó el inventario de los individuos fustales. Ver Figura 11.27.

Figura 11.27. Localización Parcelas de Inventario Forestal en la Q. El Chulo



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

11.3.3.4 Caracterización florística y estructural de las zonas de vida en cobertura vegetal nativa

11.3.3.4.1 Flora de Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme

En la Tabla 11.21 se aprecia que en el área donde se realizó el inventario forestal en la cobertura de Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme donde se registraron 9 familias, clasificadas en 11 especies y 41 individuos.

Tabla 11.21. Composición florística de Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	No. DE INDIVIDUOS
BIGNONIACEAE	<i>Tecoma stans (L.) Kunth</i>	Flor amarillo	1
FABACEAE	<i>Inga edulis Mart.</i>	Guamo	6
LAURACEAE	<i>Ocotea sericea Kunth</i>	Laurel dorado	1
MALVACEAE	<i>Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb.</i>	Balso	4
MORACEAE	<i>Ficus mutisii Dugand</i>	Caucho	1
MYRTACEAE	<i>Myrcia popayanensis Hieron.</i>	Arrayan rojo	3
	<i>Myrcianthes leucoxylla (Ortega) McVaugh</i>	Arrayán	3
	<i>Psidium guineense Sw.</i>	Guayabo	10
RUBIACEAE	<i>Ladenbergia oblongifolia (Humb. ex Mutis) L. Andersson.</i>	Árbol de la quina	1
SALICACEAE	<i>Salix humboldtiana Willd.</i>	Sauce	1
VERBENACEAE	<i>Citharexylum subflavescens S.F. Blake</i>	Cajeto	10
Total General			41

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.



11.3.3.4.2 Número de individuos por familia

En la Tabla 11.22, se aprecia que la familia con más abundancia es la MYRTACEAE con 13 individuos, siendo esta una de la más numerosas entre las familias de plantas superiores, agrupando a distintos tipos de especies árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales, de extensa distribución cosmopolita. (Cabañas, de la Luz, Lamothe, Auáñez, & Domínguez, 2005).

La segunda familia con mayor abundancia es VERBENACEAE con 10 individuos, la cual, es una familia tropical y subtropical que comprenden unas 1900 especies. (UNNE, s.f.)

Tabla 11.22. Número de individuos por familia

FAMILIA	No. DE INDIVIDUOS
BIGNONIACEAE	1
FABACEAE	6
LAURACEAE	1
MALVACEAE	4
MORACEAE	1
MYRTACEAE	13
SALICACEAE	1
VERBENACEAE	10

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

FAMILIA	No. DE INDIVIDUOS
RUBIACEAE	1
Total general	41

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.3.3.4.3 Número de individuos por especie

En la Tabla 11.23, se aprecia que el mayor número de individuos es de la *Citharexylum subflavescens* S.F.Blake y *Psidium guineense* Sw. con 10 individuos, seguida por *Inga edulis* Mart. con 6 individuos, la cual su origen es de Asia.

Tabla 11.23. Número de individuos por especie

NOMBRE CIENTÍFICO	No. DE INDIVIDUOS
<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	10
<i>Psidium guineense</i> Sw.	10
<i>Inga edulis</i> Mart.	6
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	4
<i>Myrcia popayanensis</i> Hieron.	3
<i>Myrcianthes leucoxylla</i> (Ortega) McVaugh	3
<i>Ficus americana</i> Aubl.	1
<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L.Andersson.	1
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	1
<i>Tecoma stans</i> (L.) Griseb.	1
<i>Ocotea sericea</i> Kunth	1
Total general	41

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.3.3.4.4 Origen y distribución de las especies vegetales

De las 11 especies encontradas en el área de la cobertura de Bosque abierto bajo de tierra firme, 8 de ellas que representan en 72,73%, son de origen Nativa, seguidas por especies catalogadas como Nativas y Cultivadas con una representatividad de 27,27%. Lo anterior corresponde a la condición típica de la cobertura de bosque abierto bajo de tierra firme, de borde de canales donde prevalecen en las especies nativas buscando aumentar la diversidad ecosistémica lo cual contribuye en mejores servicios ecosistémicos, así mismo, se encuentran especies cultivadas dado a que se evidencia una alta fragmentación de coberturas naturales, y el uso de la tierra que se aprecia es de territorios agrícolas, donde se evidencia un cambio de uso del suelo.



	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Tabla 11.24. Origen de las especies de flora

NOMBRE CIENTÍFICO	ORIGEN
<i>Citharexylum subflavescens S.F.Blake</i>	Nativa
<i>Psidium guineense Sw.</i>	Nativa
<i>Inga edulis Mart.</i>	Nativa y cultivada
<i>Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb.</i>	Nativa
<i>Myrcia popayanensis Hieron.</i>	Nativa
<i>Myrcianthes leucoxylla (Ortega) McVaugh</i>	Nativa
<i>Ficus americana Aubl.</i>	Nativa
<i>Ladenbergia oblongifolia (Humb. ex Mutis) L.Andersson.</i>	Nativa
<i>Salix humboldtiana Willd.</i>	Nativa y cultivada
<i>Tecoma stans (L.) Griseb.</i>	Nativa y cultivada
<i>Ocotea sericea Kunth</i>	Nativa

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.3.3.5 Cálculo del Índice de Valor de Importancia (IVI)

11.3.3.5.1 Abundancia

Dentro de esta cobertura se registraron 10 individuos fustales, las especies con mayores abundancias fueron el cajeto (*Citharexylum subflavescens S.F.Blake*) y el guayabo (*Psidium guineense Sw.*). La Tabla 11.25 presenta las abundancias absolutas y relativas de cada especie en esta cobertura.

11.3.3.5.2 Dominancia



La suma total del área basal de los individuos que se ubican dentro de esta cobertura es de 2,22 m². Las especies con mayor dominancia son *Inga edulis Mart.* con 0,42 m², seguida de *Citharexylum subflavescens S.F.Blake* con 0,40 m² y *Salix humboldtiana Willd.* con 0,35 m². La Tabla 11.25 expone las dominancias absolutas y relativas de cada especie en esta cobertura.

11.3.3.5.3 Frecuencia

Dentro de esta cobertura las especies con mayor frecuencia (Que se encontraron en las 3 parcelas realizadas) fueron el cajeto (*Citharexylum subflavescens S.F.Blake*) y el guamo (*Inga edulis Mart.*), representando el 17% cada una. La Tabla 11.25 presenta las frecuencias absolutas y relativas de cada especie en esta cobertura.

11.3.3.5.4 IVI

Se observa en la Tabla 11.25 que *Citharexylum subflavescens S.F. Blake* es la especie con mayor IVI (59%), en segundo lugar, se ubica *Inga edulis Mart.* con

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

50%, y la tercera especie es *Psidium guineense* Sw. con 46%, el resto de las especies tienen valores de IVI inferiores al 30% como se aprecia en la Tabla 11.25.

Tabla 11.25. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies de cobertura de Bosque abierto bajo de tierra firme

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	AB	AR	F	FR	FR	DA	DR	IVI
<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	Cajeto	10	24%	3	1,00	17%	0,40	18%	59%
<i>Inga edulis</i> Mart.	Guamo	6	15%	3	1,00	17%	0,42	19%	50%
<i>Psidium guineense</i> Sw.	Guayabo	10	24%	2	0,67	11%	0,22	10%	46%
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Balzo	4	10%	1	0,33	6%	0,22	10%	25%
<i>Myrcianthes leucoxylla</i> (Ortega) McVaugh	Arrayán	3	7%	2	0,67	11%	0,13	6%	24%
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	1	2%	1	0,33	6%	0,35	16%	24%
<i>Myrcia popayanensis</i> Hieron.	Arrayán rojo	3	7%	2	0,67	11%	0,10	4%	23%
<i>Ficus americana</i> Aubl.	Caucho	1	2%	1	0,33	6%	0,18	8%	16%
<i>Ocotea sericea</i> Kunth	Laurel dorado	1	2%	1	0,33	6%	0,10	5%	13%
<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L.Andersson.	Árbol de la quina	1	2%	1	0,33	6%	0,09	4%	12%
<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth	Flor amarillo	1	2%	1	0,33	6%	0,01	0%	8%

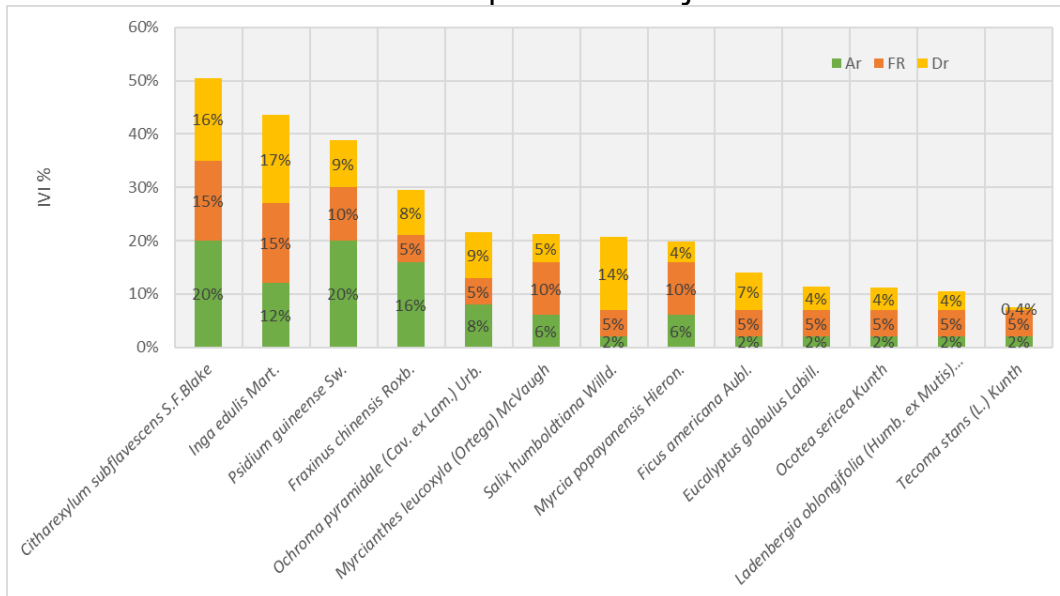
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

La especie *Citharexylum subflavescens* S.F. Blake es de rápido crecimiento (puede llegar a crecer hasta 2,5 m en un año) lo que la convierte en una especie ideal para procesos de restauración, siendo una especie melífera, los frutos son bastante consumidos por la avifauna y además con sus raíces mejoran el estado del suelo facilitando la colonización de otras especies (Suárez, 2021).

La especie *Inga edulis* Mart. es muy importante en procesos de restauración por dos razones: la primera es que resulta muy atractiva para la fauna dispersora y polinizadora, un aspecto de gran importancia en todo proceso de restauración; la segunda, es que con sus raíces estabiliza el suelo y mejora las características edáficas para facilitar la adaptación de las demás especies. Especie con flores a lo largo del año, con abundante producción de polen y néctar, sus frutos son muy apetecidos por la fauna silvestre, en especial aves y murciélagos. Árbol pionero, colonizador, protector de suelos y zonas aledañas a cuerpos de agua (Bernal, Gradstein, & Celis, 2019).

Por último, la especie *Psidium guineense* Sw., es muy común en sabanas, asociada a vegetación de chaparral cerrado, sabana de montaña (en zonas de lomas) y bosques bajos; es una planta sucesional característica de vegetación secundaria, adaptada a suelos ferrugíneos (Rivero Maldonado, Pacheco - Rivera, Sánchez - Urdaneta, Quiróz, & Sthormes, 2017).

Figura 11.28. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies representativas de la cobertura de Bosque abierto bajo de tierra firme



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.3.3.5.5 Cálculo de la Altura Medial de Dosel de la Comunidad Vegetal "H"

De acuerdo con los resultados del índice de valor de importancia, se identificaron las tres (3) especies con mayor IVI que fueron: Cajeto (*Citharexylum subflavescens* S.F.Blake), Guamo (*Inga edulis* Mart.) y Guayabo (*Psidium guineense* Sw.), se procedió al cálculo del promedio de la altura media de estas especies, lo cual conforma el parámetro estructural H. Ver Tabla 11.26.

Tabla 11.26. Cálculo del "H" con alturas de las especies con mayor IVI

<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	<i>Inga edulis</i> Mart.	<i>Psidium guineense</i> Sw.	H
12	8	5	
7,8	14	6,5	
12	10	7	
7	6	8	
8,5	8	5	
8,5	7	5	
8		6	
8		6	
7		6	
11		7	
9,0 m	8,8 m	6,2 m	

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

11.3.3.5.6 Cálculo de la Densidad de Drenaje (Dd) por UG

La Densidad de drenaje es la relación entre la longitud de los drenajes en el área de la cuenca, aunque para este cálculo corresponde con el área de la unidad geomorfológica, así:

$$D = \frac{L}{A}$$

Donde D es la densidad de drenaje, L es la longitud de drenajes ubicados en la cuenca y A es el área correspondiente a la cuenca.

Teniendo en cuenta que a escala 1:2.000 solo se identifica una unidad de drenaje paralela al cauce permanente, se tomó como área de la unidad geomorfológica, el área de la cuenca de la Quebrada El Chulo que corresponde a 1.13 km², y a su vez, la longitud de drenaje con un valor de 4.15 km, lo cual da como resultado una densidad de drenaje de 3.67.

11.3.3.5.7 Relación entre la Densidad y Área de Drenaje (N)

La relación entre la densidad y área de drenaje se denota "N". De esta manera se expresa la relación natural del patrón de drenaje y la morfología del territorio. Para el cálculo de N se emplea la Tabla 11.27 de doble entrada en la que se relacionan el área de la cuenca aferente en km² y la Densidad de drenaje en km/km².

Tabla 11.27. Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	VALOR DE N		
	DENSIDAD DE DRENAJE		
	Baja < 1.5 Km/Km2	Media 1.5 - 3.0 Km/Km2	Alta > 3.0 Km/Km2
0 < A ≤ 1	2	1.5	1
1 < A ≤ 10	2.5	2	1.5
10 < A ≤ 100	3	2.5	2
100 < A ≤ 1000	3.5	3	2.5
1000 < A ≤ 10000	4	3.5	3
10000 < A ≤ 100000		4	



Fuente: MADS - UNAL, 2012.

Teniendo en cuenta lo anterior se describen en la Tabla 11.28 los resultados obtenidos para la relación entre la densidad y el área de drenaje

Tabla 11.28. Resultados relación entre la densidad y área de drenaje (N)

VARIABLES	VALOR
L (longitud de drenajes en km)	4.15
A (Área de la cuenca km2)	2.15
D (Densidad de drenaje km/km2)	3.67
N (Relación entre la densidad y área de drenaje)	1.50

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p align="center">Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	---	---

11.3.3.5.8 Delimitación del Componente Ecosistémico

El límite del componente ecosistémico comprende, además de la altura de los árboles representativos de la zona de vida (H), la relación entre la densidad de drenaje de las corrientes y el área de la cuenca aferente (N), la cual varía de acuerdo con el cuerpo de agua analizado (MADS, 2018). Lo anterior se estima de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Componente Ecosistémico} = H_i * N_i$$

Donde H_i es la altura media de las especies representativas de la zona de vida en el pixel i (m), N_i equivale a la relación de la densidad de drenaje con el área de la cuenca aferente en el pixel i . Dicho valor del componente ecosistémico es obtenido a partir de límite del cauce permanente y se obtiene así la zona de ronda hídrica por el componente Ecosistémico (Ver Figura 11.29).

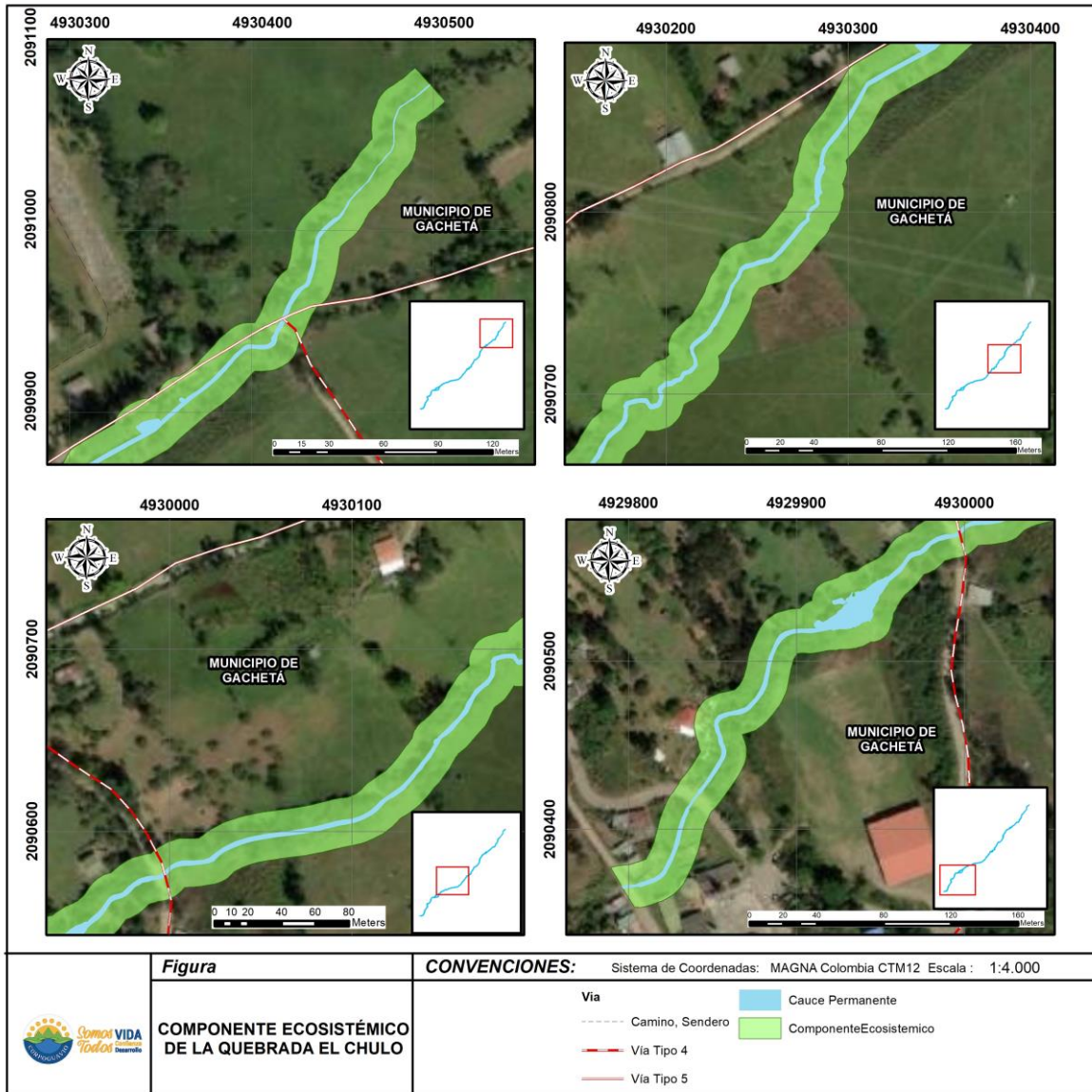
Teniendo en cuenta lo anterior se describen en la Tabla 11.29 los resultados obtenidos para la delimitación del componente ecosistémico.

Tabla 11.29. Delimitación del componente ecosistémico



VARIABLES	VALOR
N (Relación entre la densidad y área de drenaje)	1.50
H_i (Altura media de las especies representativas de la zona de vida)	7.99
Componente ecosistémico	11.99

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Figura 11.29. Componente ecosistémico asociado a la ronda hídrica



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

11.4 CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA, SOCIAL Y CULTURAL

La caracterización económica, social y cultural permite tener elementos para el análisis de los usos de los recursos naturales, que hacen los habitantes localizados en las márgenes de la Quebrada El Chulo, identificar los niveles de ocupación y conocer la relación de la comunidad con la quebrada y con su área de influencia. A continuación, se desarrollan los elementos descritos para dar cuenta de la caracterización y análisis desde el componente social.

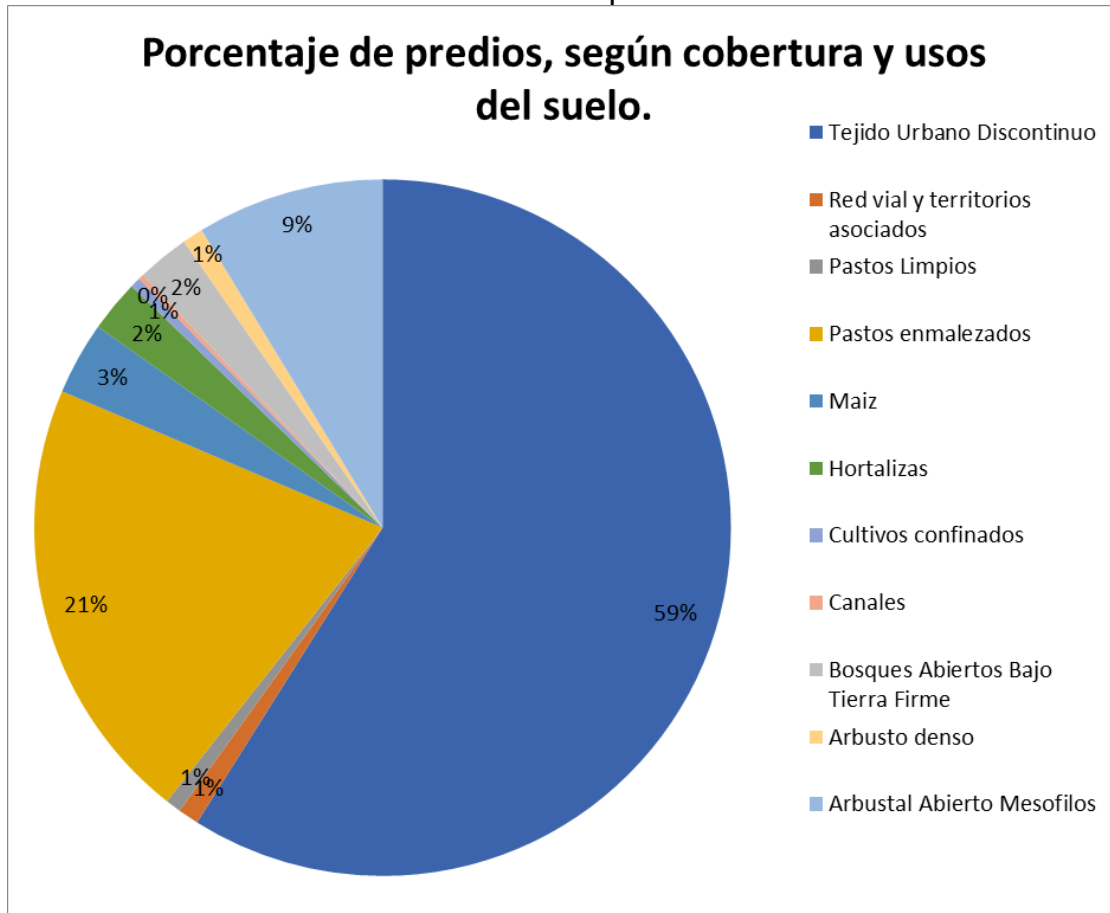
11.4.1 Evaluación de los usos de las zonas aledañas al cauce permanente

En las zonas aledañas al cauce permanente de la Quebrada El Chulo, no se observa el uso o aprovechamiento del recurso hídrico para consumo, riego, navegación, transporte. Tampoco se reporta uso del recurso bosque, recursos hidrobiológicos como pesca o caza, ni el uso de recursos minerales. En el área de interés prevalecen usos económicos del suelo, principalmente agricultura, y usos de vivienda, infraestructura vial, obras hidráulicas, y redes de servicios públicos en la zona urbana.

Ampliando la descripción de los usos de obras hidráulicas, la Quebrada El Chulo está canalizada en un ducto de 36" de diámetro a través del cual se transporta el caudal de la quebrada y parte de las aguas servidas de la población (Sierra, 2017).

Los usos en la zona urbana están relacionados con vivienda, actividades de comercio y servicios, y en las áreas rurales aledañas al cauce, los usos del suelo corresponden al desarrollo de agricultura, específicamente cultivos de maíz y hortalizas, y pasturas. En la siguiente gráfica se describen los principales usos identificados en los predios que comprenden las zonas aledañas, y cuya información se recolecto a partir de la identificación en campo y la aplicación de la encuesta socioeconómica.

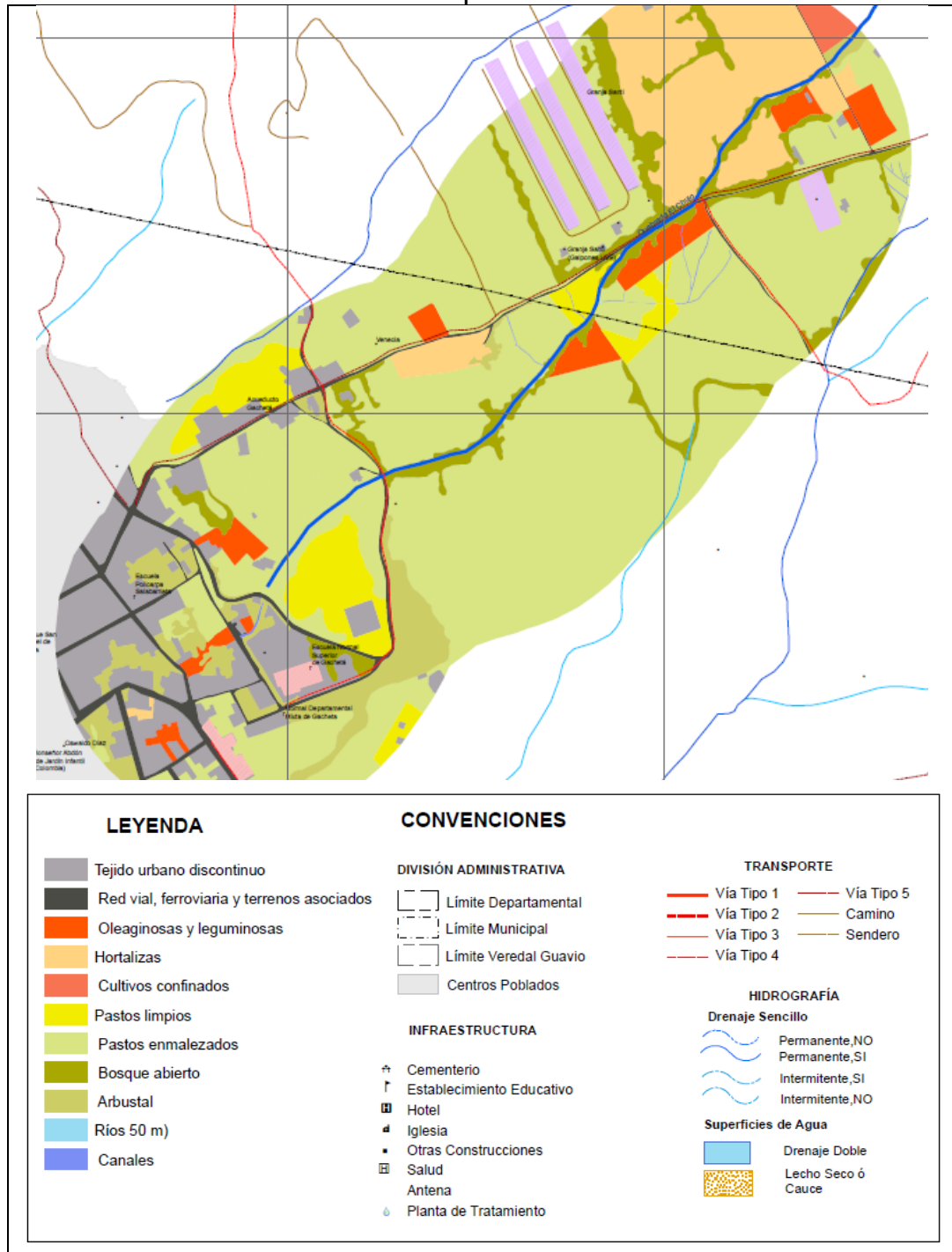
Figura 11.30. Porcentaje de predios, según cobertura y usos de suelo en zonas aledañas al cauce permanente





Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

Esta información corresponde a las coberturas y usos actuales de los predios aledaños a la Quebrada El Chulo, donde prevalecen el tejido urbano en un 59% del área, vías, infraestructura de servicios, y algunos usos agrícolas, como los cultivos de hortalizas y maíz o cultivos confinados, así como algunas zonas de pastura enmalezada (21% de los predios), y pastos limpios (2%). También se presenta la georreferenciación de estos usos, como se observa en la Figura 11.31 y en el anexo 15.

Figura 11.31. Coberturas y usos económicos actuales del suelo en zonas aledañas al cauce permanente



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

11.4.2 Análisis de los niveles de ocupación y usos de los recursos naturales o su aprovechamiento sociocultural

El aprovechamiento socio cultural de los recursos naturales en el área de influencia del cuerpo hídrico, se analizará teniendo como referente la definición de servicios ecosistémicos que se encuentra en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE): *Los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad* (Minambiente, 2012).

Los servicios ecosistémicos se clasifican en 4 tipos: de aprovisionamiento, de regulación, soporte, y servicios culturales:

Tabla 11.30. Servicios ecosistémicos

SERVICIO	DESCRIPCIÓN
<p>Servicios de aprovisionamiento: Se refiere a los productos obtenidos de los ecosistemas</p>	<p>Alimentos y agua. Productos forestales maderables y no maderables. Pielés, carne y fauna ornamental. Recursos genéticos. Ingredientes naturales, plantas medicinales. Productos farmacéuticos y productos cosméticos.</p>
<p>Servicios de regulación: Son los beneficios resultado de los procesos ecológicos</p>	<p>Regulación hídrica. Almacenamiento y captura de carbono. Polinización. Regulación climática. Control de la erosión.</p>
<p>Servicios de soporte: Son la base para la generación de otros servicios ecosistémicos. Se evidencian a escalas de tiempo y espacio más amplias que los demás servicios.</p>	<p>Formación del suelo. Ciclo de nutrientes. Producción Primaria.</p>
<p>Servicios culturales: Comprende los beneficios no materiales que se obtienen de los ecosistemas</p>	<p>Contexto ecosistémico al desarrollo cultural étnico. Recreación y turismo. Beneficios espirituales y/o religiosos. Beneficios educativos, patrimoniales, inspiracionales.</p>



Fuente: MEA, 2005.

En el análisis del uso o aprovechamiento sociocultural de los recursos ecosistémicos, se tendrá en cuenta la información obtenida de fuentes secundarias que permiten conocer datos a nivel de cuenca, municipal, urbano y rural, así como la información primaria de la encuesta aplicada en el área de estudio.

11.4.2.1 Servicios de aprovisionamiento

A nivel municipal, y de acuerdo con la formulación del POMCA Río Guavio (2014), el municipio presenta un índice medio de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico, un índice de uso de agua moderado, y grado medio de conflictos por el agua.

En el área de influencia, los servicios de aprovisionamiento de mayor importancia son el agua para el consumo humano, en la zona urbana y rural, y para el

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

sostenimiento de la agricultura, con cultivos de maíz y hortalizas en las veredas Resguardo I y Resguardo II. Aunque el aprovisionamiento de agua, no se hace directamente del agua de la Quebrada El Chulo, se relaciona a continuación la demanda de agua en el área de urbana y rural cercana al área del estudio, para actividades domésticas, actividades pecuarias, agrícolas y para riego, mostrando la necesidad de contar con el recurso hídrico para el aprovisionamiento y sostenibilidad de las comunidades aledañas, entendiendo el conjunto de elementos fuentes hídricas, suelo, condiciones físico bióticas, como un sistema en constante interacción con las comunidades humanas, y las transformaciones derivadas.



Tabla 11.31. Demanda de agua para actividades domésticas y productivas

VEREDA	FECHA DE RESOLUCIÓN	CAUDAL CONCESIONADO LPS	TIPO DE AFLUENTE	NOMBRE	USO PRINCIPAL
Fátima - Resguardo I - Resguardo II - Villa - Hierbabuena- Eras - Tualá y Casco Urbano	02/03/2007	16,04	Quebrada	Las Pavas	Domestico
Resguardo II	27/12/2011	0,0123	Quebrada	Innominada	Domestico - Pecuario
Resguardo II	17/04/2012	0,40978	Nacedero	Innominada	Domestico - Pecuario - Riego
Resguardo I	01/01/1990 04/08/1999	0,762	No especifica	No especifica	Domestico Riego
Resguardo II	01/09/1989	0,0136	No especifica	No especifica	Domestico
Resguardo I	10/01/2002	0,0136	No especifica	No especifica	Domestico
Zaque - Cusaquín - Bombita - Moquentiva - Resguardo II	27/11/2008	12,95	Rio	Moquentiva y Resguardo II	Pecuario - Riego
Resguardo I	17/02/2011	0,0049	Quebrada	El Juncal	Domestico - Pecuario
Resguardo I	15/03/2006	1,21	Nacimiento	Buenos Aires	Domestico
Resguardo II	31/12/2008	0,26082	Fuente	Innominada	Domestico - Pecuario
Resguardo I	20/04/2009	0,0132	Fuente	Innominada	Domestico - Pecuario
Resguardo II	30/08/2005	0,1	Quebrada	Grande	Agrícola
Resguardo II	07/06/2005	0,018598	Fuente	Innominada	Domestico - Pecuario
Resguardo I	30/03/2010	0,0086	Fuente	Innominada	Domestico
Resguardo II	11/05/2011	0,0072	Fuente	Innominada	Domestico - Pecuario
Resguardo II	24/10/2011	0,0141	Fuente	Innominada	Pecuario - Riego

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

El cuadro anterior también ofrece información sobre otros servicios de aprovisionamiento relacionados con el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias en la zona rural cercana a la Quebrada El Chulo. Y que son fundamentales para el sostenimiento económico de la comunidad.

Otros servicios de aprovisionamiento no son frecuentes en el área de estudio, pues la comunidad no aprovecha elementos como recursos genéticos, productos farmacéuticos, cosméticos, o aprovechamiento de fauna ornamental.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

11.4.2.2 Servicios de regulación



Respecto a los servicios de regulación hídrica, clima local, calidad del aire, y almacenamiento de carbono, la presencia de bosques es importante ya que pueden influir en los microclimas, en el flujo del agua, en la infiltración, la conservación del suelo, y la polinización. Teniendo en cuenta la clasificación de zonas de vida y la información dispuesta por el IGAC, esta zona corresponde al bosque húmedo montano. En el área de estudio hay algunas áreas con bosque, que rodea la quebrada, y que puede aportar a los servicios de regulación. Por otro lado, existe cierta cobertura en el área rural que comprende cultivos transitorios y pastizales, y arbustos que aportan en cierta medida a estos servicios. El resto del área comprende construcciones y otros elementos propios de la zona urbana.

En los sistemas agrícolas la polinización es necesaria para la producción de forraje, frutas y hortalizas. Para las actividades económicas de la zona rural, el papel de abejas, insectos y aves es fundamental como servicio de regulación, como para los servicios de aprovisionamiento. Sobre el control de la erosión y las condiciones del suelo, el uso de agroquímicos usados comúnmente en las actividades agrícolas, puede afectar las condiciones del suelo.

Respecto a la moderación de fenómenos extremos, el cuidado y conservación de las cuencas hídricas, tanto del cauce como del área de protección, es necesario para evitar posibles afectaciones a la población y al ecosistema. En el caso de la quebrada Chulo, se han presentado inundaciones y avenidas torrenciales que han afectado algunas viviendas ubicadas en el casco urbano cerca a la quebrada. Estos eventos ocurrieron en 1998 y en 2008 y se relacionan con la canalización de las aguas, con la cercanía de las viviendas a la ronda, y la insuficiencia de esta infraestructura para contener la cantidad de agua del afluente en épocas de alta pluviosidad. (Sierra, 2017)

11.4.2.3 Servicios de soporte

En términos generales, los servicios de soporte son la base de los servicios de aprovisionamiento y regulación, y se generan a una escala de tiempo mayor. El ciclo de nutrientes, el estado de biodiversidad y la formación del suelo se ven afectados por prácticas poco sostenibles de uso del suelo, por la aplicación de agroquímicos, por la pérdida de la capa vegetal, y por monocultivos, que alteran el equilibrio de los ecosistemas. En el área de estudio que comprende predios rurales, este tipo de afectaciones a los servicios de soporte están presentes, donde se realizan prácticas agropecuarias tradicionales con el uso de agroquímicos. Adicionalmente, gran parte del área de interés comprende predios urbanos, donde las construcciones y adaptaciones del medio físico, han desplazado o alterado estos servicios de soporte.

	<p style="text-align: center;">Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

11.4.2.4 *Servicios culturales*

Los servicios culturales se analizarán a nivel municipal. En Gachetá, se destacan algunos lugares que hacen parte de la cultura y de la apropiación ecológica y cultural de los lugareños. Se destacan sitios con aguas subterráneas, o La Piedra Antigua, un sitio donde se pueden observar petroglifos y son muestra de la cultura indígena precolombina. Estos sitios son mencionados en el esquema de ordenamiento territorial del municipio, denotando el valor cultural que tienen para la comunidad, y que, desde la tradición y la promoción del turismo, ayudan a construir la identidad, además de constituirse en elementos para el disfrute y la recreación de propios y visitantes.

También se destacan algunas celebraciones y festividades asociadas a la relación de la comunidad con el territorio y su identidad, como el día del campesino, y el festival turístico y cultural, como se resalta en el EOT (2000).

11.4.3 Análisis de patrones de asentamiento

En el área ribereña a la Quebrada El Chulo se identifican patrones de asentamiento concentrado y disperso. Parte del área de influencia incluye infraestructura urbana, donde hay una mayor densidad de población y cantidad de viviendas, vías, redes de servicios públicos de agua, luz, telecomunicaciones, redes viales, dotación de educación, servicios y establecimiento comerciales. El área de interés, también comprende un área rural, donde el patrón de asentamiento es disperso.

Con respecto a la relación con lo dispuesto en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio, permanecen las áreas urbanas, y las zonas rurales las cuales están relacionadas con actividades agropecuarias que sostienen la economía campesina de subsistencia. Sin embargo, se requiere la actualización de este instrumento de planeación, para dar cuenta de las condiciones actuales en cuanto a nuevas construcciones, densidad poblacional y otros elementos. Como se señala en el EOT, las veredas agrícolas que se rodean el casco urbano son Cusaquín, Bómbita, Resguardo I y Resguardo II, estas últimas son parte del área de influencia de la Quebrada El Chulo, y en ellas aún se desarrollan actividades agrícolas señaladas en el EOT, como los cultivos de maíz y hortalizas.

Respecto a la cobertura de servicios públicos, según los datos de la encuesta multipropósito del DANE de 2018, hay un aumento en la cobertura de servicios domiciliarios en comparación con el año 2005.



	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Tabla 11.32. Cobertura de servicios domiciliarios en el municipio de Gachetá

Cobertura de servicios domiciliarios en el municipio de Gachetá		
Servicios domiciliarios	2005	2018
Energía Eléctrica	95%	97,6%
Acueducto	33,1%	54,5%
Alcantarillado	25,5%	39,9%
Gas	0%	25,5%
Recolección de basuras	ND	41,3%
Internet	ND	11,1%

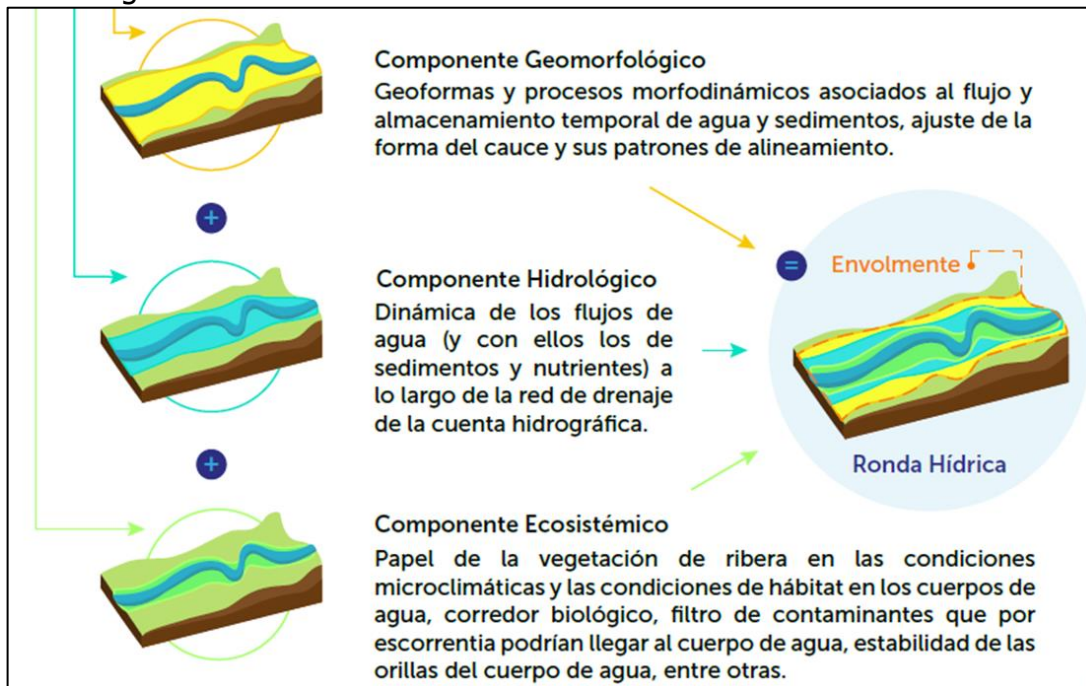
Fuente: DANE 2018.

La infraestructura de servicios en el área de influencia incluye algunas escuelas y colegios, como la Escuela Policarpa Salavarrieta, la Escuela Normal Superior de Gachetá, la Normal Departamental Mixta de Gachetá, y otros como el Acueducto de Gachetá. Otros elementos de dotación, espacio público, y servicios del resto de la zona urbana del municipio de Gachetá, son Parque San Miguel de Ibarra, la Escuela Normal Superior de Gachetá, sección Preescolar y Primaria, el Colegio Monseñor Abdón López, las Estaciones de servicio, algunos sitios de interés religioso y cultural. En la zona rural cercana, también se encuentran salones comunales, y algunos centros educativos como Hogar Infantil María Teresa Martín de García - Fuegamar Sede Campestre.

11.5 DEFINICIÓN DEL LÍMITE FÍSICO DE LA RONDA HÍDRICA

Conforme lo establece la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, el límite físico de la ronda hídrica corresponde con la envolvente de la superposición de las delimitaciones de las rondas definidas por cada uno de los tres componentes (Geomorfológico. Hidrológico – Hidráulico y Ecosistémico), trazado a partir del cauce permanente.

Figura 11.32. Límite físico de la ronda hídrica en sistemas lóticos

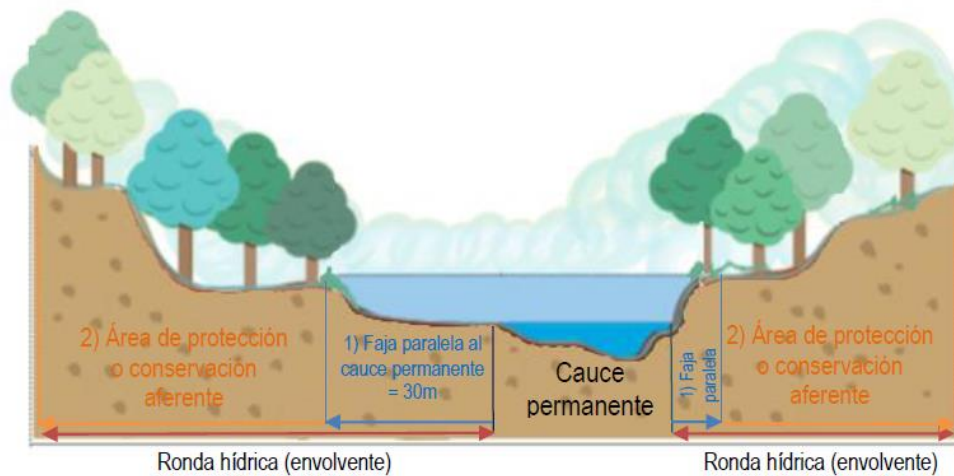


Fuente: Adaptado de Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, 2018.

11.6 IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA RONDA HÍDRICA

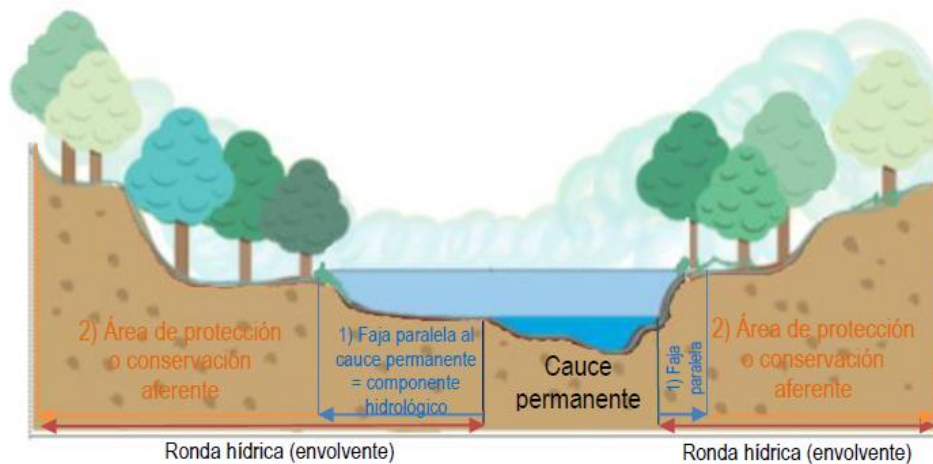
Dentro del límite físico de la ronda hídrica están presentes dos elementos constituyentes de la ronda hídrica: la faja paralela a los cuerpos de agua y el área de protección o conservación aferente. Así pues, el componente hidrológico corresponde con el criterio con base en el cual se define el primer elemento de la ronda hídrica (la faja paralela). En ese orden de ideas, según el MADS (2018) en los casos en que el componente hidrológico comprenda una extensión mayor a 30 metros a partir del cauce permanente, "la faja paralela" será igual a 30 metros y la extensión restante formará parte del "área de protección o conservación aferente" junto con los otros dos componentes (ver Figura 11.33). En caso contrario, la faja paralela corresponderá a la extensión que haya dado el componente hidrológico, mientras que el área de protección o conservación aferente corresponderá con el área complementaria obtenida desde la envolvente que integra los otros dos componentes (geomorfológico y ecosistémico) como se muestra en la Figura 11.34.

Figura 11.33. Elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual a 30 metros y el resto es hasta el límite de la envolvente de los tres componentes en sistemas lóticos



Fuente: Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, 2018.

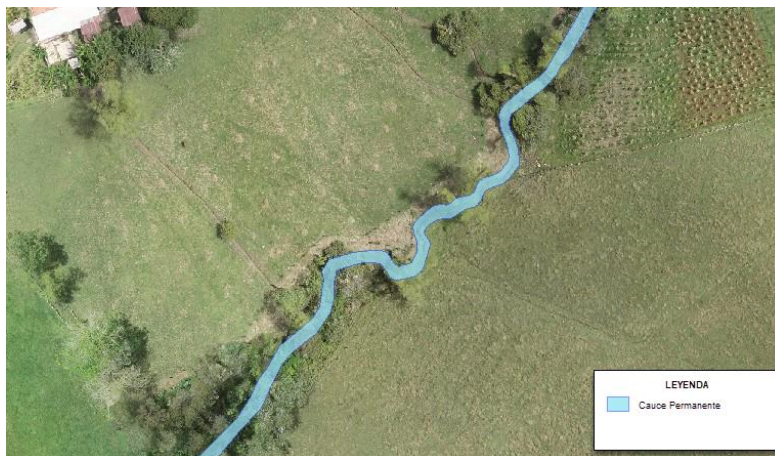
Figura 11.34. Elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual al componente hidrológico (< 30 metros) y el resto es hasta el límite de la envolvente de los otros dos componentes (geomorfológico y ecosistémico) en sistemas lóticos



Fuente: Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, 2018.

A partir del cauce permanente que se muestra en la Figura 11.35 y del componente hidrológico se procede a realizar la delimitación de la faja paralela.

Figura 11.35. Cauce permanente



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

Posteriormente, se superpone el componente hidrológico sobre el cauce permanente y su envolvente, en donde se puede apreciar (Figura 11.36) que este componente es menor a la envolvente a 30 m, por lo tanto, “la faja paralela” corresponderá a la extensión que haya dado el componente hidrológico.

Figura 11.36. Superposición cauce permanente y componente hidrológico

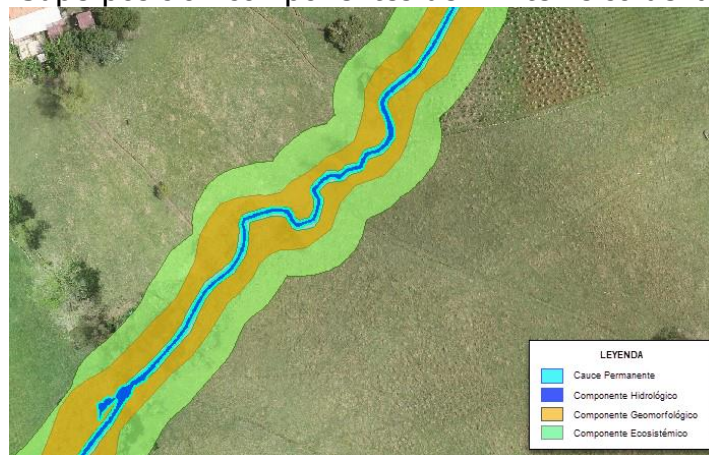


Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

Teniendo en cuenta lo mencionado, en la Figura 11.37 se aprecia el límite físico de la ronda en donde se realiza la superposición de los tres componentes

(geomorfológico, hidrológico y ecosistémico), lo cual permite según lo mostrado anteriormente la Faja Paralela y el área de protección o conservación aferente.

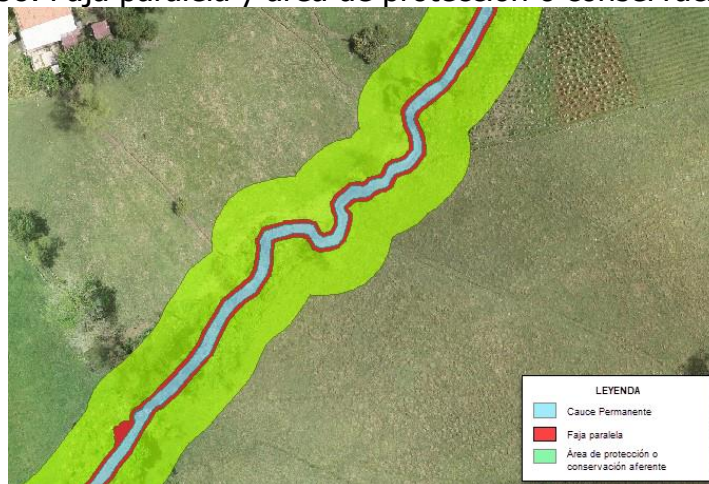
Figura 11.37. Superposición componentes del límite físico de la ronda hídrica



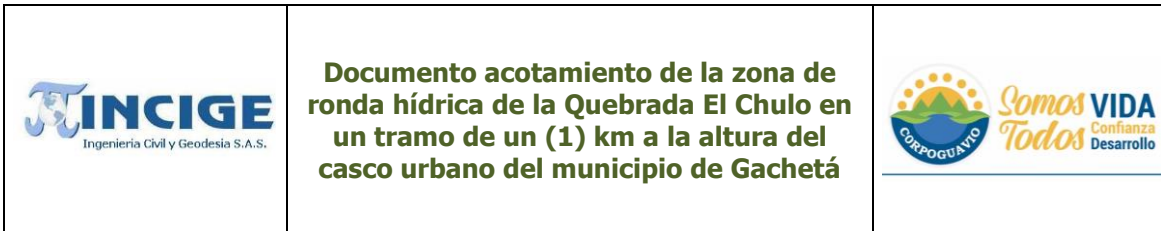
Fuente Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

De acuerdo con lo anterior, “la faja paralela” corresponderá a la extensión que haya dado el componente hidrológico, y el “área de protección o conservación aferente” corresponderá con el área complementaria obtenida desde la envolvente que integra los otros dos componentes (geomorfológico y ecosistémico) como se muestra en la Figura 11.38.

Figura 11.38. Faja paralela y área de protección o conservación aferente



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022



Finalmente, en la Tabla 11.33 se presentan los elementos constituyentes de la Quebrada El Chulo y en la Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022
 Figura 11.39 se muestra la envolvente de la ronda hídrica obtenida de acuerdo a la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia.

11.7 RESULTADOS LÍMITE FÍSICO Y ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA RONDA HÍDRICA

Teniendo en cuenta la delimitación del límite físico de la ronda presentado anteriormente y de los elementos constituyentes presentados en el numeral anterior, a continuación, en la Tabla 11.33 y Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

Tabla 11.34 se presentan las características en área para cada una de las franjas delimitadas.

Tabla 11.33. Área Componentes Límite Físico de la Ronda Hídrica de la Quebrada El Chulo

COMPONENTES LÍMITE FÍSICO	ÁREA (HA)
Cauce Permanente	0.376
Componente Ecosistémico	3.931
Componente Geomorfológico	1.492
Componente Hidrológico	0.356

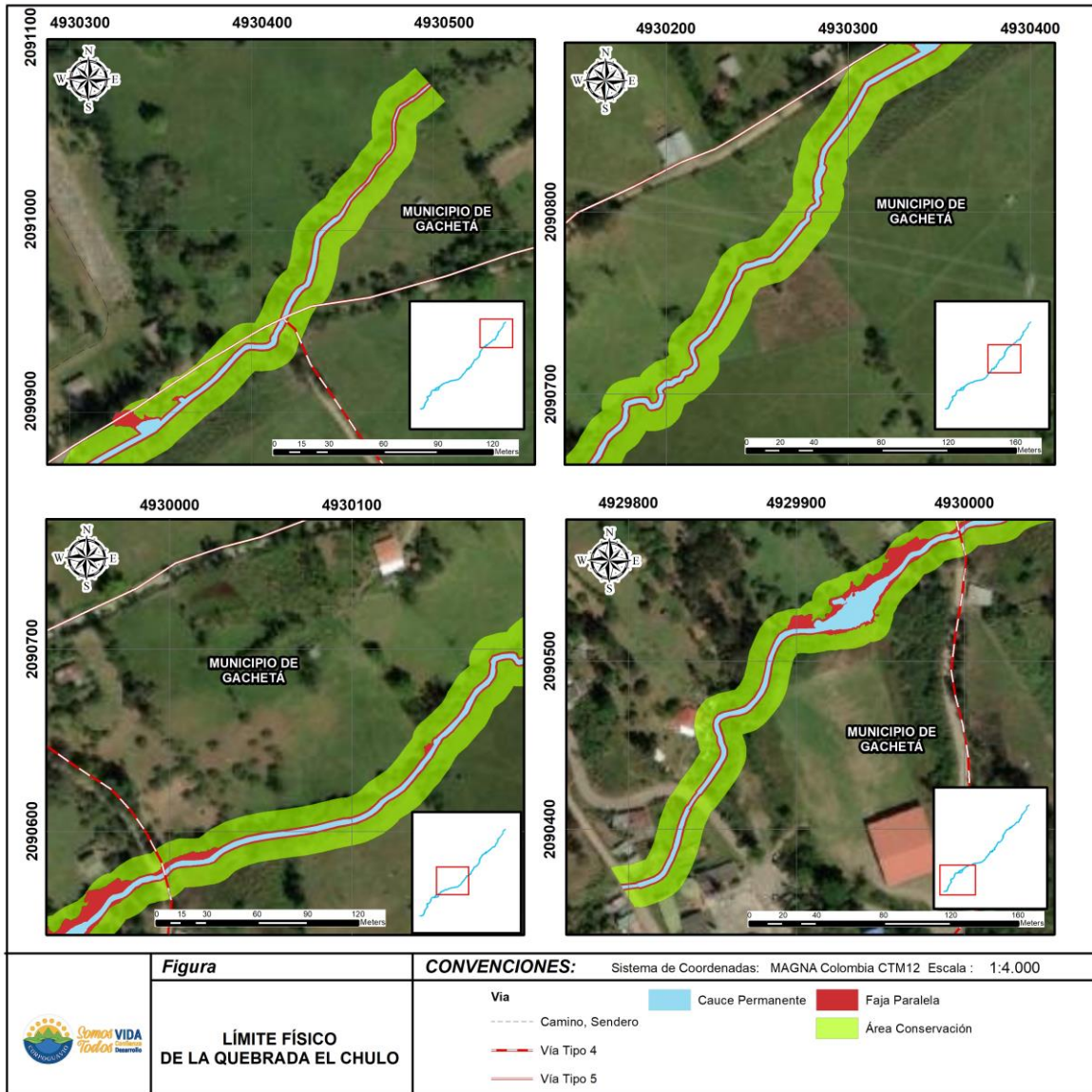
Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

Tabla 11.34. Área Elementos Constituyentes de la Ronda Hídrica de la Quebrada El Chulo



NOMBRE	ÁREA (HA)
Faja Paralela	0.371
Área de Protección o Conservación Aferente	3.186

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

Figura 11.40. Límite físico de la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

12 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LA RONDA HÍDRICA

12.1 DEFINICIÓN DE ÁREAS HOMOGÉNEAS

El propósito de definir un conjunto de unidades o áreas homogéneas es que ellas permitan diseñar alternativas u opciones de utilización del territorio, en este caso se determinan con el propósito de desarrollar e implementar las medidas de manejo sobre la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo acorde al territorio.



En este sentido, con base en observaciones y datos recopilados durante los trabajos de campo y apoyados en insumos generados como lo es el mapa de coberturas, se realiza la delimitación de las zonas homogéneas mediante una espacialización de los usos del suelo y actividades económicas al interior de la zona de ronda, teniendo como resultado una relación entre cada uso identificado y las coberturas presentes (ver Tabla 12.1).

Tabla 12.1. Tipo de cobertura vegetal y usos asociados para cada área homogénea al interior de la Ronda Hídrica de la Quebrada El Chulo

TIPO DE COBERTURA	USO
Bosque abierto bajo de tierra firme	Área en mejor estado de conservación donde no se evidencian actividades antrópicas.
Pastos arbolados	Áreas asociadas a actividades agrícolas o pecuarias, con algunos parches o individuos de vegetación nativa.
Arbustal abierto	Áreas asociadas a actividades agrícolas o pecuarias, con algunos parches o individuos de vegetación nativa.
Pastos limpios aledaños a cobertura natural	Áreas asociadas a actividades agrícolas o pecuarias, con algunos parches o individuos de vegetación nativa.
Pastos limpios	Áreas asociadas a actividades pecuarias.
Mosaico de pastos y cultivos	Áreas asociadas a actividades agropecuarias.
Tejido urbano discontinuo	Áreas asociadas a usos residenciales dispersos.
Vía pavimentada	Infraestructura de apoyo para usos residenciales, agropecuarios e industriales.
Vía sin pavimentar	Infraestructura de apoyo para usos residenciales, agropecuarios e industriales.
Zonas industriales	Áreas destinadas a la transformación de materias primas para convertirlas en productos adecuados para satisfacer las necesidades de las comunidades locales o regionales.

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

Posteriormente, se define el potencial de restauración para cada tipo de cobertura transformada (ver Tabla 12.2), con base en las recomendaciones de la Society Ecology Restoration (2002), en las cuales se consideran aspectos como la cobertura actual, infraestructura existente y la cercanía que se tiene a ecosistemas nativos que

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

propicien una restauración ecológica mediante lluvia de semillas u otros tipos de sistemas de dispersión hacia aquellas zonas identificadas para restauración.

Tabla 12.2. Tipo de cobertura vegetal y potencial de restauración

TIPO DE COBERTURA	POTENCIAL DE RESTAURACIÓN	CARACTERÍSTICA
Pastos arbolados	Alto	Nivel de transformación que mantiene la posibilidad de restaurar funcional y estructuralmente la cobertura con respecto al ecosistema de referencia.
Arbustal abierto	Alto	Nivel de transformación que mantiene la posibilidad de restaurar funcional y estructuralmente la cobertura con respecto al ecosistema de referencia.
Pastos limpios aledaños a cobertura natural	Alto	Nivel de transformación que mantiene la posibilidad de restaurar funcional y estructuralmente la cobertura con respecto al ecosistema de referencia.
Pastos limpios	Medio	Nivel de transformación que mantiene la posibilidad de restaurar funcional y estructuralmente la cobertura con respecto al ecosistema de referencia.
Mosaico de pastos y cultivos	Medio	Nivel de transformación que mantiene la posibilidad de restaurar funcional y estructuralmente la cobertura con respecto al ecosistema de referencia.
Tejido urbano discontinuo	Bajo	Nivel de transformación que limita por completo la posibilidad de restaurar funcional o estructuralmente la cobertura con respecto al ecosistema de referencia.
Red vial y territorios asociados	Bajo	Nivel de transformación que limita por completo la posibilidad de restaurar funcional o estructuralmente la cobertura con respecto al ecosistema de referencia.
Canales	Bajo	Nivel de transformación que limita por completo la posibilidad de restaurar funcional o estructuralmente la cobertura con respecto al ecosistema de referencia.



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

12.2 ESTRATEGIAS DE MANEJO

Para la definición de las medidas de manejo, se construye una metodología basada en un árbol de decisión, en la cual se asocian las categorías de manejo que se aplicarán a las áreas al interior de la envolvente, siguiendo los lineamientos de la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (2017), en la cual se definen tres estrategias para la conservación de la zona de ronda hídrica, las cuales se detallan a continuación.

12.2.1 Preservación

Dentro de esta estrategia se encuentran las áreas de la ronda hídrica que por sus atributos deberán ser preservadas, manteniendo la composición, estructura y función de la biodiversidad, conforme su dinámica natural y evitando al máximo la

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

intervención humana y sus efectos, en concordancia con lo estipulado por el Decreto 2372 de 2010.

12.2.2 Restauración

Identificar y adelantar acciones de restauración de áreas que han tenido algún tipo de intervención y donde puede restituirse el ecosistema natural, buscando conservar o restaurar corredores biológicos.

La estrategia de restauración puede definirse teniendo en cuenta ecosistemas de referencia que brinden información del estado previo al disturbio o del estado al cual se quiere alcanzar. Para ello se deberá tomar como referencia mínima, la información utilizada para establecer el límite del componente ecosistémico de la ronda hídrica en la unidad geomorfológica que le corresponda utilizando ya sea lo inferido desde información secundaria o desde la vegetación nativa encontrada en tramos similares (unidades morfológicas idénticas) dentro de la unidad geomorfológica.

12.2.3 Uso Sostenible

Las áreas que no están catalogadas dentro de las anteriores estrategias pueden ser establecidas para usos sostenibles compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de las rondas hídricas. En esta estrategia se incluirán las áreas que se encuentren en conflicto por usos de la tierra o grado de deterioro ambiental identificados tanto en la definición del límite funcional como la de servicios ecosistémicos, así como en la que se puedan desarrollar actividades económicas que sean compatibles con la funcionalidad de los tres componentes de la ronda hídrica.

Los atributos de esta estrategia para el manejo ambiental deben ser claramente diferenciados, ubicados espacialmente e incorporadas de manera progresiva para cumplir con la estrategia de uso sostenible de los recursos naturales dentro de las áreas con aptitud para ello y evitar a su vez una mayor degradación ambiental o la generación de nuevos conflictos.

Cuando se encuentra alguna actividad ya establecida y que pueda ser compatible con este uso, se deberán establecer las respectivas medidas a que haya lugar para que dicha actividad sea sostenible a través del tiempo y no interfiera en la funcionalidad de las rondas hídricas. Ejemplo de ello puede ser: reconversión de agricultura tradicional a agricultura ecológica o de buenas prácticas agrícolas, sistemas productivos como la permacultura, silvicultura o silvopastoreo; no utilización de agroquímicos lo cual evitará su aporte a la contaminación por escorrentía al cuerpo de agua; propender por la labranza mínima del suelo evitando la aceleración de procesos de erosión; generar sistemas productivos que favorezcan

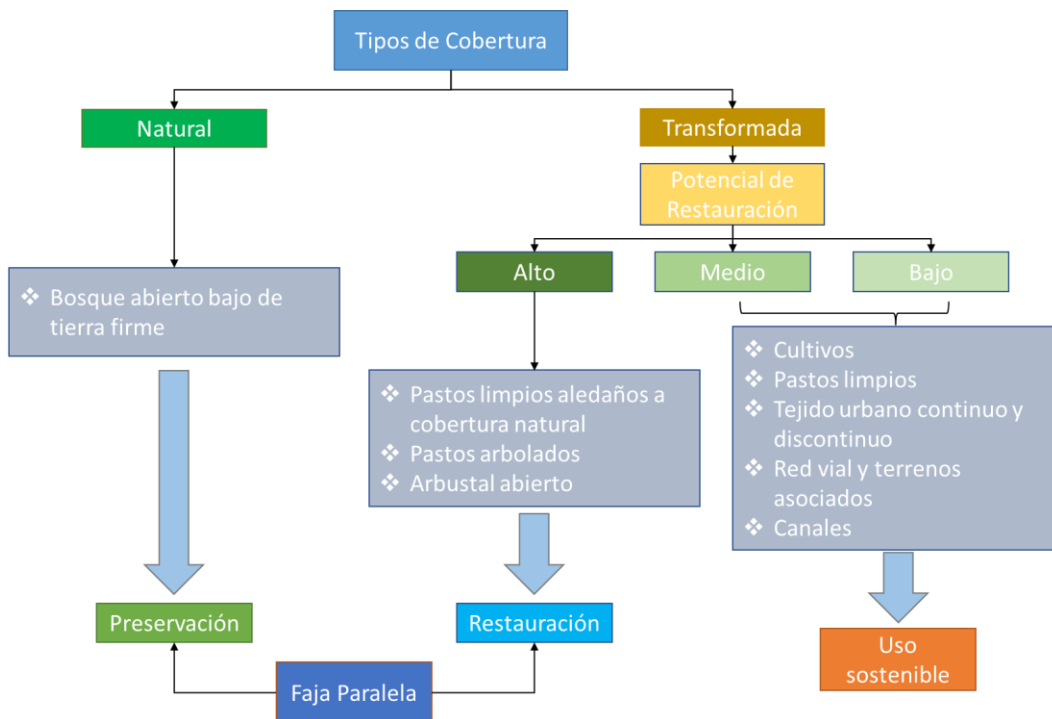
gradientes de vegetación similares a las observadas en la vegetación riparia existente.

Dentro de esta estrategia deben integrarse también las áreas que prestan servicios culturales como el deleite, la recreación, la educación, conocimiento, investigación y la valoración social de la naturaleza. En esta estrategia se encuentran los espacios asociados a elementos de cultura material o inmaterial de grupos étnicos y sus prácticas ancestrales.

En la Figura 12.1 se muestra el árbol de decisión bajo el cual se realiza la definición de las medidas de manejo para las áreas al interior de la zona de ronda hídrica para la Quebrada El Chulo, mientras que en la Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

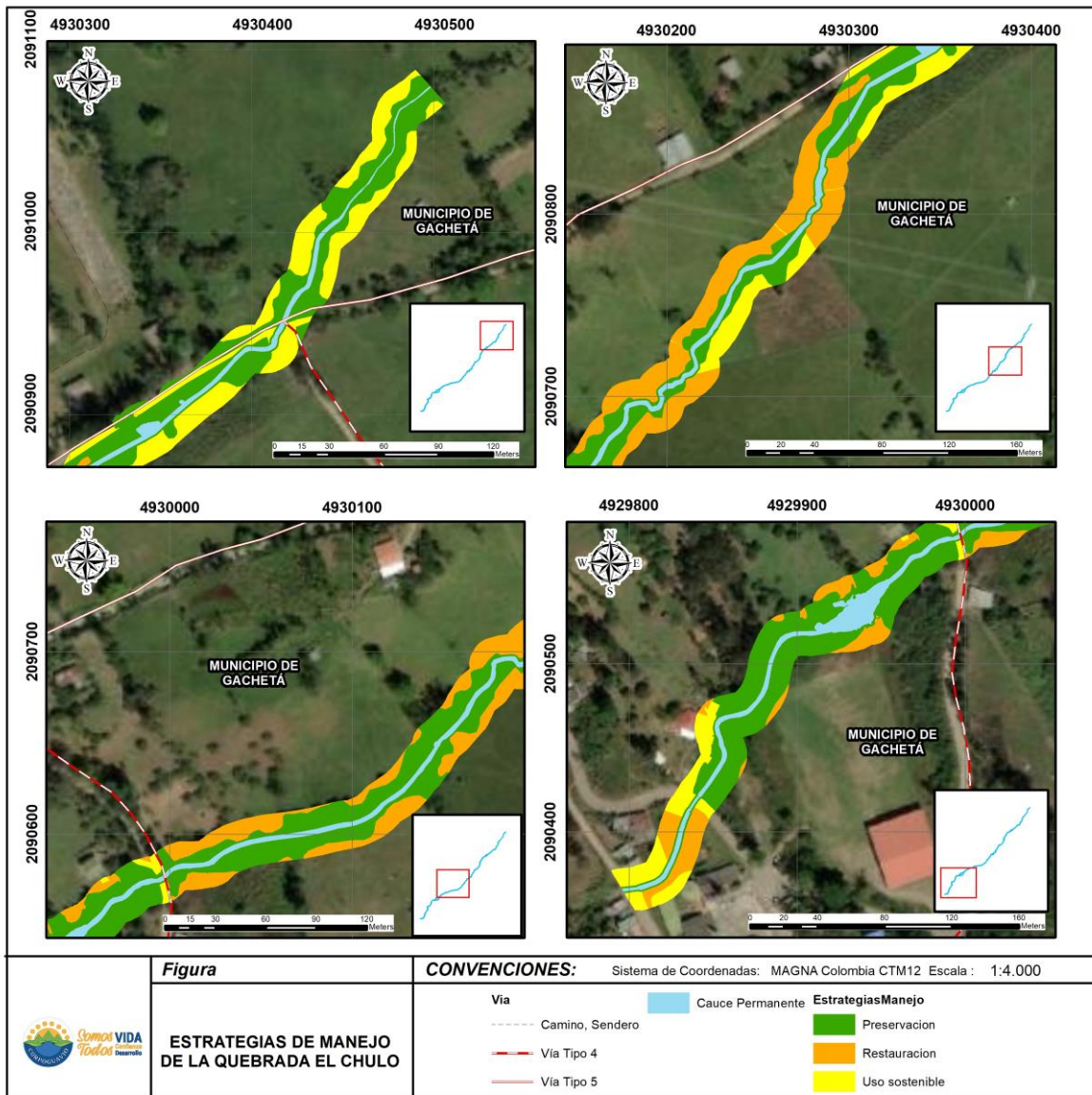
Figura 12.2 se presenta la espacialización de dichas medidas.

Figura 12.1. Metodología para la definición de las estrategias de manejo en la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo





Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

Figura 12.2. Distribución de las estrategias de manejo de la Quebrada El Chulo



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

Como resultado de la aplicación de la metodología para la definición de las medidas de manejo al interior de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo, y teniendo en consideración las áreas homogéneas establecidas previamente, en la Tabla 12.3 se presentan las áreas homogéneas asociadas a cada medida de manejo, con su superficie y el porcentaje representativo al interior de la zona de ronda.

Tabla 12.3. Descripción áreas homogéneas y medidas de manejo



MEDIDAS DE MANEJO	ÁREA (HA)	PORCENTAJE	ÁREAS HOMOGÉNEAS	ÁREA (HA)	PORCENTAJE
Preservación	1.390	52.53%	Bosque abierto bajo de tierra firme	1.094	41.35%
			Faja Paralela	0.296	11.18%
Restauración	0.720	27.23%	Arbustal abierto	0.044	1.66%
			Pastos enmalezados	0.546	20.62%
			Pastos limpios	0.131	4.95%
Uso sostenible	0.535	20.24%	Canales	0.001	0.04%
			Hortalizas	0.186	7.04%
			Maíz	0.203	7.68%
			Red vial y territorios asociados	0.095	3.59%
			Tejido urbano discontinuo	0.050	1.88%

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022

12.3 RÉGIMEN DE USOS

Para cada una de las áreas homogéneas definidas previamente, se debe contar con un régimen de usos, de manera que se dé cumplimiento al propósito de cada medida de manejo. A continuación, se presentan las cuatro categorías en las que se clasifica el régimen de usos:

- **Uso Principal:** Se refiere al uso deseable que coincide con la función específica de la zona objeto de análisis; además, es aquel que presenta las mayores ventajas desde una perspectiva de desarrollo sostenible.
- **Usos Compatibles:** Todos aquellos usos que no van en contravía del uso principal y que coinciden con la potencialidad, productividad y protección del suelo y demás recursos naturales conexos.
- **Usos Condicionados:** Los usos condicionados hacen referencia a aquellos que presentan un grado de incompatibilidad con el uso principal definido para la zona, así como también, algunos riesgos ambientales que pueden ser controlados mediante la aplicación de medidas específicas. En esta categoría

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

se encuentran aquellos usos que podrían estar sujetos a la expedición de permisos y licencias por parte de las autoridades competentes.

- **Uso Prohibidos:** Son los que resultan incompatibles con el uso principal y tienen potencial de generar graves riesgos de tipo ecológico y/o social.

Como resultado del análisis anterior, se presentan los usos asociados a cada medida de manejo definida en la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo.

12.3.1 Preservación

El objetivo que se plantea para estas zonas es mantener y favorecer el desarrollo de las coberturas nativas por procesos de sucesión natural y/o restauración ecológica, de tal manera que se sostengan las cualidades naturales, la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos principalmente los asociados a la regulación hídrica. De acuerdo con esto, en esta zona las acciones de manejo buscan generar conectividad y mantener los atributos de composición, estructura y función de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos evitando al máximo la intervención humana y sus efectos.



Tabla 12.4. Acciones de manejo para las zonas homogéneas de preservación

UO PRINCIPAL	USOS COMPATIBLES	USOS CONDICIONADOS	USOS PROHIBIDOS
Forestal protector con especies nativas. Comprende todas aquellas actividades de protección, regulación, ordenamiento y control y vigilancia, dirigidas al mantenimiento de los atributos, composición, estructura y función de la biodiversidad, evitando al máximo la intervención humana y sus efectos.	Uso de conocimiento, comprende todas las actividades de investigación y monitoreo de la biodiversidad; eventualmente se podría realizar el aprovechamiento de los frutos secundarios del bosque que no impliquen la tala, recreación pasiva y adecuación de suelos con fines de rehabilitación morfoecológica.	Establecimiento de infraestructura asociada a los usos principal, compatibles y condicionados definidos. Estos usos quedan sometidos a la previa aprobación de Corpoguavio y al otorgamiento de los permisos ambientales a que haya lugar.	Usos agropecuarios, urbanos, minería, aprovechamientos forestales de especies nativas, plantaciones forestales con especies exóticas, quema y tala de vegetación nativa y todos aquellos que no están contemplados dentro de los usos principales, compatibles o condicionados.

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

12.3.2 Restauración

Las zonas de restauración buscan rehabilitar y restablecer las condiciones naturales originales, a través de actividades de revegetalización y restauración ecológica, con el fin de lograr en el futuro la conectividad de los elementos naturales y a su vez de estos con los demás ecosistemas de la región, posibilitando de esta forma los flujos

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

de materia y energía. Se pretende que, una vez alcanzado el objetivo de restaurar estas zonas, adopten la condición de “Preservación”.

Tabla 12.5. Acciones de manejo para las zonas homogéneas de restauración

USO PRINCIPAL	USOS COMPATIBLES	USOS CONDICIONADOS	USOS PROHIBIDOS
Restauración ecológica con especies nativas. Comprende todas aquellas actividades de cercado, siembra, manejo, cuidado y reproducción de especies forestales nativas que permitan recuperar los atributos ecológicos de estas zonas y generar conectividad con las áreas de preservación. La intervención humana en estas zonas puede realizarse, siempre y cuando esté dirigida a lograr la recuperación de la cobertura vegetal nativa	Uso de conocimiento, comprende todas las actividades de investigación y monitoreo del proceso de restauración; se podría aprovechar el proceso de restauración para la investigación científica del proceso mismo en las condiciones propias de la región con el ánimo de replicar la experiencia en otros lugares de características similares y para adecuar los suelos con fines de rehabilitación morfoecológica.	Establecimiento de infraestructura asociada a los usos principal, compatibles y condicionados definidos. Estos usos quedan sometidos a la previa aprobación de Corpoguavio y al otorgamiento de los permisos ambientales a que haya lugar	Usos agropecuarios, urbanos, minería, aprovechamientos forestales de especies nativas, plantaciones forestales con especies exóticas, quema y tala de vegetación nativa y todos aquellos que no están contemplados dentro de los usos principales, compatibles o condicionados.



Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

12.3.3 Uso Sostenible

En estas zonas se busca el aprovechamiento de los recursos naturales mediante actividades productivas como agricultura, ganadería y otras con criterios de sostenibilidad tanto económica como social y ambiental. En este sentido, allí se permite el desarrollo de tales actividades, con un especial énfasis en prevenir que las mismas afecten la dinámica de la Quebrada El Chulo y por lo tanto contribuyan a que la ronda hídrica definida pueda cumplir su función ecológica.



Tabla 12.6. Acciones de manejo para las zonas homogéneas de uso sostenible

USO PRINCIPAL	USOS COMPATIBLES	USOS CONDICIONADOS	USOS PROHIBIDOS
Actividades productivas agropecuarias, comerciales e industriales de bajo impacto realizadas bajo criterios de sostenibilidad. Esto implica la adopción de	Todos aquellos que complementen al uso principal, siempre y cuando se vele por la adopción de medidas que eviten potenciales daños a los recursos	Establecimiento de infraestructura asociada a los usos principal, compatibles y condicionados definidos. Estos usos quedan sometidos a	Usos urbanos, aprovechamientos forestales de especies nativas, plantaciones forestales con especies exóticas, quema y tala de vegetación nativa y todos aquellos que no

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---



USO PRINCIPAL	USOS COMPATIBLES	USOS CONDICIONADOS	USOS PROHIBIDOS
<p>medidas que minimicen el impacto de tales actividades sobre la biodiversidad y sobre los recursos suelo y agua, principalmente, teniendo en cuenta los diferentes componentes que definen la ronda hídrica de la Quebrada El Chulo.</p>	<p>biodiversidad, suelo y agua y a las zonas de preservación y restauración adyacentes.</p>	<p>la previa aprobación de Corpoguavio y al otorgamiento de los permisos ambientales a que haya lugar.</p>	<p>están contemplados dentro de los usos principales, compatibles o condicionados.</p>

Fuente: INCIGE – Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S, 2022.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

13 CONCLUSIONES



- Para la modelación hidrológica de caudales máximos se utilizó el modelo del Soil Conservation Service (S.C.S.) de los Estados Unidos de América, teniendo en cuenta con las limitaciones que se tienen en las mediciones hidrológicas directas, fue necesario implementar modelos lluvia – escorrentía, los cuales proporcionan una predicción o extrapolación cuantitativa que puede ser útil en la toma de decisiones, especialmente en cuencas que no han sido calibradas.
- La aplicación del modelo lluvia-caudal para definir las crecientes se inició con un estudio detallado de los aguaceros que producen los caudales máximos y se complementa con una caracterización completa de las cuencas aferentes para luego culminar con la construcción de los hidrogramas correspondientes para los distintos periodos de retorno solicitados en los términos de referencia.
- Como variables de entrada para el modelo hidrológico se utilizó las estaciones cercanas a la zona del proyecto, los parámetros morfométricos de la cuenca aferente delimitada hasta el sitio de estudio (Área, longitud del cauce y tiempo de concentración) y las propiedades de la interacción suelo – vegetación de la cuenca; esto permitió obtener los caudales máximos para diferentes periodos de retorno (2.33, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años).
- Como resultado del cálculo del índice de valor de importancia, se identificaron tres (3) especies con mayor IVI (*Citharexylum subflavescens* S.F.Blake, *Inga edulis* Mart. y *Psidium guineense* Sw.), obteniendo una altura media de dosel “H” de 7,99 m.
- A partir de la obtención de la mancha de inundación de 100 años se obtiene el límite de la ronda hídrica por este componente. Es preciso aclarar que se usa el periodo de retorno de 100 años (conforme lo indicado en la Guía de Criterios Técnicos para el Acotamiento de Rondas Hídricas en Colombia) debido a que la Quebrada El Chulo presenta estructuras hidráulicas dentro del cauce y alteraciones morfológicas considerables al final del tramo evaluado. En estos casos, el límite del componente hidrológico de la ronda hídrica se puede definir por la zona ocupada por el nivel de aguas máximas de un evento con un período de retorno de 100 años.

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

- La delimitación del límite físico de la ronda y de los elementos constituyentes de la misma presentan las siguientes áreas a lo largo de la Quebrada El Chulo.



Componentes Límite Físico	Área (HA)
Cauce Permanente	0.376
Componente Ecosistémico	3.931
Componente Geomorfológico	1.492
Componente Hidrológico	0.356
Faja Paralela	0.371
Área de Protección o Conservación Aferente	3.186

- Se recomienda a la Alcaldía Municipal de Gachetá revisar la capacidad hidráulica de la estructura de control (canalización, estructura de disipación escalonada y box culvert) localizadas al final del tramo para la delimitación de la ronda de la Quebrada El Chulo, en donde se presenta una reducción de la sección hidráulica del cuerpo de agua, en donde de acuerdo con las modelaciones hidráulicas realizadas, para eventos superiores a periodos de retorno de 5 años se presentan desbordamientos antes de la estructura, generando afectaciones a las viviendas localizadas aguas abajo de la estructura, antes de su canalización por medio de una tubería.

	<p style="text-align: center;">Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía municipal de Gachetá. (2022). Obtenido de: <http://www.gacheta-cundinamarca.gov.co/>
- A.G.S. LTDA. (2019). *Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica -POMCA- del río Guavio*. Bogotá D.C.
- Agrostología y Zootecnia*. (2022). Obtenido de Zonas de vida: http://agrostologiayzootecnia.blogspot.com/2013/10/zonas-de-vida_7949.html
- Bernal, R., Gradstein, S., & Celis, M. (2019). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Obtenido de <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Cabañas, M., de la Luz, M., Lamothe, A., Auárez, D., & Domínguez, Y. (2005). *Prácticas de Botánica Morfológica y Sistemática*.
- Codazzi, I. G. (2022). *IGAC*. Obtenido de <https://www.igac.gov.co/>
- Consorcio Aguas del Guavio. (2014). *Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico para 12 áreas de drenaje que hacen parte de la cuenca del río Guavio en la jurisdicción de Corpoguavio*. Gachalá, Cundinamarca: Corpoguavio.
- Constanza, R. A. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253 - 260.
- Finol, H. (1971). Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes. *Revista Forestal Venezolana*, 14 (21), 29 - 42.
- IDEAM. (2022). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/clima>
- IDEAM. (2022). *INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES*. Obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/24155/123679/15-89_HM_Humedad_relativa_3_FI.pdf/a33bb3a6-b29f-4533-9a22-1bdf3bd8af50#:~:text=La%20humedad%20relativa%20es%20el,su%20temperatura%20y%20su%20presi%C3%B3n.
- Matteucci, S., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/44553298_Metodologia_para_el_estudio_de_la_vegetacion_por_Silvia_D_Matteucci_y_Aida_Colma

	<p>Documento acotamiento de la zona de ronda hídrica de la Quebrada El Chulo en un tramo de un (1) km a la altura del casco urbano del municipio de Gachetá</p>	
---	--	---

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS-. (2018). *Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia*. Bogotá D.C.
- Reyes et al. (2010). "Guía Básica para la Caracterización Morfométrica de Cuencas Hidrográficas", . Santiago de Cali: Programa Editorial Universitario del Valle.
- Rivero Maldonado, G., Pacheco - Rivera, D., Sánchez - Urdaneta, A., Quiróz, M., & Sthormes, G. (2017). CONTRIBUCIONES AL ESTUDIO SISTEMÁTICO DE ESPECIES DE Psidium (MYRTACEAE) DE VENEZUELA. *Acta Botanica Venezuelica, vol. 40, núm. 1*, pp. 53-96.
- Rubio, T. O. (2012). *Hidráulica de ríos y procesos morfológicos*. Bogotá.
- Ruiz, C. B. (2014). Valuation of the ecosystem services in the Colombian Andes. The benift transfer method: A meta - analysis. *Universitas Scientiarum, 19(3)*, 301 - 322.
- Suárez, B. (2021). OBSERVACIONES SOBRE LA GERMINACIÓN DE TRES ESPECIES DEL GÉNERO Citharexylum Jacq. EMPLEADAS EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA. *Colombia Forestal*, 137-143.
- Universidad Nacional de Colombia. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Gacheta - Dimensionamiento espacial funcional*.
- UNNE, F. d. (s.f.). *Guía de Consultas Botánica II*. Obtenido de <http://www.biologia.edu.ar/diversidadv/fascIII/11.%20Verbenaceae.pdf>
- Villareal et al. (30 de 06 de 2004). *Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad*. Obtenido de Repositorio Institucional de Documentación Científica del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31419>