

**PROYECTO DE DISEÑO URBANO-PAISAJÍSTICO, ESTUDIOS AMBIENTALES,
MODIFICACIÓN EOT Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INFRAESTRUCTURA
PARA EL NUEVO CASCO URBANO DE GRAMALOTE
CONTRATO N° 165/2013**



**DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE
REVISIÓN EXCEPCIONAL DEL ESQUEMA DE ORDENAMIENTO
TERRITORIAL MUNICIPIO DE GRAMALOTE, NORTE DE SANTANDER**

SAN JOSÉ DE CÚCUTA, AGOSTO DE 2014

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1 SUSTENTO TÉCNICO DE LA REVISIÓN PROPUESTA.....	11
1.1 CONDICIONES DEL COLAPSO DEL ANTIGUO CASCO URBANO	11
1.2 FENÓMENO MORFODINÁMICO QUE DESTRUYÓ EL ANTIGUO CASCO URBANO	11
1.2.1 Aspectos de Geología Regional	11
1.2.2 Aspectos Geomorfológicos	14
1.2.3 Aspectos Sísmicos	15
2 DETERMINACIÓN DEL NUEVO SUELO URBANO.....	17
2.1 PROCESO DE SELECCIÓN DEL ÁREA PARA EL NUEVO CASCO URBANO	17
2.1.1 Localización del sector de Miraflores.....	18
2.2 CONDICIONES FÍSICAS Y AMBIENTALES DEL ÁREA SELECCIONADA...	19
2.2.1 Geología regional	19
2.2.1.1 Miembro Tibú.....	21
2.2.1.2 Miembro Mercedes.....	21
2.2.1.3 Miembro Aguardiente	22
2.2.2 Geología regional estructural.....	22
2.2.3 Geología del sector de Miraflores.....	22
2.2.3.1 Aspectos generales	22
2.2.3.2 Geología superficial sector Miraflores	23
2.2.3.3 Geología estructural del sector Miraflores	24
2.2.4 Geomorfología.....	28
2.2.4.1 Geomorfología regional.....	28
2.2.4.2 Geomorfología sector Miraflores	29
2.2.5 Hidrogeología sector Miraflores.....	30
2.2.5.1 Agua subterránea	31
2.2.6 Aspectos sísmicos	35

2.2.6.1	Amenaza sísmica regional.....	35
2.2.6.2	Caracterización dinámica de los materiales	37
2.2.6.3	Perfil típico y características promedio	39
2.2.6.4	Análisis de respuesta sísmica local	40
2.2.7	Climatología.....	41
2.2.7.1	Temperatura	41
2.2.7.2	Precipitación	42
2.2.7.3	Evapotranspiración Potencial ETP	43
2.2.7.4	Índice de Aridez, Ø	45
2.2.8	Hidrología	45
2.2.8.1	Quebradas existentes en el área del nuevo suelo urbano.....	47
2.2.8.2	Pendientes.....	49
2.2.8.3	Curvas Intensidad, Duración, Frecuencia IDF	49
2.2.9	Vegetación.....	54
2.2.9.1	Metodología - Fotointerpretación de coberturas	54
2.2.9.2	Trabajo de campo.....	57
2.2.9.3	Resultados de Vegetación.....	58
2.2.10	Fauna	71
2.2.10.1	Especificaciones para clarificar el análisis multi-criterio del componente ambiental para la selección de Miraflores	71
2.2.10.2	Caracterización Faunística del Sector de Miraflores	75
2.2.10.3	Aves	79
2.2.10.4	Reptiles y anfibios	83
2.2.10.5	Mamíferos.....	87
2.2.10.6	Entomofauna	90
2.2.11	Condiciones de amenaza	95
2.2.11.1	Zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa y aptitud urbanística.....	95
2.2.11.2	Zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa.....	103
2.2.12	Evaluación de amenaza por inundación	106
2.2.12.1	Caudales de Diseño en las Quebradas - Metodología	106
2.2.12.2	Análisis de amenaza de eventos de inundación.....	122

3	DEFINICIÓN DE LA NUEVA CABECERA MUNICIPAL – CAMBIOS EN EL COMPONENTE GENERAL DEL EOT VIGENTE	124
3.1	MODIFICACIÓN EN LA CLASIFICACIÓN DEL SUELO MUNICIPAL (SUELO URBANO, SUELO DE EXPANSIÓN URBANA Y SUELO DE PROTECCIÓN)	124
3.2	MODELO DE OCUPACIÓN PROPUESTO	125
3.2.1	Definición del Suelo de Protección asociado a la nueva área urbana municipal	126
3.2.2	Estructura Funcional y de Servicios.....	128
3.2.3	Estructura habitacional y productiva	128
4	DEFINICIÓN DEL COMPONENTE URBANO DEL EOT	129
4.1	SISTEMAS GENERALES.....	129
4.1.1	Sistema General Ambiental	129
4.1.2	Identificación de suelos de protección y conformación de la Estructura Ecológica Principal	131
4.1.2.1	Estructura Ecológica Principal Propuesta.....	136
4.1.3	Sistema de Espacio Público	138
4.1.4	Sistema Vial y de movilidad.....	142
4.1.4.1	Vía de integración regional – nueva vía de acceso	143
4.1.4.2	Red vial intraurbana	144
4.1.5	Sistema de Servicios Públicos Domiciliarios	145
4.1.5.1	Subsistema de Acueducto (Red Matriz y Sistema local)	147
4.1.5.2	Subsistema de Alcantarillado Sanitario (Red Matriz y Sistema Local) .	149
4.1.5.3	Subsistema de Alcantarillado Pluvial (Red Matriz y Sistema Local)	151
4.1.5.4	Subsistema de Energía Eléctrica (Red Principal y Red Local)	152
4.1.5.5	Subsistema de Telecomunicaciones (Red Principal y Red Local)	153
4.1.5.6	Subsistema de Aseo (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIR)	155
4.1.5.7	Subsistema de Gas Natural (Red Principal y Red Local)	157
5	AJUSTE AL COMPONENTE RURAL.....	159
5.1	INCORPORACIÓN DEL SUELO DEL ANTIGUO CASCO URBANO AL SUELO DE PROTECCIÓN.	159
	BIBLIOGRAFÍA	161

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Medición de los niveles freáticos durante las labores de exploración...	33
Cuadro 2. Fuentes sismogénicas que controlan el nivel de amenaza sísmica en el municipio de Gramalote para $T_r = 475$ años	35
Cuadro 3. Señales utilizadas compatibles con el escenario de amenaza sísmica	36
Cuadro 4. Perfil simplificado para la modelación unidimensional de la respuesta sísmica del suelo en el sector de Miraflores.....	40
Cuadro 5. Codificación cuencas hidrográficas de Gramalote (Adaptado de Agenda Ambiental del Municipio de Gramalote 2007 – 2016).....	46
Cuadro 6. Unidades de interpretación Cobertura vegetal CORINE, encontradas en el área de estudio.....	56
Cuadro 7. Unidades de interpretación Cobertura vegetal CORINE, encontradas en el área de estudio.....	59
Cuadro 8. Coberturas Vegetales identificadas en Miraflores	62
Cuadro 9. Especies Vegetales registradas en el predio Miraflores	64
Cuadro 10. Matriz de Valoración	72
Cuadro 11. Técnicas para evaluación de diversidad por grupo.....	76
Cuadro 12. Especies de mamíferos reportadas en el área de estudio.....	88
Cuadro 13. Áreas principales de actitud urbanística	100
Cuadro 14. Calificación de amenazas por FRM del lote Miraflores SCG (2013) – 58.09 ha	102
Cuadro 15. Calificación de amenazas por FRM del lote Miraflores– 114.56 Ha .	104
Cuadro 16. Características hidráulicas para $T=100$ años, para la quebrada Los Apios del casco urbano del Nuevo Gramalote	114
Cuadro 17. Características hidráulicas para $T=100$ años, para la quebrada La Trinidad del casco urbano del Nuevo Gramalote	116
Cuadro 18. Características hidráulicas para $T=100$ años, para la quebrada La Cristalina del casco urbano del Nuevo Gramalote	118
Cuadro 19. Características hidráulicas para $T=100$ años, para la quebrada La Zarza del casco urbano del Nuevo Gramalote	120
Cuadro 20. Áreas EEP y Verde urbano, predio Miraflores	135
Cuadro 21. Sistema de equipamientos	142
Cuadro 22. Proyección de la población. Nuevo Gramalote –dic. 2013	147
Cuadro 23. Parámetros de diseños. Nueva área urbana	148
Cuadro 24. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR-Nuevo Gramalote Parámetros de Diseño- dic 2013.....	150

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz multi-criterio para la selección del sector de reasentamiento	17
Tabla 2. Cálculos de la Evapotranspiración Potencial para el casco urbano de Gramalote.....	44
Tabla 3. Pendiente media de las quebradas en el Lote Miraflores.....	49
Tabla 4. Intensidades de precipitación máxima para Gramalote, en función de la duración del evento de lluvia y su periodo de retorno	52
Tabla 5. Tiempos de concentración para los drenajes en el lote Miraflores	108
Tabla 6. Caudales para periodo de retorno de 100 años	109

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Interpretación geológica estructural de Gramalote.....	13
Figura 2. Esquema general del movimiento en masa que afecto el antiguo casco urbano de Gramalote	15
Figura 3. Localización del sector Miraflores en el municipio de Gramalote.....	19
Figura 4. Geología del entorno de Gramalote	20
Figura 5. Columna estratigráfica parcial del Mesozoico en el municipio de Gramalote.....	21
Figura 6. Mapa de unidades geológicas superficiales del sector Miraflores.....	24
Figura 7. Tomografía sísmica. Parte superior: estructuras por flexión de falla o de rampa-despegue. Parte inferior: arreglos de abanicos imbricados	27
Figura 8. Mapa geomorfológico escala 1:5000 del sector de Miraflores	30
Figura 9. Mapa de Isopiezas sector Miraflores.....	31
Figura 10. Superficie de aguas freáticas (degradé azul) sobre superficie topográfica actual (gris).....	34
Figura 11. Acelerogramas o señales de diseño utilizadas en los modelos de respuesta sísmica local	37
Figura 12. Curvas de comportamiento dinámico del material AC, generadas a partir del ensayo triaxial cíclico sobre la muestra PC9-M2, profundidad 4.10 - 4.50 m	38
Figura 13. Curvas de comportamiento dinámico del material AM, generadas a partir del ensayo triaxial cíclico sobre la muestra PC2-M7, profundidad 11.60 - 12.00 m	39
Figura 14. Respuesta espectral y curva de diseño a nivel del terreno para el sector de Miraflores, municipio de Gramalote, correspondientes a un periodo de retorno de 475 años	41
Figura 15. Temperatura media mensual Casco Urbano de Gramalote	42
Figura 16. Precipitación mensual mediana observada. Estación climatológica Gramalote, Código IDEAM 1602001	43
Figura 17. Tasa de evapotranspiración potencial mensual en el casco urbano de Gramalote.....	44
Figura 18. Cuencas hidrográficas de Segundo Orden – Departamento Norte de Santander.....	47
Figura 19. Quebradas en la zona del proyecto.....	48
Figura 20. Ubicación estación Gramalote – 16020010 – IDEAM	50
Figura 21. Curvas IDF – Gramalote	53
Figura 22. Formato de captura de información primaria en Vegetación	57
Figura 23. Coberturas Vegetales identificadas en Miraflores	63
Figura 24. Jerarquías taxonómicas de aves en Miraflores	80
Figura 25. Composición de especies por familias de aves presentes en el sector Miraflores, Reserva El Bojoso	81

Figura 26. Gremios tróficos de aves encontrados en la cobertura vegetal en el sector de Miraflores	83
Figura 27. Composición taxonómica incluyendo el número de Órdenes, Familias, géneros y especies de reptiles y anfibios, encontradas en Miraflores.....	84
Figura 28. Riqueza de especies de reptiles y anfibios por los diferentes tipos de cobertura vegetal presentes en Miraflores	85
Figura 29. Número de especies por familias de reptiles y anfibios encontradas en la localidad de Miraflores.....	85
Figura 30. Especies de reptiles y anfibios por unidades de coberturas evaluadas en Miraflores.....	86
Figura 31. Organización Ecológica basada en modos reproductivos para las especies de anfibios registradas en Miraflores.....	87
Figura 32. Número de especies de mamíferos registradas por familia	89
Figura 33. Número de especies de mamíferos por gremio trófico registradas para cada tipo de cobertura evaluada	90
Figura 34. Composición taxonómica de la Entomofauna de las unidades evaluadas.....	90
Figura 35. Número de especies de la Entomofauna por familias encontradas	91
Figura 36. Riqueza de especies de la Entomofauna por unidades de paisaje o coberturas evaluadas	92
Figura 37. Organización ecológica de Entomofauna de la unidad evaluada Miraflores.....	92
Figura 38. Mapa de Unidades de terreno	96
Figura 39. Distribución de áreas urbanizables y de reserva en Miraflores, Gramalote - Norte de Santander	101
Figura 40. Mapa de zonificación de amenaza agrupando metodologías Slide® (EL) y MTN, con período de retorno de 40 años	103
Figura 41. Zonificación de amenaza por movimientos en masa a largo plazo correspondiente a un período diseño de 40 años, sector de Miraflores, Gramalote, Norte de Santander	104
Figura 42. Vista en planta de los drenajes incorporados al modelo Hec – Ras .	113
Figura 43. Caudales Introducidos al modelo Hec – Ras	113
Figura 44. Ubicación Drenaje Secundario	122
Figura 45. Ventana del Bosque “Los Rampachos”, predio Miraflores	132
Figura 46. Corredores ecológicos estructurantes y transversales, predio Miraflores	134
Figura 47. Corredores Ecológicos Estructurantes y “Verde Urbano”	135
Figura 48. Estructura Ecológica Principal.....	137
Figura 49. Sistema de Espacio Público	138
Figura 50. Trazado de la vía de acceso al nuevo casco urbano de Gramalote..	144
Figura 51. Perfiles viales	145

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Estratos de arcillolitas y lutitas donde se identifica un alto grado de deformación, fracturamiento y algunos vestigios de plegamiento, previo a la ruptura de los estratos y posterior cabalgamiento de las unidades sobreyacentes	26
Fotografía 2. Zonas de inestabilidad relacionadas con la actividad de fallas	28
Fotografía 3. Cobertura de pastos, predio Miraflores	66
Fotografía 4. Vegetación secundaria baja. Der. Dicranopteris linearis	67
Fotografía 5. Vegetación secundaria alta. Izq. bosque de Clusias. Der. Weinmannia cf sorbifolia	68
Fotografía 6. Der. Quebrada “La Miraflores”; Izq. Brownea sp. (Palo cruz) en Quebrada “La chuspa”	69
Fotografía 7. Izq. Clusia cochliiformis (rampacho rojo); Der. Clusia rosea (Rampacho Blanco)	70
Fotografía 8. Redes de niebla	77
Fotografía 9. Muestreo por encuentro casual	78
Fotografía 10. Trampas Sherman	78
Fotografía 11. Trampas de cámara	79
Fotografía 12. Captura activa	79
Fotografía 13. Algunas especies encontradas en el sector Miraflores	82

INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene el soporte técnico correspondiente al proyecto de revisión excepcional de Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Gramalote, Norte de Santander, de conformidad con lo establecido en el artículo 9 del Decreto Nacional 4002 de 2004 *“Por el cual se reglamentan los artículos 15 y 28 de la Ley 388 de 1997”*.

En el mismo, se consolidan los insumos técnicos empleados en el proceso de formulación del proyecto de revisión, tanto aquellos que sirven de base para determinar las condiciones físicas del área prevista para el desarrollo de la nueva cabecera municipal como aquellas referidas a la definición de previsiones que de orden normativo y de infraestructura resultan esenciales para la ejecución del proceso de urbanización del nuevo casco urbano.

1 SUSTENTO TÉCNICO DE LA REVISIÓN PROPUESTA

1.1 CONDICIONES DEL COLAPSO DEL ANTIGUO CASCO URBANO

La primera semana de diciembre de 2010, los habitantes de la región de Gramalote habían reportado a la Alcaldía municipal pequeños deslizamientos en el occidente y parte alta de casco urbano, los cuales habían sido detonados por las lluvias en el sector. El 17 de diciembre se presentó un gran fenómeno morfodinámico que desató una emergencia y que trajo como consecuencia la destrucción del casco urbano¹. En el mes de enero de 2011, el Servicio Geológico de Colombia (SGC) presenta un informe que institucionalmente se conoce como “Visita de Emergencia” en el cual se presenta un resumen de la situación y se muestran las causas de los eventos ocurridos, su clasificación y consecuencias.

Desde ese instante, el SGC dio inicio a los trabajos que permitieron posteriormente reconocer las áreas disponibles para la reubicación del casco urbano, tanto al interior del límite municipal como en sus alrededores. Estos trabajos estuvieron dirigidos a reconocer técnicamente las condiciones geológicas, geomorfológicas y geotécnicas de la zona en términos de estabilidad. En este contexto, la necesaria reubicación del antiguo y destruido casco urbano del municipio de Gramalote constituye per se un argumento de validez incuestionable para la declaratoria de área de protección de la totalidad del antiguo casco urbano; en este acápite, se establece una síntesis de las condiciones que determinaron en colapso del anterior asentamiento urbano y se definen lineamientos para el manejo posterior de dicha área.

1.2 FENÓMENO MORFODINÁMICO QUE DESTRUYÓ EL ANTIGUO CASCO URBANO

1.2.1 Aspectos de Geología Regional

En el sector afloran rocas ígneas y metamórficas del basamento y una secuencia sedimentaria cuyas edades van desde pre-Mesozoico hasta el Cretáceo Superior y también sedimentos recientes de origen estructural, denudacional y aluvial. Las rocas del Cretáceo están representadas por las formaciones Uribante, Cogollo y

¹ Ministerio de Minas y Energía. Servicio Geológico de Colombia. Informe final del estudio de prefactibilidad de sitios para reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote, departamento Norte de Santander. Bogotá, D.C. Agosto 2012.

La Luna, que son las más representativas en el área de estudio². A continuación una breve caracterización de aquellas.

a. Formación Uribante (Kmu). El espesor uniforme y el desarrollo de las rocas del Cretáceo Medio indican que tanto el basamento como los sedimentos Jura-Triásicos deben haber sido reducidos a bajo relieve antes de la transgresión empezó en la Formación Uribante, que en la Concesión Barco (Cuadrángulo F-13) puede ser dividida en tres miembros: Tibú, Mercedes y Aguardiente³.

b. Formación Cogollo (Kmc). Se caracteriza por ser una secuencia fino granular constituida por shales oscuros con intercalaciones de calizas macizas fosilíferas y delgadas capas de chert. Hacia la base se encuentran intercalaciones con delgadas capas de areniscas de grano fino y areniscas calcáreas. En el área petrolera, Concesión Barco puede dividirse en tres miembros: Cogollo Inferior, constituido por shales bituminosos, margas y calizas oscuras fosilíferas; el Cogollo Medio, constituido por shales oscuros no calcáreos y capas gruesas de caliza arcillosa fosilífera y; el Miembro Guayacán, al tope, está constituido por interestratificaciones de calizas fosilíferas con limos y lutitas oscuras. El espesor de la Formación se estima entre 250 y 273 m, en contacto transicional con la Formación Uribante a la base y en contacto neto con la Formación Luna al tope⁴.

c. Formación La Luna (Ksl). Consiste en una sucesión de calizas finas fosilíferas duras en capas medias entre 10 y 20 cm, con intercalaciones de chert negro en capas de 5 a 15 cm con partición concoidea y fracturamiento ortogonal que pueden generar paquetes hasta de 5 m. Alternan a esta secuencia delgadas capas de arcillolitas fósiles piritosas de color gris con abundantes micas y niveles de areniscas fosfáticas. Las calizas son negras y gris oscuro, presentan venas y nódulos de chert negro y ocasionalmente se encuentran concreciones calcáreas hasta de 30 cm, las lumaquelas aparecen en toda la secuencia. Hacia la base, las calizas presentan lentes irregulares de areniscas de grano muy fino mientras que hacia el tope se hacen bituminosas. Se localiza en las veredas La Garza, Jácome, Sta. Anita, Rosario, Teherán, Teherán y Valderrama; ocupando el 3.53 % del territorio⁵

² Ministerio de Minas y Energía. Servicio Geológico de Colombia. Estudios de geología y geomorfología escala 1:25.000 para la reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote, departamento Norte de Santander. Vol.1. Bogotá, D.C. Agosto 2012.

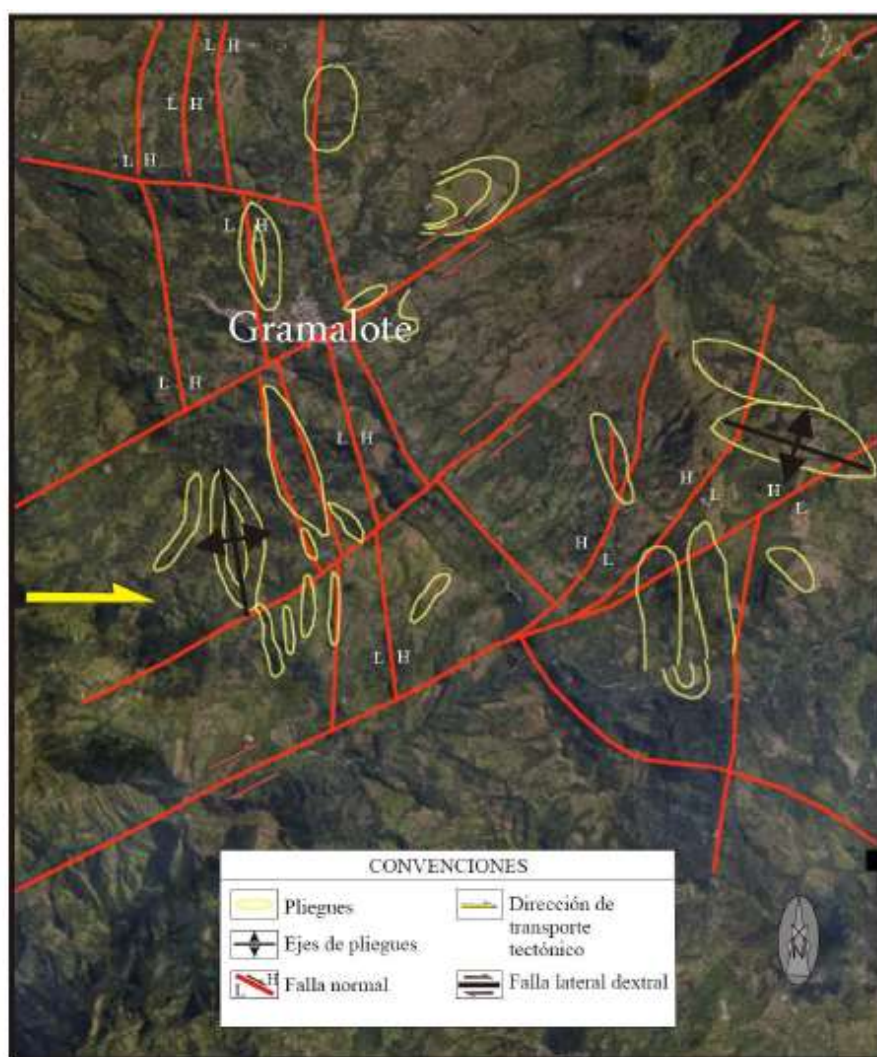
³ Ibíd.

⁴ Ibíd.

⁵ Ibíd.

A nivel específico, el antiguo casco se encuentra ubicado sobre una serie de arcillas pizarrosas negras a gris oscuras y limolitas de la Formación Cogollo (Kmc). Las estructuras tipo falla que cruzan el departamento y al municipio, también afectan al antiguo casco urbano, generando condiciones de amenaza y riesgo alto, lo cual preveía la posibilidad de desencadenamiento de un desastre como el que terminó por destruir el casco urbano. En la figura 1 se observa el sistema de fallas que atraviesa la zona de Gramalote y que, particularmente, afectan de manera directa al antiguo casco urbano.

Figura 1. Interpretación geológica estructural de Gramalote



Fuente: SGC, 2012.

Según el modelo estructural del Municipio de Gramalote, realizado a partir del análisis del anáglifo escala 1:25.000 entregado por la Federación Nacional de Cafeteros, así como con la recopilación de los datos de campo y las publicaciones con énfasis en estudios estructurales, estratigráficos y la geología del cuadrángulo G-13 escala 1:200.000 de 1.967 (Ministerio de Minas y Petróleos), se establecieron los siguientes rasgos:

- Límites mayores de *subcuenca*: fallas de tipo normal (tendencia NW-SE y NNE-SSW).
- Dirección de transporte estructural general al E y NEE.
- Plegamiento con tendencia general N-S en las secuencias de origen sedimentario.
- Cuerpos coluviales de origen tectónico de espesor variable.
- Fallas de tipo lateral dextral con tendencia NE y generación de zonas extensionales (fallas normales) y zonas compresivas (cabalgamientos).⁶

1.2.2 Aspectos Geomorfológicos

El fenómeno de la niña presentando en Colombia en el año 2010 es el detonante de las condiciones geomorfológicas establecidas en el antiguo casco urbano de Gramalote que terminaron por destruir casi la totalidad de la infraestructura urbana del municipio.

En términos generales, la intensidad de las lluvias sobrepasaron en muy poco tiempo los registros históricos de promedio anual de precipitación establecido en 1.700 milímetros de lluvia (Ideam, 2000)⁷, lo que trajo como consecuencia la saturación de una gran cantidad de terreno conformada por depósitos tipo coluvial clastosoportado, representado por grandes bloques de areniscas y calizas de las formaciones Uribe y La Luna, embebidos en una matriz arcillo arenosa⁸, los cuales - debido a la alta pendiente en la que se encontraban - produjeron un movimiento tipo flujo de detritos y bloques mismo que se encausó en dirección hacia el casco urbano de Gramalote, y a la altura de la silleta principal del Sistema de Fallas de Gramalote (parte alta de la población), se produjo por sobrepeso un movimiento tipo rotacional, levantando su parte oriental aproximadamente 8

⁶ Cámara de Comercio de Cúcuta-Fondo Adaptación. Contrato no 165/13.DTS GEOTECNIA, 2014

⁷ <http://www.elspectador.com/impreso/nacional/articulo-243533-una-segunda-oportunidad-sobre-tierra>

⁸ Ministerio de Minas y Energía. Servicio Geológico de Colombia. Informe final del estudio de prefactibilidad de sitios para reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote, departamento Norte de Santander. Bogotá, D.C. Agosto 2012.

metros de altura⁹. Este movimiento en masa logro desplazarse a una velocidad aproximada de 4 m/h (cuatro metros por hora). En la figura 2, se observa un esquema general del movimiento en masa que afecto el antiguo casco urbano.

Figura 2. Esquema general del movimiento en masa que afecto el antiguo casco urbano de Gramalote



Fuente: SGC, 2012.

1.2.3 Aspectos Sísmicos

La ocurrencia de los movimientos en masa coincidió con una serie de pequeños sismos registrados por la Red Sismológica Nacional (RSNC), cuyos epicentros fueron ubicados en el municipio de Salazar de Las Palmas. El primer movimiento sísmico ocurrió a las 7:22 a.m. (hora local) del día 17 de Diciembre de 2010, con una magnitud de 3.8 en la escala de Richter a una profundidad de 1.2 Km, el segundo a las 3:49 p.m, con magnitud 2.3 y profundidad de 3.2 km, el tercero a las 3:57 p.m. con magnitud 2.8 y profundidad de 3.6 km y el cuarto a las 7: 39 p.m. con magnitud 2.3 y profundidad de 2.8 km.

⁹ Ibid.

El 18 de Diciembre la RSNC solo registró un sismo a las 2:56 a.m. con una magnitud de 1.0 y profundidad de 2.5 km.¹⁰ La energía liberada por estos sismos superficiales afectaron de manera directa las condiciones estructurales de las viviendas del antiguo casco, donde una gran cantidad de ellas se encontraban construidas con adobe y caña brava, materiales débiles y sin ningún tipo de resistencia sísmica. Este tipo de vivienda se ha identificado en el sector denominado “La Lomita” (el cual cuenta con algunas viviendas en pie) pero que, por sus características materiales y su condición de construcción anterior a la norma de Sismorresistencia Colombiana (NSR10), se establece con absoluta certeza que por el riesgo al que se encuentran expuestas deben ser objeto de reubicación.

Para esta área, los controles de tipo geológico estructural realizados por el SGC (2012) establecieron la presencia de: 1) Escarpe de movimiento principal con tendencia general Este (E) –Oeste (W) y vector de desplazamiento al sur (S); 2) Escarpe de movimiento secundario con tendencia Norte (N) – Sur (S) y vector de desplazamiento al Este (E) (comprobandose que estos dos rasgos se relacionan con el movimiento en masa ocurrido el 17 de diciembre de 2010) y; 3) De manera local se estableció un vector de movimiento favorecido por la pendiente y por la localización de algunos predios sobre los depósitos de la quebrada El Palo.¹¹

Finalmente, según el Mapa Nacional de Amenazas Sísmica de Colombia (SGC & U.NAL, 2010) y el Reglamento NSR-10 (AIS, 2010), el Municipio de Gramalote se encuentra localizado en una zona de amenaza sísmica alta con una aceleración máxima horizontal de 0.30g a nivel de terreno firme (PGA).¹²

¹⁰ Ministerio de Minas y Energía. Servicio Geológico de Colombia. Informe final del estudio de prefactibilidad de sitios para reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote, departamento Norte de Santander. Bogotá, D.C. Agosto 2012.

¹¹ Servicio Geológico Colombiano. Concepto Técnico Barrio La Lomita – Municipio de Gramalote-Norte de Santander. Comunicación radicado No 2019-900-006226-1. Septiembre 2012.

¹² Cámara de Comercio de Cúcuta-Fondo Adaptación. Contrato no 165/13.DTS GEOTECNIA, 2014

2 DETERMINACIÓN DEL NUEVO SUELO URBANO

2.1 PROCESO DE SELECCIÓN DEL ÁREA PARA EL NUEVO CASCO URBANO

El proceso de selección, delimitación y zonificación de los terrenos donde se ubicará el nuevo casco urbano, comprendió los estudios de factibilidad que permitieron identificar el sector de Miraflores como el sector más apropiado. Para la selección de los terrenos se estableció, en coordinación con la Mesa de Trabajo para el Reasentamiento de Gramalote¹³ una matriz multi-criterio, cuyos resultados se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Matriz multi-criterio para la selección del sector de reasentamiento

Componente / Dimensión	Peso	Ponderación Pomarroso	Ponderación Miraflores	Ponderación Caimito	Ponderación La Franja
Estabilidad	30	22,37	30,00	15,30	14,25
Vías	20	5,50	20,00	14,33	15,29
Articulación regional y urbano-rural	14	9,46	12,48	7,76	12,67
Servicios públicos	8	3,71	6,36	8,00	7,17
Medio Ambiente	8	5,09	8,00	5,82	5,45
Duración	20	14,62	19,00	20,00	15,20
TOTALES	100	60,75	95,84	71,21	70,02

Fuente: Fondo Adaptación – Plan de Reasentamiento Miraflores.

¹³ Mediante Acta del 16 de abril de 2012 el FONDO ADAPTACIÓN, junto con la Alcaldía de Gramalote, la Gobernación de Norte de Santander, el Concejo Municipal de Gramalote, la Parroquia y la Personería de este municipio, acordaron la creación de una Mesa de Trabajo, con el objeto de definir los pasos que permitieran que el proceso se llevara a cabo con la mayor agilidad, garantizando la seguridad física de los gramaloteros, protegiendo la vocación económica del municipio y el arraigo sociocultural de sus habitantes. A esta instancia de trabajo local se vincularon posteriormente líderes sociales, de veedurías y de asociaciones comunitarias de esa población.

Una vez surtida esta fase, y realizado el anuncio oficial de la selección del sector de Miraflores por parte del Presidente de la República, Dr. Juan Manuel Santos Calderón, en el mes de diciembre de 2012, se puso en marcha el componente de gestión inmobiliaria cuyo fin es la adquisición de los predios para llevar a cabo el proyecto.

En correspondencia con lo anterior, la selección de las áreas por adquirir resulta de superponer los resultados del trabajo adelantado por la firma Chahín Vargas & Asociados, en relación con la situación técnica y jurídica de los inmuebles y las condiciones socioeconómicas de la población residente, sobre el área que al interior del sector de Miraflores inicialmente seleccionado fue identificada como zona urbanizable desde el punto de vista geotécnico y ambiental, tomando como base los trabajos desarrollados para el Fondo Adaptación por la Sociedad Colombiana de Geotecnia (informe de Zonificación por Remoción en Masa del predio Miraflores para el Reasentamiento del Casco Urbano de Gramalote, abril de 2013) y Conservación Internacional (Estudio regional para la identificación de las áreas estratégicas para la provisión de servicios eco-sistémicos relacionados con agua, carbón y turismo y su incidencia en la selección del sitio de reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote bajo escenarios actuales y futuros de cambio climático, febrero de 2013).

A partir de esta superposición, se identificó el denominado “*polígono de adquisición predial*”, que incluye los inmuebles o porciones de inmuebles que deben adquirirse para el desarrollo del nuevo casco urbano de Gramalote y corresponde al área sobre la cual se realizaron los estudios técnicos a escala de detalle que se presentan en este documento y que se desarrollan en los apartes siguientes.

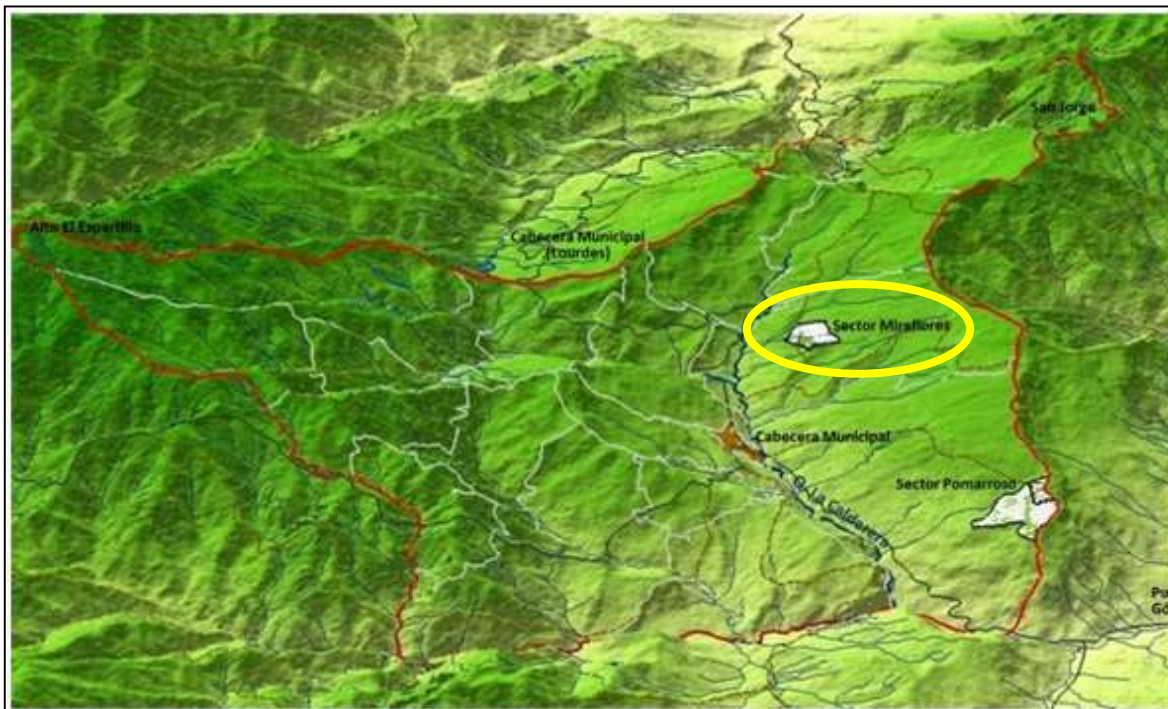
2.1.1 Localización del sector de Miraflores

El sector Miraflores se localiza al NNE de la antigua cabecera municipal de Gramalote, entre las coordenadas Norte: 1.367.000 - 1.368.000 y Este: 1.141.500 - 1.142.750 (CPO Bogotá), cubriendo una superficie de 148 Ha, de las cuales 114.56 Ha fueron dispuestas para la reubicación de la cabecera municipal.

Con arreglo a la información producida por el SGC (2012) y la SCG (2013), el sector Miraflores se ubica en la parte media de la vertiente local, entre las cotas 1400 y 1500 msnm, sobre un terreno ondulado con predominio de pendientes entre los 12% y 25%. En el sector ocurren drenajes secundarios en dirección NE-SW (quebradas Los Apios, Trinidad, Cristalina y La Chuspa), afluentes de la quebrada Miraflores la cual representa el drenaje de mayor importancia como

corriente receptora de vertimientos. En la figura 3, se establece la localización espacial del sector Miraflores dentro del contexto geográfico municipal.

Figura 3. Localización del sector Miraflores en el municipio de Gramalote



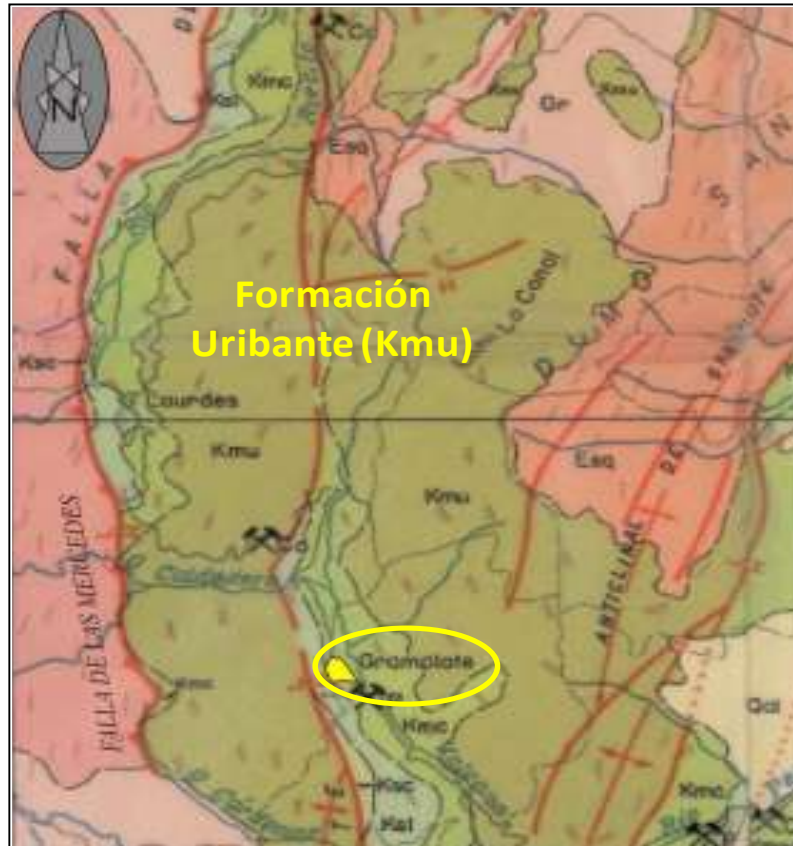
Fuente: CCC - CI Ambiental, 2014

2.2 CONDICIONES FÍSICAS Y AMBIENTALES DEL ÁREA SELECCIONADA

2.2.1 Geología regional

La geología regional del municipio de Gramalote escala 1:25.000 fue levantada por el SGC (2012. Ver Anexo 1, volumen 1). La estratigrafía aflorante en el emplazamiento de Gramalote está integrada por unidades sedimentarias Mesozoicas del Pre-Cretáceo al Cretáceo Superior. Las rocas sedimentarias del Cretáceo Medio están asociadas a la Formación Uribante (Kmu), la cual tiene un espesor variable entre 418 y 503 m con tendencia a incrementar hacia el sur, como lo siguen los datos del SGC que dan cuenta de espesores de hasta 825 m en el río Peralonso (SGC, 2012). De piso a techo la Formación Uribante está constituida por los miembros Tibú, Mercedes y Aguardiente, como se indica en la figura 4. En la figura 5, se observa la columna estratigráfica parcial del Mesozoico correspondiente al municipio de Gramalote.

Figura 4. Geología del entorno de Gramalote



Fuente: SGC, 2012, Ministerio de Minas y Petróleos, 1967, Cuadrángulo G-13 – Cúcuta, escala 1:200.000

Figura 5. Columna estratigráfica parcial del Mesozoico en el municipio de Gramalote

EDAD			ESPESOR (m)	ID	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA		
MESOZOICO	PALEOCENO		90	TPb	Formación Barco		
	CRETÁCEO	SUPERIOR	180	Ksct	Formación Catatumbo		
			455	Ksm	Formación Mito Juan		
			240	Ksc	Formación Colón		
			80	Ksl	Formación La Luna		
		MEDIO	300	Kmc	Formación Cogollo	ESPESOR (m)	MIEMBRO
			460	Kmu	Formación Uribante	148 - 275	Aguardiente
						149 - 201	Mercedes
						107 - 166	Tibú
	JURA-TRIÁSICO		?	Rg	Formación Girón		

Fuente: SGC, 2012. Modificación CCC – CI Ambiental, 2014

2.2.1.1 Miembro Tibú

El miembro inferior Tibú está integrado por rocas sedimentarias detríticas de granos gruesos y no detríticos de carácter organogénico, configurando un perfil diferencial con espesor variable entre 107 y 166 metros. El basamento lo constituyen areniscas de grano grueso, con guijarros de cuarzo y ortoclasa dispuesto en estratos de 5 a 12 m de espesor. A éste le suprayacen series de calizas densas fosilíferas con espesores desde 95 hasta 160 m.

2.2.1.2 Miembro Mercedes

El miembro Mercedes está integrado por rocas sedimentarias no detríticas, detríticas de grano fino y detríticas de grano grueso, configurando un perfil con espesor variable entre 149 y 201 m. Las calizas se encuentran intercaladas con arcillolitas pizarrosas (lutitas negras) de carácter micáceo y carbonáceo, así como con estratos de arenisca de 3 a 20 m de espesor. Las calizas son generalmente arenáceas y dentro de las arcillolitas pizarrosas existen niveles ocasionales calcáreos. Las areniscas abundan hacia la parte alta del miembro, son grises, de grano fino a medio, calcáreas y glauconíticas.

2.2.1.3 Miembro Aguardiente

La información reportada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2012) señala que el miembro Aguardiente tiene un espesor variable entre 148 y 275 m. El basamento está constituido por lechos delgados de caliza suprayacidos por niveles detríticos integrados por areniscas cuarzosas -algunas glauconíticas-, de grano fino a grueso, color gris a verde claro y muy duras, con intercalaciones ocasionales de láminas de arcillolitas pizarrosas negras (lutitas).

2.2.2 Geología regional estructural

Los aspectos geoestructurales más significativos en el emplazamiento de Gramalote fueron sintetizados por el SGC en un informe producido para la Federación Nacional de Cafeteros en 2011 (SGC, 2012).

Dentro del marco de la Geología estructural se presenta una descripción de los límites mayores de subcuenca por falla de tipo normal (tendencia NW-SE y NNE-SSW); dirección de transporte estructural general al E-NEE y plegamiento con tendencia central N-S en las secuencias de origen sedimentario; cuerpos coluviales de espesor variable; fallas de tipo lateral Dextral con tendencia NE y generación de zonas extensionales (fallas normales) y compresivas (cabalgamientos); fases deformativas y entre estas se hace referencia a la depositación de secuencias sedimentarias en régimen extensivo, basculamiento de la secuencia, plegamiento gravitacional abierto por despegues externos, fases mayor de basculamiento con desarrollo de plegamiento y los fallamientos de tipo normal y lateral dextral.

Tanto la descripción geológica como geomorfológica del sector de Miraflores que se presenta a continuación, se basa en los estudios del SGC (2012), realizados a escala 1:5.000 (ver Anexo 1, volumen 2).

2.2.3 Geología del sector de Miraflores

2.2.3.1 Aspectos generales

El sector Miraflores se desarrolla sobre laderas de origen estructural (contrapendiente estructural) con pendientes menores de 25° en las unidades de areniscas cuarzosas, en condición de roca ligeramente meteorizada con el desarrollo de un horizonte de suelo residual arenoso y cuyos planos de estratificación muestran una inclinación de 25°. Lateralmente a las áreas de exposición del macizo de areniscas se exponen laderas coluviales conformadas

por depósitos matriz-soportados de cantos y bloques en matriz arenosa de 8 a 15 m de espesor.

2.2.3.2 Geología superficial sector Miraflores

Se denominan Unidades Geológicas Superficiales (UGS) al conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros. La información temática se obtiene a partir del procesamiento de la información geológica básica, la caracterización de las condiciones físicas de los suelos, rocas y materiales de superficie, lo cual proporciona el mapa de UGS (SGC, 2012).

En el estudio de las unidades geológicas superficiales se encuentran estudiadas las unidades de roca dura (RA) tales como rocas duras ígneo-neis (Rdi-h) y las rocas duras de la formación Uribante (Rdu).

En unidades de roca intermedia (Ri) se encuentra la descripción de las rocas intermedias de la formación Uribante (Riu), formación de cogollo (Ric), formación la Luna (Ril) y rocas intermedias de Esquistos (Rie).

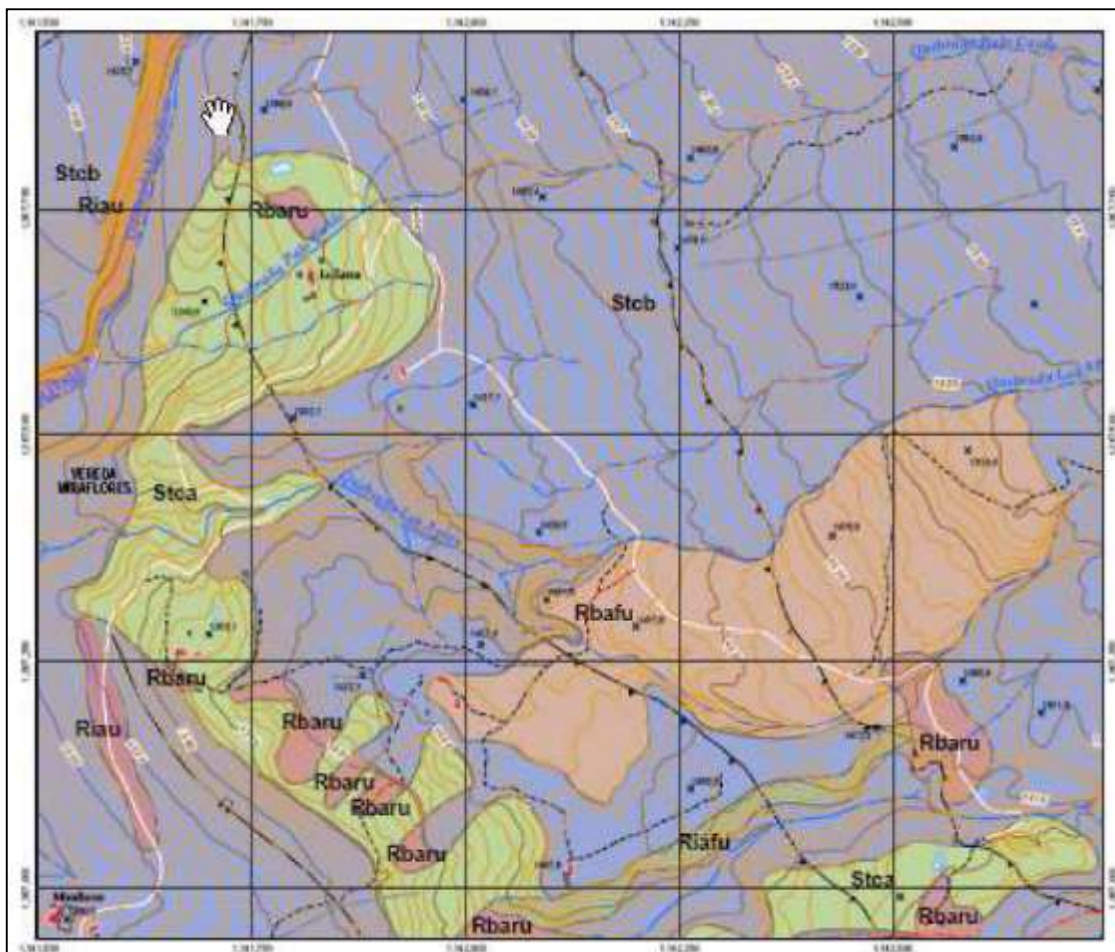
En unidades de roca blanda (Rb) se establece la descripción de las pertenecientes a la formación Cogollo (Rbc).

El estudio geológico también contempló un modelo de incidencia tectónica y la densidad de fracturamiento y clasificación del macizo rocoso.

Dentro de la cartografía temática, corresponde al plano 18. (Geología).

En la figura 6, se observa Mapa de unidades geológicas superficiales del sector Miraflores.

Figura 6. Mapa de unidades geológicas superficiales del sector Miraflores



Fuente: SGC, 2012.

2.2.3.3 Geología estructural del sector Miraflores

Los análisis de geología estructural efectuados por el SGC (2012) en el sector Miraflores revelan la existencia de un pliegue con vector principal compresivo aproximado SW-NE. El mecanismo que ha dado origen a éste está relacionado con estructuras por flexión de falla o de rampa-despegue como resultado del movimiento de un bloque de rocas sobre una superficie de falla no planar, lo cual causa la flexión del bloque de techo y el pliegue en sí mismo. En general, en el sector Miraflores el evento se manifiesta a modo de plegamientos y fallamientos de bajo ángulo.

Siguiendo este modelo geoestructural, las superficies de despegue estarían constituidas por unidades de arcillolitas y lutitas fracturadas con un rumbo general

N10°W/50°SW -con indicios de plegamiento previo a la ruptura de los estratos y posterior cabalgamiento de las unidades suprayacentes (Fotografía 1)-. Por su parte, el fallamiento de bajo ángulo exhibe un buzamiento dominante S-SW, si bien el SGC (2012) advierte que la reconstrucción de los niveles de deformación, los rasgos asociados a pliegues por flexión de falla o de rampa-despegue y la reología de los materiales en la zona de estudio han podido causar variaciones en esta orientación.

En la Figura 7, se presentan los resultados de las tomografías sísmicas realizadas por el SGC (2012), y se aprecia la distribución de las estructuras con la profundidad. El aspecto más relevante es la existencia de arreglos de abanicos imbricados al sur del sector Miraflores.

Las rampas laterales están conformadas por el plegamiento anticlinal y sinclinal, las fallas de rumbo con dextrales con tendencia al NE. Estas estructuras manifiestan desarrollo de sectores con regímenes de tipo extensional (fallas normales) al igual que de tipo compresivo (cabalgamientos) sobreimpuestos a la fase principal de deformación, estableciendo amplias zonas de daño en los macizos rocosos (Fotografía 2). Con arreglo a los levantamientos de campo del SGC (2012), en el sector Miraflores existen tres familias de discontinuidades (N60°E/70°NW, N55°W/40°NE y N45°E/75°SE), que afectan los macizos rocosos aflorantes en la región. Estas discontinuidades, reflejan un marcado plegamiento de la estratificación de las unidades sedimentarias y el desarrollo de fallas de bajo ángulo (cabalgamientos,) que establecen la repetición de las secuencias y la generación de fracturas de tipo *riedel* (antitéticas y sintéticas).

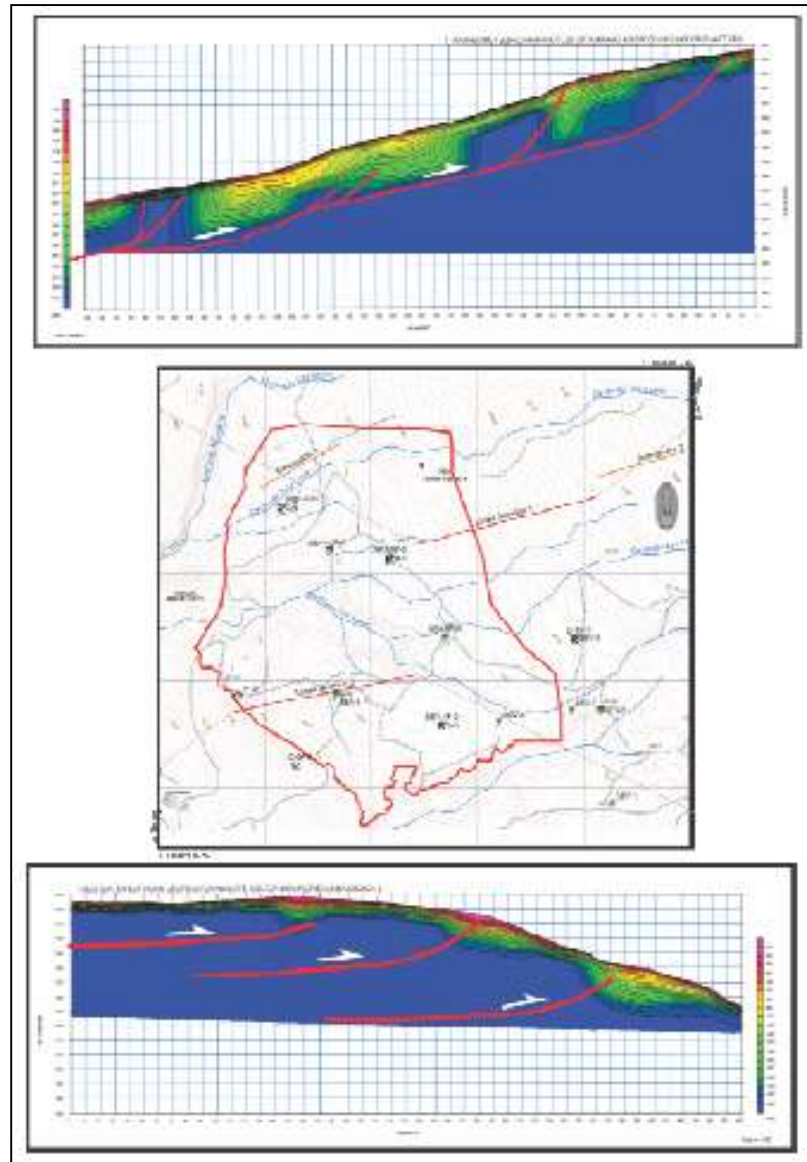
En la fotografía 2, se observa una zona de inestabilidad relacionada con la actividad de fallas de rumbo con cinemática dextral y una tendencia NE, interpretada como rampas laterales sobreimpuesta a la fase principal y compresiva.

Fotografía 1. Estratos de arcillolitas y lutitas donde se identifica un alto grado de deformación, fracturamiento y algunos vestigios de plegamiento, previo a la ruptura de los estratos y posterior cabalgamiento de las unidades sobreyacentes



Fuente: SGC, 2012.

Figura 7. Tomografía sísmica. Parte superior: estructuras por flexión de falla o de rampa-despegue. Parte inferior: arreglos de abanicos imbricados



Fuente: SGC, 2012

Fotografía 2. Zonas de inestabilidad relacionadas con la actividad de fallas



Fuente: SGC, 2012

2.2.4 Geomorfología

Las investigaciones desarrolladas por el SGC a nivel del componente geomorfológico establecieron la descripción de las geoformas de origen morfoestructural-denudacional. Dentro de las geoformas de origen denudacional se encontraron: subhorizontales a poco inclinadas, inclinadas y los movimientos en masa y erosión; así como también, geoformas de origen fluvial.

2.2.4.1 Geomorfología regional

Las laderas de la vertiente oriental de la quebrada La Calderera, afluente del río Peralonso, se enmarcan dentro de un ambiente de laderas de origen estructural sometidas a procesos de denudación por fallamiento, erosión y procesos de remoción en masa, dando lugar un proceso de transformación de sus geoformas originales. Estos procesos denudativos se asocian a cambios en las variables internas del sistema geomorfológico y a las condiciones tectónicas locales asociadas al sistema de fallas las Mercedes. Más recientemente los procesos de transformación de la región se remontan a los siglos XVII y XVIII, alrededor de las actividades agrícolas en la región de Salazar- Gramalote, sin embargo, es durante la segunda mitad del siglo pasado, donde la ocupación del territorio dio lugar a una mayor transformación con la pérdida de la vegetación natural del bosque húmedo pre-montano que caracterizaba la mayor parte de la vertiente oriental de la

cuenca. A partir de esta nueva condición, se genera un cambio en el régimen hidrológico superficial y sub superficial de las laderas, con un incremento notable de la humedad de los suelos, que era regulada por el proceso de evapotranspiración. El cambio de esta variable dio origen a un nuevo ciclo de procesos denudativos, manifestado en los fenómenos generalizados de reptación (creep) que han afectado la mayoría de las unidades de origen estructural que delimitan el valle, con la formación de nuevos flujos de detritos y una tasa de mayores desprendimientos de los escarpes que delimitan la cuenca (SCG, 2013).

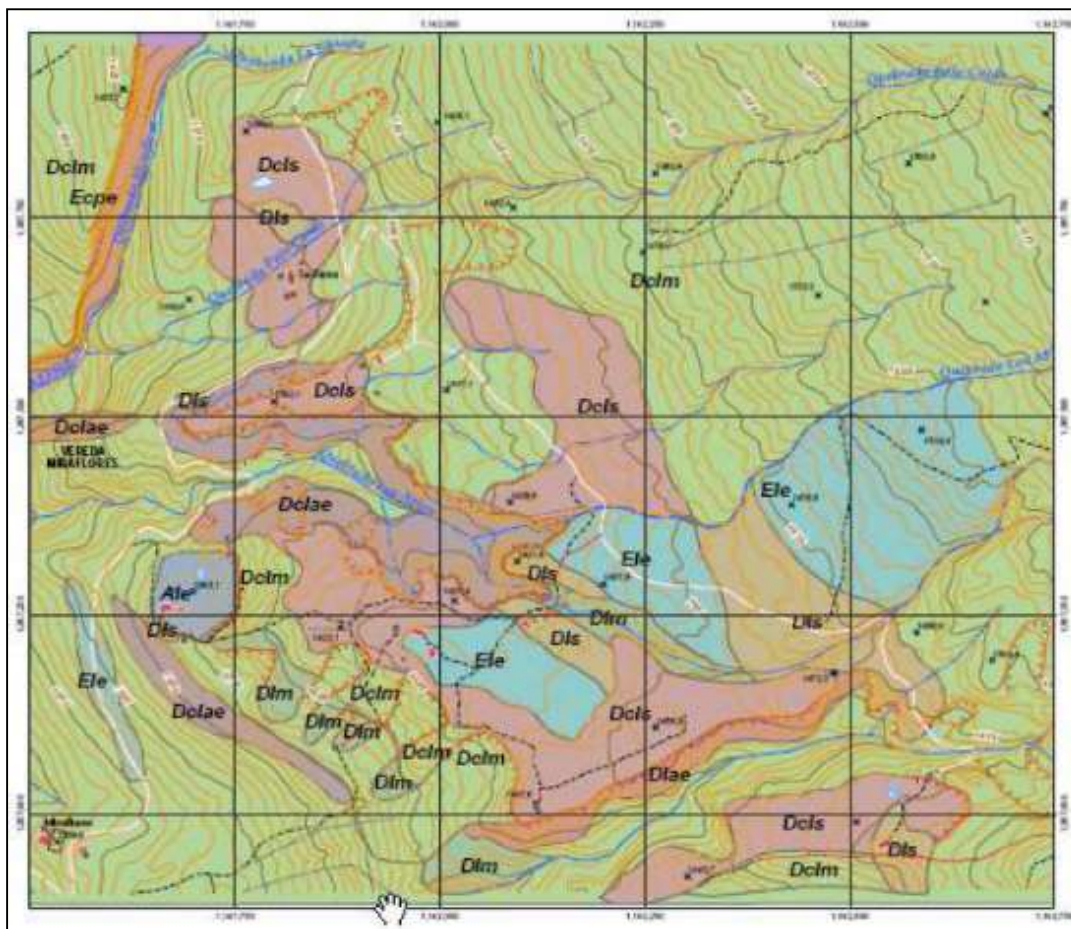
2.2.4.2 Geomorfología sector Miraflores

El emplazamiento del sector de Miraflores corresponde a las laderas occidentales de una zona montañosa con pendientes onduladas y predominantemente moderadas, aunque existen escarpes ocasionados por la dinámica del drenaje local. Los estratos rocosos del miembro Aguardiente ocurren en pendiente estructural dando lugar a laderas estructurales o cuestras con inclinación al occidente. Por cuenta de la condición de pendiente estructural, las laderas suelen estar cubiertas por depósitos coluviales (matriz soportados) de poco espesor. En las zonas de pendiente suave existen afloramientos verticales de roca, situación que puede estar relacionada con la existencia de fallas de cabalgamiento (SGC, 2012).

Se estudiaron elementos de origen estructural-denudativo tales como ladera de contrapendiente (Elcp), ladera estructural o cuesta (Ele). Dentro de las geoformas de origen Denudacional se clasifican siete laderas: Laderas Subhorizontales a ligeramente inclinadas (Dls), Laderas moderadas (Dlm), Laderas muy inclinadas a Escarpadas (Del), Laderas coluviales (Dc), Laderas coluviales de pendiente suave (Dcls), Laderas coluviales de pendiente moderada (Dclm) y los demás coluviales de pendiente muy inclinada a Escarpada (Dcle).

En la Figura 8, se reproduce el mapa geomorfológico elaborado por el SGC (2012). En la cartografía temática para EOT, este mapa corresponde al plano_19 (Geomorfología).

Figura 8. Mapa geomorfológico escala 1:5000 del sector de Miraflores



Fuente: SGC, 2012

2.2.5 Hidrogeología sector Miraflores

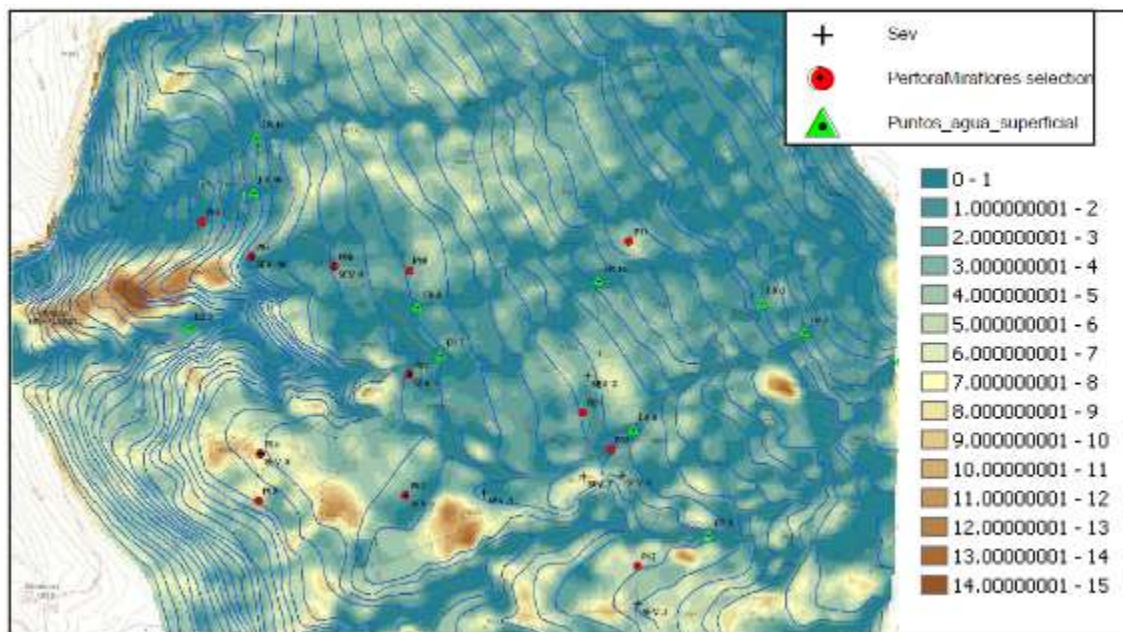
Superficialmente, en este sector de la cuenca se expone una secuencia de areniscas cuarzosas en capas gruesas del miembro Aguardiente (Cretáceo, Formación Uribante, Kmu) que cubre principalmente la ladera estructural al oriente con un perfil de roca parcialmente meteorizada de 10 a 15 m de espesor. En superficie se exponen suelos arenosos producto de la disgregación mecánica de las unidades de areniscas cuarzosas con fragmentos de areniscas muy friables, alcanzando entre 3 y 5 m de espesor. El régimen de agua de las laderas del sector, muestra un comportamiento de infiltración, controlado por la composición arenosa de los suelos superficiales. Las aguas de infiltración son transmitidas como un flujo sub-superficial a través de las unidades de areniscas y se comporta como una zona de recarga de acuíferos superficiales alimentando los drenajes que siguen la orientación de los planos de estratificación.

A partir del balance hídrico estimado, se observa que la pérdida de la cobertura arbórea de la mayor parte de las laderas incrementó la humedad de los suelos y junto con las condiciones hidrogeológicas locales, con una tabla de agua superficial, explican los procesos de reptación y formación de flujos de detritos que afectan en diferentes grados de intensidad la mayor parte de las laderas. A partir de este proceso de saturación y pérdida de resistencia a nivel de la estructura de los suelos se han movilizad los horizontes de roca meteorizada dando lugar a los procesos superficiales descritos en el estudio del SGC (2012).

2.2.5.1 Agua subterránea

- **Nivel freático.** Los estudios realizados por el Servicio Geológico Colombiano, mediante una serie de perforaciones y demás ensayos in-situ, pudo modelar un mapa de isopiezas para el sector de Miraflores, en el cual se observa un área importante del terreno con niveles piezométricos inferiores a 2 metros. La figura 9, muestra el mapa de Isopiezas para el sector Miraflores.

Figura 9. Mapa de Isopiezas sector Miraflores



Fuente: SGC, 2012

De otra parte y debido a que las formaciones rocosas presentes en la zona de estudio constituyen fronteras de recarga de acuíferos, se pudo establecer una

modelación del agua subterránea basada en la observación espacial de los niveles piezométricos detectados por SCG (2013), SGC (2012) y CI AMBIENTAL (2014).

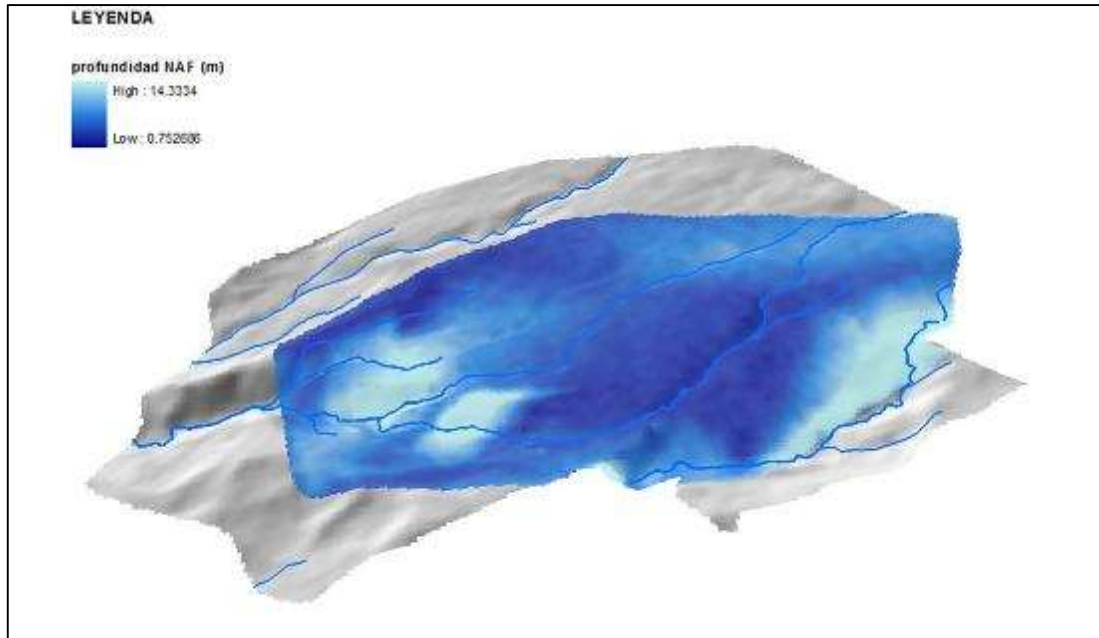
En el cuadro 1, se presentan los datos de niveles freáticos, a partir de los cuales se realizó una interpolación espacial ajustada a vecindades mediante el software Surfer. En la figura 10, se muestra una imagen de la superficie de agua calculada.

Cuadro 1. Medición de los niveles freáticos durante las labores de exploración

No.	ID	ESTE	NORTE	NF PROMEDIO (m)	ELEVACIÓN TOPOGRAFICA (m)	ELEVACION TABLA DE AGUA (m)
1	CI-04	1142470	1367503	2.75	1492.6881	1489.9381
2	CI-05	1142347	1367285	1.46	1451.868	1450.408
3	CI-06	1142146	1367155	4.55	1433.5524	1429.0024
4	CI-07	1142052	1367185	2.38	1426	1423.625
5	CI-02	1142116	1367398	9.15	1426.5279	1417.3779
6	CI-03	1142071	1367553	1.00	1424.2985	1423.2985
7	CI-01	1142106	1367645	0.87	1437.6751	1436.8051
8	SGC1P2	1142519	1367222	1.20	1473.4586	1472.2586
9	SGC1P3	1142167	1367145	1.50	1434.3599	1432.8599
10	SGC1P4	1141918	1367216	6.50	1424.6228	1418.1228
11	SGC1P5	1142174	1367351	4.50	1431.6503	1427.1503
12	SGC1P6	1142045	1367537	7.50	1420.4571	1412.9571
13	SGC1P7	1141903	1367554	0.95	1402	1401.05
14	SGC1P8	1141818	1367613	2.90	1365.7986	1362.8986
15	SGC1P9	1141915	1367136	2.90	1404.7743	1401.8743
16	SGC1P10	1142173	1367530	6.00	1443.7314	1437.7314
17	SGC1P11	1142550	1367580	5.05	1524	1518.95
18	SGC1P12	1142564	1367024	8.00	1469.8846	1461.8846
19	SGC1P13	1143353	1367412	5.90	1470	1464.1
20	SGC1A1	1142594	1367092	1.00	1462.1623	1461.1623
21	SCG1S3-BM	1142226	1367699	1.35	1474.1641	1472.8141
22	SCG1S4-BM	1142054	1367627	1.40	1428.0637	1426.6637
23	SCG1S9-BM	1142394	1367774	2.70	1518.224	1515.524
24	SCG1S10-BM	1142109	1367731	2.95	1450.3592	1447.4092
25	SCG1S11-BM	1142746	1367392	1.22	1529.2382	1528.0182
26	SCG1S12-BM	1142624	1367444	1.83	1519.1318	1517.3018
27	CI-16	1142372	1367304	1.60	1455.324	1453.724
28	CI-18	1142293	1367280	0.50	1445.026	1444.526
29	CI-23	1142186	1367334	16.00	1432.407	1416.407
30	CI-10	1142881	1367254	12.00	1533.83	1521.83
31	CI-09	1141997	1367167	6.00	1428.442	1422.442
32	CI-08	1142190	1367161	3.50	1435.328	1431.828
33	CI-11	1142064	1367497	9.00	1421.854	1412.854

Fuente: CCC - CI Ambiental, 2014

Figura 10. Superficie de aguas freáticas (degradé azul) sobre superficie topográfica actual (gris)



Fuente: CCC - CI Ambiental, 2014

- **Modelo hidrogeológico aplicado a la geotecnia.** Con base en el análisis de los resultados obtenidos de la hidrogeoquímica y los Isótopos estables, el Ingeominas estableció para el sector Miraflores, los siguientes aspectos:

Sector Miraflores

- Existe un nivel freático influenciado por los periodos de lluvia y relacionados estrechamente con los drenajes superficiales que fluyen del Este hacia el Oeste y que alimentan finalmente la quebrada Miraflores. Estos niveles pueden fluctuar entre 1 y 3 metros de profundidad y se presentan especialmente en la unidad de suelo coluvial.
- Existe un segundo nivel freático que se da por recarga del agua en el escarpe Este de la zona de estudio y que fluye de Este a Oeste por la formación Roca blanda de arenisca. Este nivel se evidenció en época de estiaje solo en el pozo 9 y 11. En el pozo 1 que está sobre la misma unidad no se encontró nivel freático debido a que su profundidad fue de 10 m.

2.2.6 Aspectos sísmicos

2.2.6.1 Amenaza sísmica regional

Según la zonificación de amenaza sísmica incluida en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (AIS, 2010), el municipio de Gramalote se ubica en una zona de amenaza alta, asignándole un coeficiente de aceleración máxima (Aa, a nivel de roca) de 0.30 para un periodo de retorno de 475 años. Lo anterior se soporta en la presencia de sistemas de fallas y/o fuentes sismogénicas activas, referenciadas en diferentes estudios neotectónicos, paleosismológicos y de documentación histórica realizados en la zona del nororiente colombiano, además de ratificarse con los registros instrumentales de la Red Sismológica Nacional de Colombia-RSNC del Servicio Geológico Colombiano-SGC (antiguo INGEOMINAS).

En particular, de acuerdo a la actualización del mapa nacional de amenaza sísmica de Colombia (SGC & U.Nal, 2010), la cual fue una de las evaluaciones consideradas para la elaboración del Reglamento NSR-10, se estimó para el municipio de Gramalote una aceleración máxima del terreno (en roca) de 220 cm/seg² correspondiente a un tiempo de exposición de 50 años con una probabilidad de excedencia del 10%, identificando que las fuentes sismogénicas que controlan la amenaza se asocian a sistemas de fallas localizadas sobre la Cordillera Oriental, como se observa en cuadro 2.

Cuadro 2. Fuentes sismogénicas que controlan el nivel de amenaza sísmica en el municipio de Gramalote para Tr = 475 años

CIUDAD	PGA (gales)	FUENTES CONTRIBUYENTES			
		No.	Código	PGA (gales)	Estructuras Asociadas
Gramalote	220	15	cata	180	Tarra_Caño Tomas
		17	cubr	130	Cúcuta_Bramon
		18	chuc	110	Chucarima_Pamplona
		14	buca	60	Bucaramanga
		43	nido	60	Nido de Bucaramanga

Fuente: Alvarado C. et al. en SGC & U.Nal, 2010 en CCC – CI Ambiental, 2014

Debido a que la complejidad geológica, características sismotectónicas y condiciones de amenaza sísmica alrededor del municipio de Gramalote son parecidas a las que se presentan alrededor de la ciudad de Bucaramanga, se utilizarán en los modelos de respuesta sísmica las señales de diseño

seleccionadas compatibles con las características sismogénicas de la Falla Frontal de la Cordillera Oriental y la Falla de Bucaramanga, fuentes que en su orden controlan el nivel de amenaza para la ciudad de Bucaramanga (INGEOMINAS, 2001; Alvarado C. et al., 2002).

La selección de dichos registros o señales “reales” de movimientos fuertes, obedeció a una definición más apropiada del escenario sísmico compatible con la amenaza como función de la magnitud de la fuente y su distancia a la ciudad, para lo cual se siguió el procedimiento planteado por Bommer et al. (2000), la cual considera la amenaza asociada a cada fuente individual para diferentes parámetros de movimiento fuerte, como la aceleración máxima (A_m) y velocidad máxima (V_m) del terreno, duración de movimiento fuerte (D_u), intensidad de Arias (I_A) y aceleración espectral para diferentes periodos ($A_s[T]$). De esta forma, se buscaron acelerogramas en bases de datos de registros reales, obtenidos en roca.

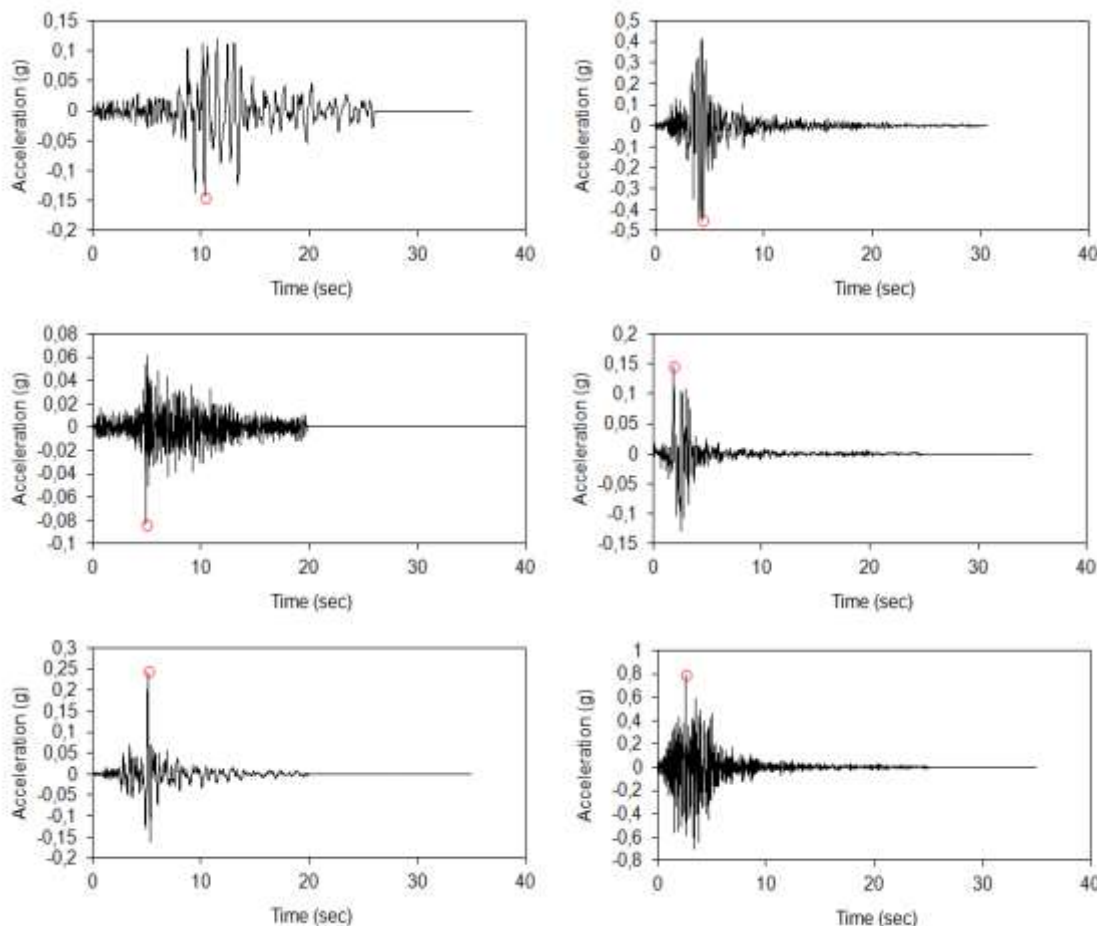
Así, para la presente evaluación, se utilizaron seis (6) señales de los bancos de acelerogramas reportados en Martínez-Pereira (1999) y Ambraseys et al. (2000), las cuales se escalaron a 0,18g de acuerdo con la evaluación regional. Tales señales junto con sus características más relevantes se presentan en el cuadro 3 y figura 11. Cabe anotar que el escalamiento de tales acelerogramas en amplitud resulta adecuado bajo estas circunstancias, comoquiera que los registros son compatibles con el contenido frecuencial, duración y energía evaluados para tal escenario (Alvarado C. et al., 2002).

Cuadro 3. Señales utilizadas compatibles con el escenario de amenaza sísmica

Fecha	Hora	Nombre Sismo	Mw	h Km	Estación	De Km	A_m g	V_m cm/s	D_u s	I_A m/s	$A_s(0.1)$ g	$A_s(0.5)$ g	$A_s(1.0)$ g
1935/10/31	18:37:49	Helena	6.0 (Ms)	16	Carr. Coll.	8	0.142	6.8	1.8	0.075	0.42	0.37	0.29
1976/09/15	15:09:19	Friuli	6.0	12	Robic	39	0.086	2.7	0.2	0.043	0.49	0.14	0.04
1980/05/27	14:50:57	Mammoth Lakes	6.0	14	Long Val.D.	14	0.178	18.4	3.7	0.205	0.38	0.53	0.15
1997/09/26	09:40:30	Umbria Marche	6.0	6	Nocera Umbra	13	0.79	21.2	7.5	0.31	0.26	0.17	0.03
1989/10/18	00:04:02	Loma Prieta	6.9	11	Gilroy 1	60	0.452	35.2	9.7	1.644	0.33	0.40	0.10
1992/04/25	18:06:04	Petrolia C.Mendo cino	7.1	15	Butler Val. 2	60	0.152	13.2	8.3	0.352	0.16	0.45	0.26

Fuente: CCC – CI Ambiental, 2014

Figura 11. Acelerogramas o señales de diseño utilizadas en los modelos de respuesta sísmica local



Fuente: CCC - CI Ambiental, 2014.

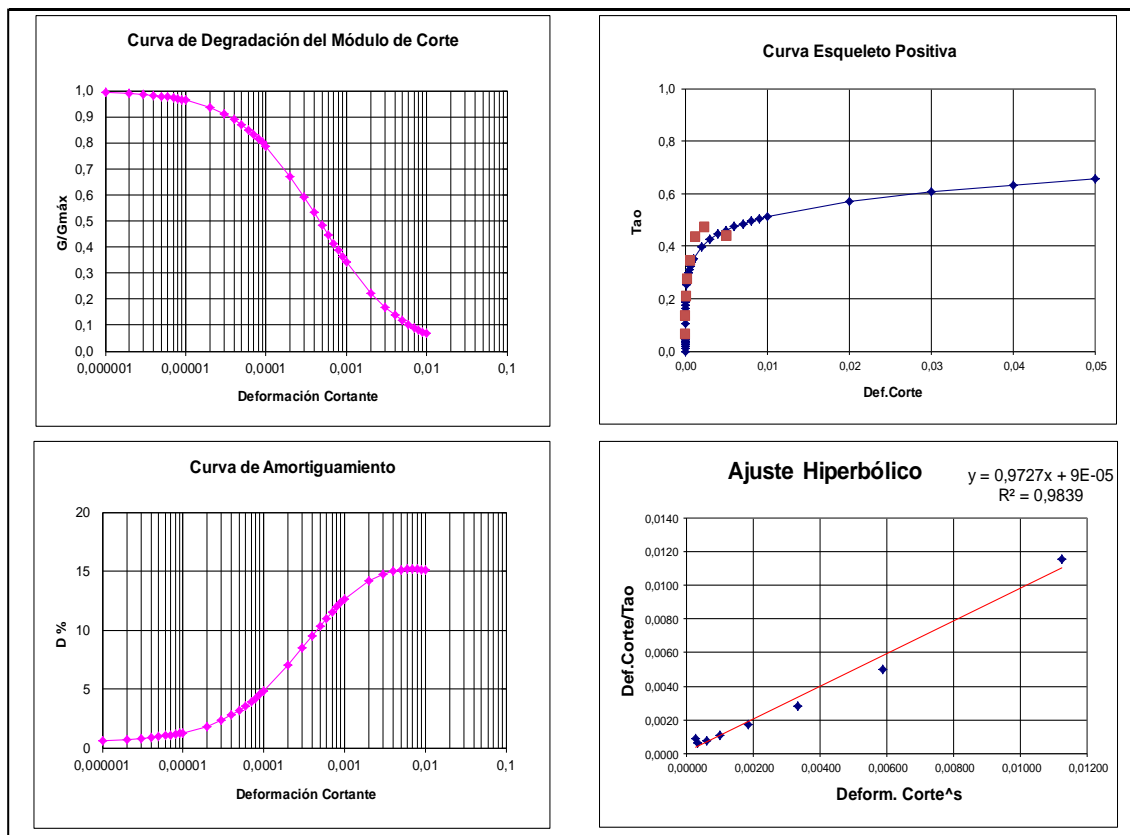
De izquierda a derecha y de arriba abajo se presentan los acelerogramas de los sismos de Petrolia, Loma Prieta, Friuli, Helena, Mammoth y Umbria.

2.2.6.2 Caracterización dinámica de los materiales

A partir de los triaxiales cíclicos realizados por CCC - CI Ambiental (2014) sobre los materiales identificados en las labores de exploración del subsuelo, se construyeron las curvas de comportamiento esfuerzo-deformación (curva esqueleto), la curva de degradación del módulo de corte y la relación de amortiguamiento, asumiendo un comportamiento no lineal equivalente, mediante la utilización del modelo hiperbólico.

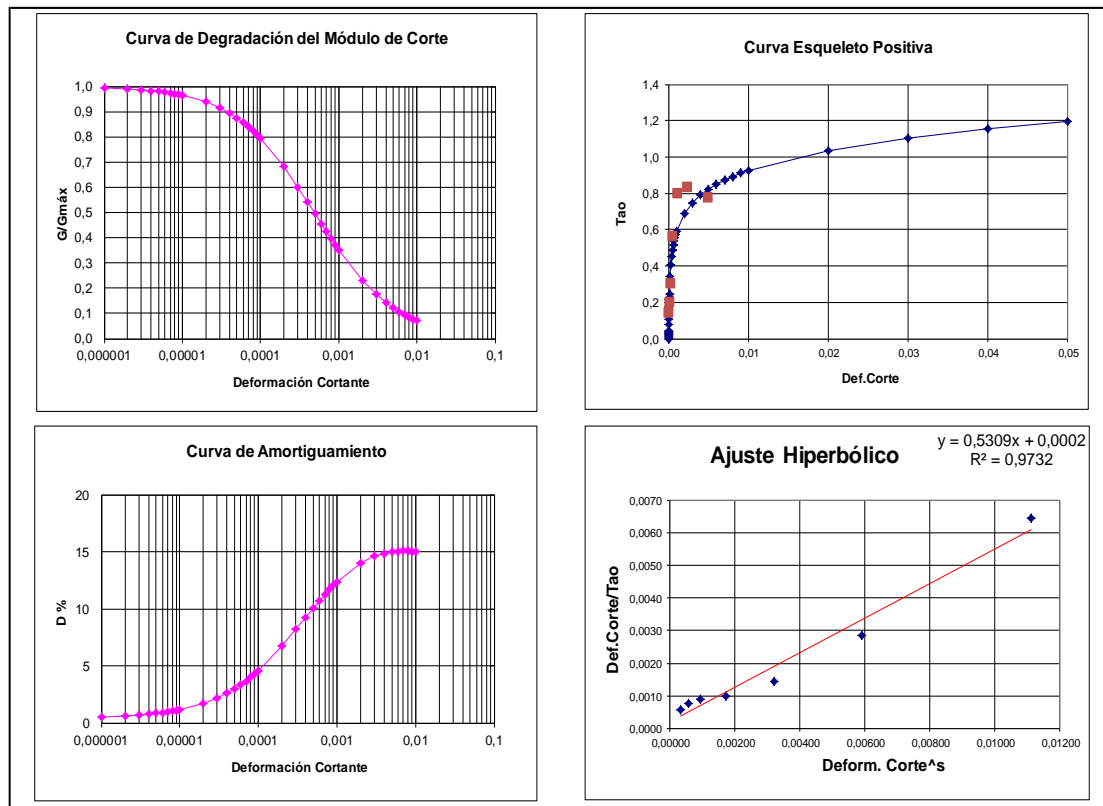
De esta forma, en la figura 12 se presentan las curvas de comportamiento para el depósito coluvial arcillo-arenoso de color gris y estructura matriz soportada, que corresponde en el modelo geológico-geotécnico (CCC - CI. Ambiental, 2014). Igualmente, la figura 13 muestra las curvas de comportamiento para el depósito areno-arcilloso de color gris, producto de la meteorización de la arenisca, que corresponde en el modelo geológico-geotécnico al material AM. (CCC - CI. Ambiental, 2014).

Figura 12. Curvas de comportamiento dinámico del material AC, generadas a partir del ensayo triaxial cíclico sobre la muestra PC9-M2, profundidad 4.10 - 4.50 m



Fuente: CCC - CI Ambiental, 2014

Figura 13. Curvas de comportamiento dinámico del material AM, generadas a partir del ensayo triaxial cíclico sobre la muestra PC2-M7, profundidad 11.60 - 12.00 m



Fuente: CCC - CI Ambiental, 2014

2.2.6.3 Perfil típico y características promedio

Con base en los registros estratigráficos levantados en los sitios de perforación, los ensayos de laboratorio ejecutados y los resultados de las líneas de refracción sísmica y de los ensayos down hole realizados, se plantea en el cuadro 4 el perfil promedio del subsuelo en el sector de Miraflores, sobre el cual se estimará la respuesta sísmica local del suelo mediante un modelo unidimensional (Mod1D) de propagación de ondas sísmicas.

Cuadro 4. Perfil simplificado para la modelación unidimensional de la respuesta sísmica del suelo en el sector de Miraflores

Material	Descripción	Espesor (m)	Prof. final (m)	Gmax (t/m ²)	Peso Unit (t/m ³)	Vs (m/s)	Curva G/Gmax	Curva %D
AC	Depósito coluvial areno arcilloso	9,0	9,0	18349	2,00	300	Hiperb_MNLE4m	
AM	Arena arcillosa con algo de clastos	15,0	24,0	73472	2,18	575	Hiperb_MNLE12m	
ARM	Areniscas friables fracturadas	30,0	54,0	317374	2,46	1125	Rock (Idriss)	
RC	Intercalaciones de Areniscas y lutitas			1238532	2,40	2250	Rock (Idriss)	

Fuente: CCC – CI Ambiental, 2014

A partir de las características y espesores de los materiales del perfil típico que se presenta en el cuadro 4, se calculó una velocidad promedio de ondas de corte a una profundidad de 30 metros (Vs30) de 490 m/seg, clasificándolo como un perfil tipo C de acuerdo al Reglamento NSR-10.

2.2.6.4 Análisis de respuesta sísmica local

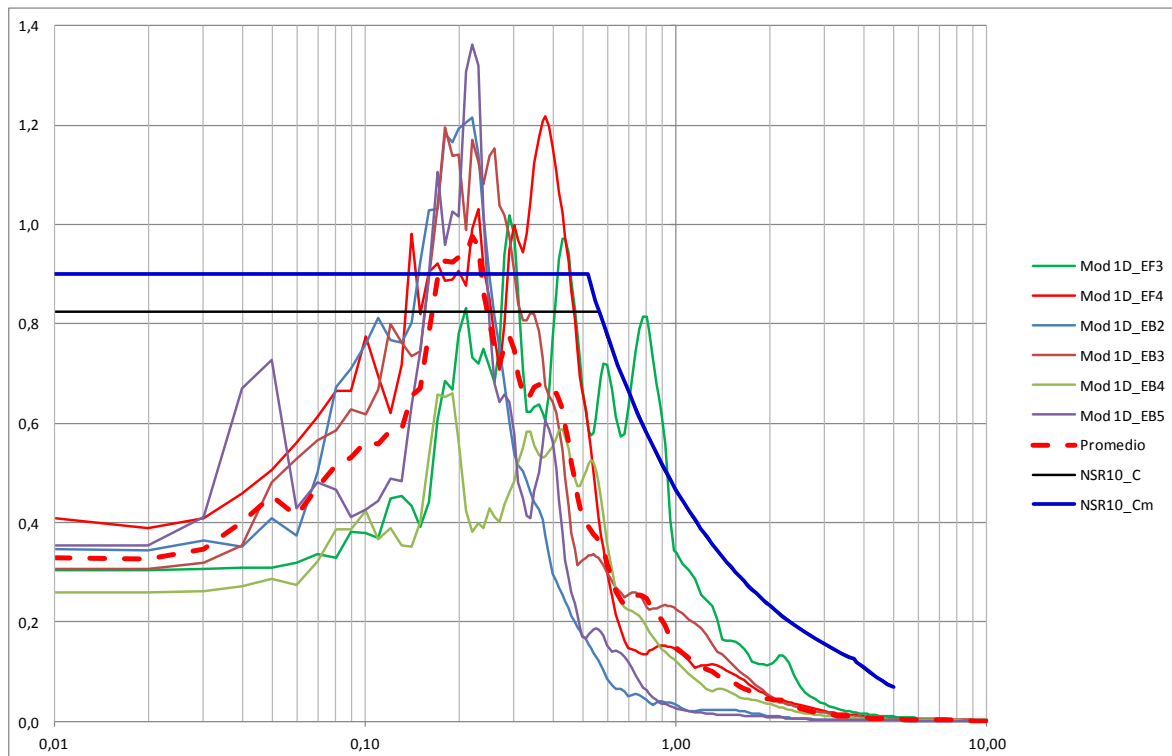
Utilizando un modelo de propagación unidimensional de ondas mediante el programa EERA, sobre el perfil típico presentado en el cuadro 4, se evaluaron los espectros de respuesta en superficie para cada una de las señales seleccionadas compatibles con el escenario sismotectónico regional, previamente escaladas a 0.18g como se mencionó anteriormente. Tales espectros se presentan en la Figura 14, acompañados de su respectivo espectro de respuesta promedio (línea roja), con base en el cual se construyó el espectro de diseño a nivel del terreno para el sector de Miraflores (línea azul), que al compararlo con el establecido por el Reglamento NSR-10 (línea negra), se observa una igual tendencia para periodos largos pero niveles levemente más altos para periodos cortos.

La línea azul en la Figura 14, se constituye en la curva de diseño estructural sismo resistente, establecida para el sector de Miraflores y correspondiendo a un periodo de retorno de 475 años, el cual se construye a partir de unos coeficientes y de una formulación matemática armónica con la establecida por el Reglamento NSR-10. Así, los coeficientes o parámetros espectrales son los siguientes:

Período inicial To (s)	0.108
Período corto Tc (s)	0.517
Período largo Tl (s)	3.720
Coeficiente Aa	0.30
Coeficiente Av	0.25
Factor de amplificación Fa	1.20
Factor de amplificación Fv	1.55

Aceleración Esp. Máx. Sa (g) 0.90
Aceleración Máx, Am (g) 0.36

Figura 14. Respuesta espectral y curva de diseño a nivel del terreno para el sector de Miraflores, municipio de Gramalote, correspondientes a un periodo de retorno de 475 años



Fuente: CCC - CI Ambiental, 2014

2.2.7 Climatología

Respecto a la climatología del nuevo casco urbano, se presentan los aspectos de temperatura, precipitación, evapotranspiración potencial (EP) índice de aridez.

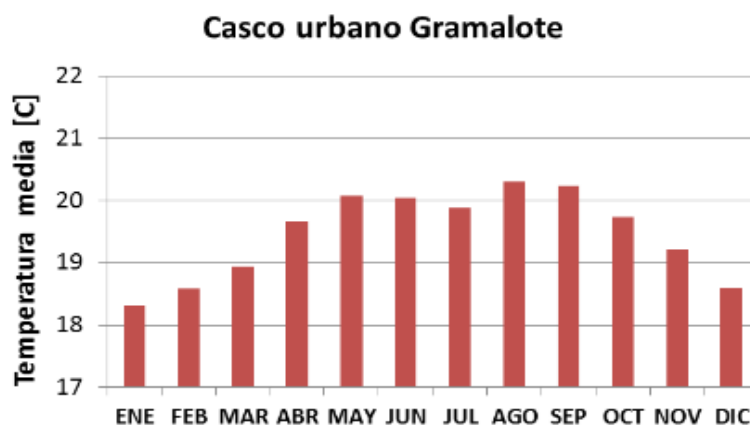
2.2.7.1 Temperatura

No existen registros de temperatura en el área de estudio, ni en el antiguo casco urbano de Gramalote ni en su nueva ubicación (Lote Miraflores), por lo tanto se interpolaron los datos de temperatura tomados de estaciones ubicadas en la región, haciendo consideraciones de localización geográfica y elevación.

Antes de generar una superficie interpolada de temperatura según la posición geográfica, es necesario remover la tendencia de los datos según el gradiente altitudinal. Se identificaron los coeficientes de la relación lineal Temperatura – Elevación para cada mes y para cada una de las estaciones, y con esta relación, se hallaron las temperaturas correspondientes de cada estación a elevación cero metros ($T_{z=0}$). Se interpolaron las temperaturas a nivel cero, usando una función Spline regularizada con 5 puntos cercanos para hallar la temperatura a nivel cero del área prevista para el nuevo casco urbano municipal (Miraflores) y finalmente se proyectó la temperatura a nivel cero de cada mes de acuerdo con la elevación media del casco urbano de Gramalote 1.450 msnm.

Los resultados de la temperatura media mensual estimada para Gramalote se presentan en la Figura 15.

Figura 15. Temperatura media mensual Casco Urbano de Gramalote



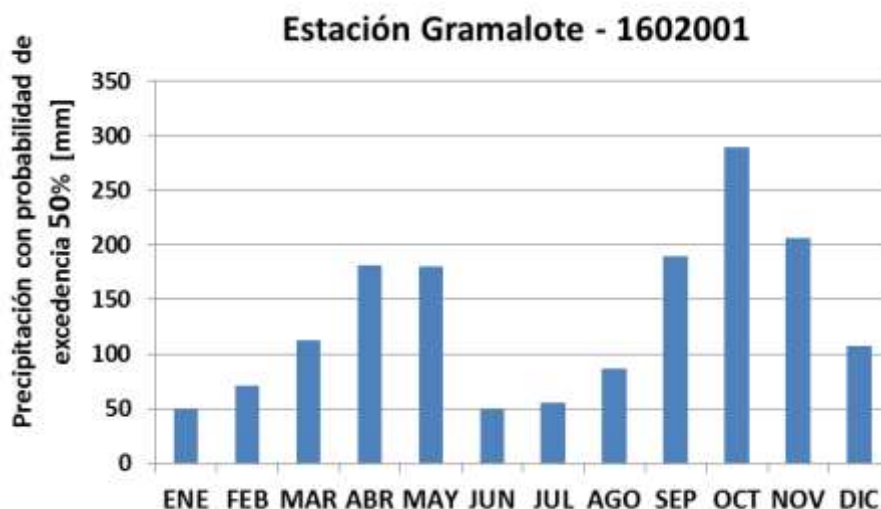
Como se observa, los meses más fríos corresponden a Diciembre y Enero con temperaturas medias de 18.6 y 18.3 grados Celsius, respectivamente. Los meses más calurosos corresponden a agosto y septiembre con temperaturas de alrededor de 20.3 °C. La temperatura media anual es de 19.5 °C

2.2.7.2 Precipitación

La figura 16, presenta las precipitaciones mensuales medianas para la estación pluviométrica Gramalote, Identificada con código IDEAM 1602001 ubicada en Latitud 07°54' N – Longitud 72°48' W, las cuales indican una precipitación media anual de 1.577,3 [mm], en un sistema bimodal típico de estas latitudes controlado

por la posición de la Zona de Confluencia Intertropical, siendo los meses más lluviosos abril/mayo y octubre/noviembre, con una mayor precipitación en el período octubre/noviembre.

Figura 16. Precipitación mensual mediana observada. Estación climatológica Gramalote, Código IDEAM 1602001



La precipitación promedio es de 1.758,3 mm/año y la mediana de 1.577,3 mm/año, registrando máximas de 2.398 mm/año y mínimas de 1.107 mm/año

2.2.7.3 Evapotranspiración Potencial ETP

La evapotranspiración potencial ETP corresponde al máximo valor del efecto combinado de la evaporación de agua desde el suelo más la transpiración desde la vegetación. A falta de mediciones en el sitio del nuevo casco urbano (Miraflores) se estimaron valores de la evapotranspiración potencial mensual siguiendo la metodología de Thornthwaite (1948) la cual considera la temperatura promedio, la duración promedio del día, el número de días en el mes y el Índice Calorífico Anual (I).

En un estudio realizado por Carrillo (2012), se compararon diferentes modelos de ETP a nivel regional con observaciones en la estación Aeropuerto Camilo Daza y se encontró que el modelo de Thornthwaite reproducía adecuadamente la amplitud del ciclo mensual de ETP, pero subestima el valor absoluto de la ETP. En dicho estudio se encontró un coeficiente de corrección de 1.22 para los valores de ETP según Thornthwaite, logrando una excelente concordancia entre el balance

hídrico climatológico y los caudales registrados en la estación de cierre de la Cuenca del Río Pamplonita (Estación Aguas Claras del IDEAM), por lo que se decidió implementar el mismo coeficiente de corrección en este estudio. La Tabla 2 presenta las variables de entrada y resultados en el cálculo de la ETP.

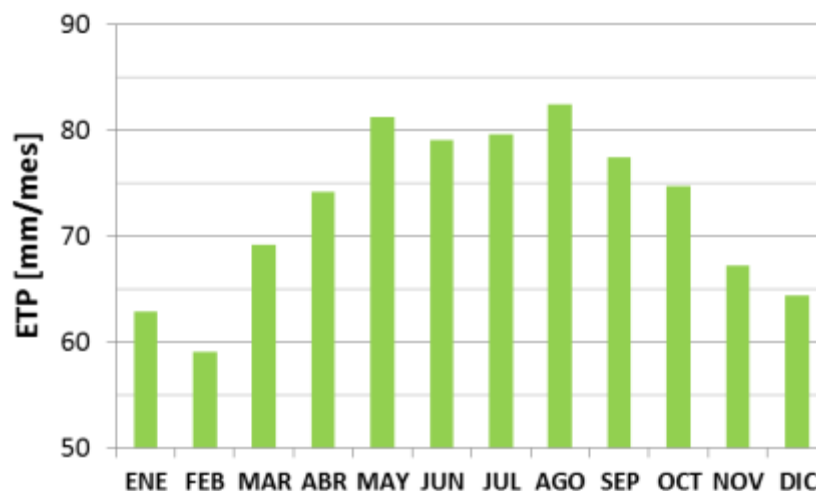
Tabla 2. Cálculos de la Evapotranspiración Potencial para el casco urbano de Gramalote

Variable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T [C]	18.3	18.6	18.9	19.7	20.1	20.0	19.9	20.3	20.2	19.7	19.2	18.6
L [h]	11.6	11.7	11.9	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12	11.8	11.6	11.5
N [día]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
ETP_Thorn [mm/mes]	63.0	59.1	69.2	74.2	81.3	79.1	79.7	82.5	77.5	74.8	67.3	64.4
ETP_corregida* [mm/mes]	76.8	72.1	84.4	90.5	99.1	96.5	97.2	100.7	94.5	91.2	82.1	78.6

(*) Factor de corrección regional de 1.22 sugerido por Carrillo Soto (2012)

La Figura 17, muestra la tasa de evapotranspiración potencial mensual para el casco urbano de Gramalote, la cual sigue el comportamiento general de la temperatura. Dichos valores mensuales producen una ETP anual de 1.064 mm/año.

Figura 17. Tasa de evapotranspiración potencial mensual en el casco urbano de Gramalote



2.2.7.4 Índice de Aridez, Ø

El Índice de Aridez es un parámetro adimensional que proporciona información de referencia sobre cuán seco o húmedo es el clima en una determinada región a escala anual, lo cual resulta también en una indicación inicial para cuantificar el recurso hídrico. Existen diferentes formulaciones según diferentes autores, siendo una de las ecuaciones más conocidas a nivel mundial la de Budyko:

Índice de Aridez de Budyko, Ø = ETP / P

ETP: Evapotranspiración Potencial media multianual

P: Precipitación media multianual

Para la zona del casco urbano de Gramalote se tiene entonces un Índice de Aridez de 0.61, lo cual corresponde a un clima húmedo, pues la demanda atmosférica de agua es solo el 60% de la precipitación.

$$\varnothing = \frac{1064}{1758} = 0.61 [-]$$

2.2.8 Hidrología

Por la distribución del relieve, las corrientes fluviales del departamento de Norte de Santander pertenecen a tres cuencas hidrográficas: por el occidente, la del Magdalena, por el norte, la del Catatumbo y por el sureste la del Orinoco. Dentro de los principales ríos que riegan sus tierras se encuentran: Margua, Borra, Catatumbo, Cucutilla, Chitagá, Guaramito, Nuevo Presidente, Oirá, Oro, Pamplonita, Peralonso, San Miguel, Sardinata, Táchira, Tarra, Tibú, Valegrá y Zulía.

De forma particular el municipio de Gramalote se sitúa sobre dos cuencas importantes, la del Río Peralonso y el Río Sardinata. La subcuenca la Calderera, que drena sus aguas al Río Peralonso abarca el 60% del territorio municipal correspondiente a un 77% de la población (EOT Gramalote, 2002). De otra parte, la subcuenca Riecito drena sus aguas al río Sardinata. Las subcuencas, antes mencionadas reciben aportes de múltiples microcuencas codificadas por Corponor, tal como aparece en la Cuadro 5.

Cuadro 5. Codificación cuencas hidrográficas de Gramalote (Adaptado de Agenda Ambiental del Municipio de Gramalote 2007 – 2016)

CUENCAS HIDROGRÁFICAS		
CUENCA	SUB CUENCA	MICROCUENCA
K.6.9. Peralonso	K.6.9.1 Calderera**	K.6.9.1.1 Aguas Blancas
		K.6.9.1.2 Volcana
		K.6.9.1.3 La Mona*
		K.6.9.1.4 Zarzales*
		K.6.9.1.5 la Colorada
		K.6.9.1.7 La Platanala*
		K.6.9.1.9 La Laja*
		K.6.9.1.11 *
		K.6.9.1.13 La Mararaya*
		K.9.0.59 Cardenas
		K.9.0.55 La Pajulla
K.4 Sardinata	K.4.0.2Riecito	K.4.0.2.20 El Indio
		K.4.0.2.20.1 La Pailona

La zona de estudio pertenece a la subcuenca del río Peralonso la que a su vez descarga sus afluentes sobre el Río Zulia. (Véase la Figura 18).

Figura 18. Cuencas hidrográficas de Segundo Orden – Departamento Norte de Santander

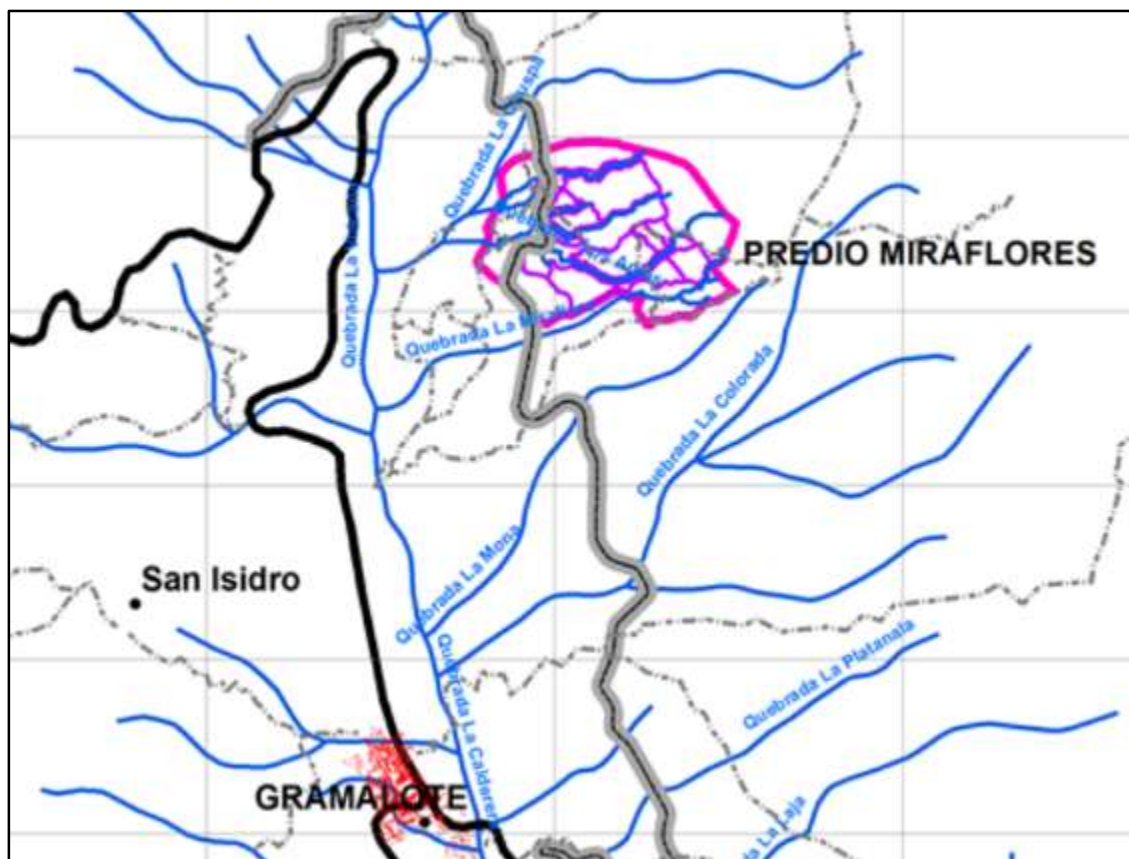


Fuente: (CORPONOR – 2009)

2.2.8.1 Quebradas existentes en el área del nuevo suelo urbano

El área donde se prevé ubicar la nueva área urbana municipal del municipio de Gramalote (sector de la vereda Miraflores), se encuentra intersectada por varias quebradas como se aprecia en la figura 19.

Figura 19. Quebradas en la zona del proyecto



Fuente: Consorcio Diseños Miraflores, 2013

De los distintos ramales creados por los procesos erosivos en los suelos arenosos que caracterizan el área, se distinguen como quebradas perennes, recorriendo el terreno de norte a sur, las denominadas Quebrada La Zarza, Quebrada Cristalina, Quebrada Trinidad y Quebrada Los Apios. Al sur del terreno a urbanizar se encuentra la quebrada Miraflores (Ver plano 6 –Hidrológico y de Cuencas– Proyecto de Acuerdo), todas las cuales fluyen en dirección suroeste, drenando sus aguas a la Quebrada La Volcana, que subsecuentemente drena a la Quebrada La Calderera. Una caracterización específica del comportamiento hidráulico de estos cuerpos se encuentra en los resultados de la simulación hidráulica dentro del numeral 2.2.12.1 (Caudales de diseño en las quebradas - Metodología) de este documento.

2.2.8.2 Pendientes

Las cuatro quebradas principales existentes dentro del área presentan altas pendientes, entre el 16% y el 21% según se muestra en la Tabla 3. Dichas pendientes y un área de drenaje baja por quebrada sugieren una baja a moderada condición de amenaza por desbordamiento, situación que se cuantifica en la simulación hidráulica de cada quebrada que se presenta en los resultados de la simulación hidráulica dentro del numeral 2.2.12.1 (Caudales de diseño en las quebradas - Metodología) de este documento.

Tabla 3. Pendiente media de las quebradas en el Lote Miraflores

Quebrada	Cota inicial	Cota Final	Longitud [m]	Pendiente [%]
Los Apios	1597	1387	1308	16%
Trinidad	1572	1350	1158	19%
Cristalina	1554	1338	1263	17%
La Zarza	1548	1344	976	21%

De otra parte, la conformación granular de los suelos existentes en el área, unida a estas altas pendientes, sugieren situaciones de altas tasas de erosión que deberán ser tenidas en cuenta, de forma especial, por los diseñadores de cualquier obra civil que interactúe con los cauces de las quebradas (por ejemplo puentes y pontones), así como en el planteamiento de descargas del alcantarillado pluvial.

También se han tenido en cuenta las curvas granulométricas del suelo superficial de las diferentes quebradas, información que permite clasificar el suelo y sirve de insumo en la simulación hidráulica de procesos erosivos en las quebradas.

2.2.8.3 Curvas Intensidad, Duración, Frecuencia IDF

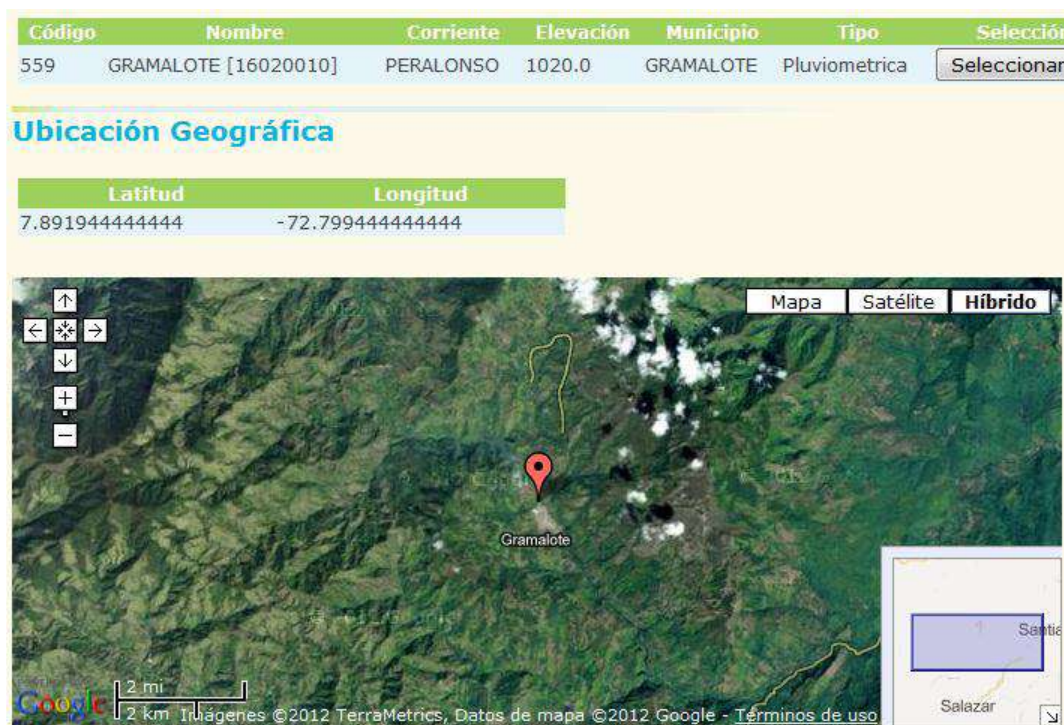
Las curvas IDF son una representación gráfica o matemática de un modelo que relaciona la intensidad de la precipitación con la duración del evento de lluvia y la frecuencia (periodo de retorno) asociado con dicho evento.

Este modelo de los eventos de precipitación es un insumo fundamental en la evaluación de los caudales generados por la lluvia, los cuales son necesarios tanto en la evaluación de las condiciones críticas esperadas en las quebradas

dentro del lote a urbanizar, así como de los caudales que debe manejar el sistema de evacuación de aguas lluvias (alcantarillado pluvial)

Existen diferentes metodologías para la obtención del modelo matemático de la curva IDF según el registro histórico de datos meteorológicos. La obtención de la curva IDF se realizó a partir de los datos observados en la estación meteorológica Gramalote, manejada por el IDEAM e identificada con código 16020010. La estación se ubica en Latitud 07°53' N – Longitud 72°47' W a una elevación de 1020 msnm. (Véase la figura 20).

Figura 20. Ubicación estación Gramalote – 16020010 – IDEAM



De la estación Gramalote se obtuvieron los registros mensuales de lluvias máximas en 24 horas, para un periodo de 53 años iniciando en el año 1958. Luego de verificar la serie por datos dudosos, se ajustaron tres diferentes funciones de densidad de probabilidad: Normal, Gumbel y Log-Pearson Tipo III. De acuerdo con la prueba de bondad de ajuste se determinó que los datos se ajustan de una mejor manera a la distribución Gumbel.

Utilizando la distribución Gumbel, se obtuvieron las lluvias máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno y, finalmente, se modelaron intensidades máximas para diferentes periodos de retorno y duraciones del evento siguiendo la metodología de Bell.

La metodología propuesta por Bell se utiliza en cuencas con escasa información meteorológica, o sin registros de pluviógrafo. Las precipitaciones se calculan con la siguiente ecuación,

$$P_{t,T} = P_{10,60} * (0,54 * t^{0,25} - 0,50) * (0,21 * \ln T + 0,52)$$

Para T entre 2 y 100 años y t entre 5 y 120 minutos, donde, $P_{t,T}$ es la profundidad de precipitación para una duración de t minutos y un período de retorno de T años.

Las intensidades se calculan con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{CR}{(t + b)^n}$$

Donde

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

CR: es un coeficiente que se deduce de la ecuación anterior y se halla, para cada período de retorno, de las lluvias máximas en una hora, dado que se puede conocer la intensidad en tal duración, como el resultado de dividir la lluvia respectiva, en mm, por el tiempo, en una hora.

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

b: es una constante, que para estudios en Colombia, según referencias bibliográficas, se ha definido igual a 10, en minutos.

n: es una constante, que para estudios en Colombia, según referencias bibliográficas, se ha definido igual a 0.51, valor adimensional.

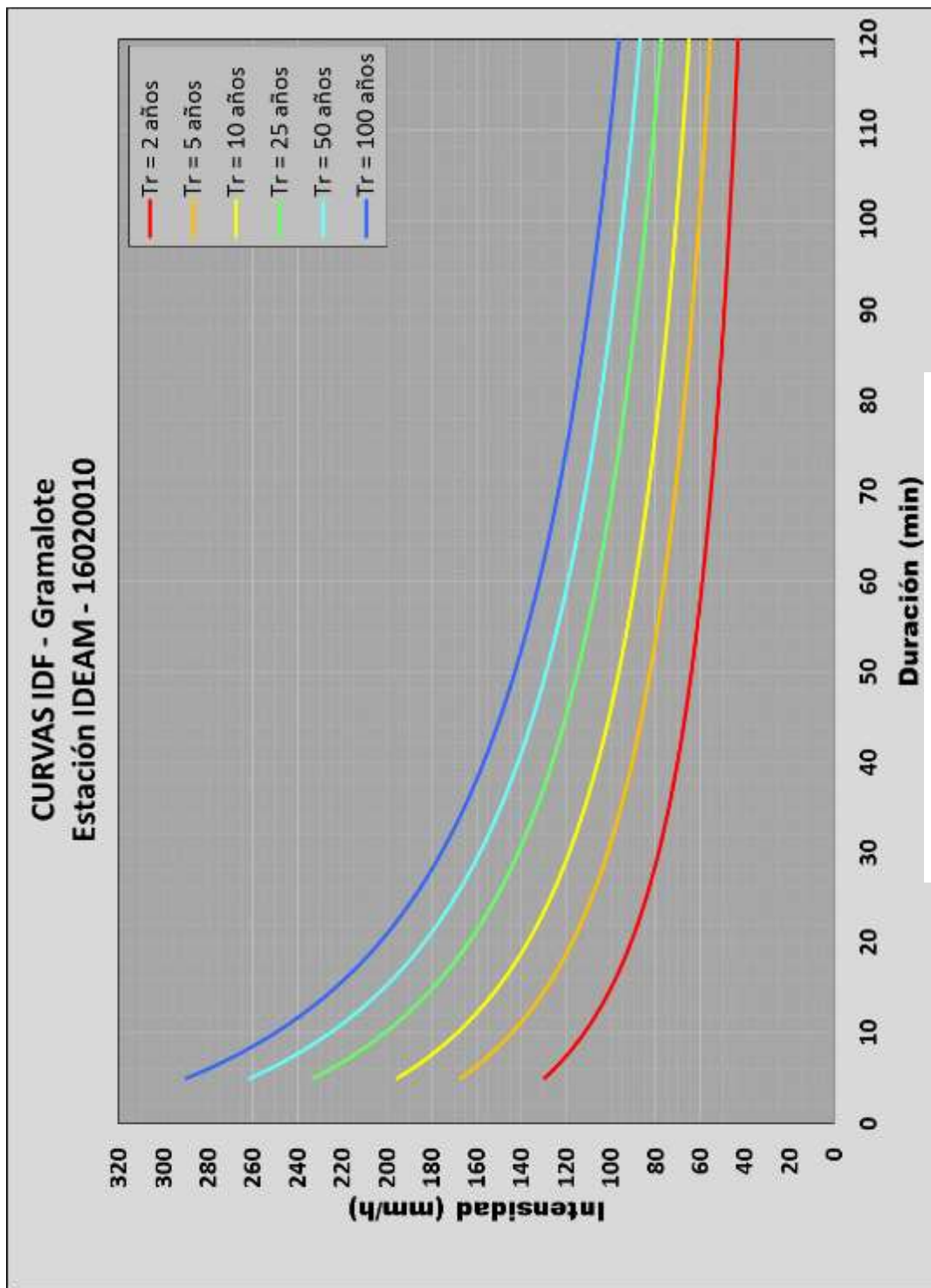
$P_{10,24h} = 127,44\text{mm}$ (Precipitación máxima con duración de 24 horas y periodo de retorno de 10 años para la estación 16020010 GRAMALOTE)

Siguiendo el procedimiento descrito se obtuvieron los resultados de las curvas IDF para Gramalote, los cuales se sintetizan en la Tabla 4 y Figura 21 que se muestran a continuación.

Tabla 4. Intensidades de precipitación máxima para Gramalote, en función de la duración del evento de lluvia y su periodo de retorno

Tr (años)	Intensidad (mm/hora)						
	Duracion (min)						
	5	10	20	45	60	80	120
2	130	112	91	67	59	52	43
5	167	144	117	86	76	67	56
10	196	169	137	101	89	78	65
25	233	201	164	120	106	93	77
50	261	226	184	135	119	105	87
100	290	250	203	149	132	116	96

Figura 21. Curvas IDF – Gramalote



2.2.9 Vegetación

En los Andes colombianos el piso bioclimático subandino se distribuye, de manera general, entre los 1.050 y 2.400 msnm para las tres cadenas montañosas principales. Sin embargo estos rangos varían de acuerdo con la vertiente y la cordillera. Para la cordillera Oriental, en la vertiente occidental varía entre 1.050-2.400 msnm y entre 1.100-2.300 msnm para la vertiente oriental. Con excepción de algunos sectores donde la cantidad de precipitación es decididamente inferior, como las cercanías a la ciudad de Cúcuta y el cañón del río Chicamocha (Santander) (Rudas *et al.*, 2007).

El rango ecosistémico altitudinal subandino presenta climas húmedos, muy húmedos y pluviales, que en condiciones de no intervención favorecen el establecimiento de coberturas boscosas densas y de porte alto, constituye una transición entre el trópico propiamente dicho y los ambientes de alta montaña, razón por la cual comparte una buena proporción de sus especies con ambas formaciones vegetales. El dosel del bosque puede alcanzar alturas de hasta 35 metros, y en ellos es común la presencia de palmas y especies de las familias Lauraceae y Sapotaceae; así como variadas epífitas, orquídeas y helechos arbóreos (Rudas *et al.*, 2007).

La Vereda Miraflores se ubica en un rango altitudinal entre los 1450 y los 1900 m; hace parte del rango ecosistémico altitudinal subandino. Sin embargo, debido a la intervención antrópica presenta coberturas vegetales asociadas a bosque de tierra firme y bosque ripario (ambos fragmentados) y el área se encuentra dominada por coberturas de vegetación secundaria alta y baja, así como sistemas agroforestales.

A continuación, se describirá las formaciones vegetales identificadas tanto en las fuentes de información secundaria como en campo para el área de estudio, Predio Miraflores.

2.2.9.1 Metodología - Fotointerpretación de coberturas

Para realizar la caracterización de la vegetación de la zona se partió de la interpretación de fotografías aéreas, posteriormente se elaboró un mapa de coberturas preliminar, el cual fue posteriormente complementado y ajustado con los datos obtenidos en el trabajo de campo, para finalmente ser representado cartográficamente a la escala requerida para el análisis.

Para la interpretación y digitalización, fue usado el programa ArcGIS 9, con formatos de manejo de las coberturas en shapefile (.shp), sobre fotografías aéreas del IGAC y la Federación de Cafeteros, a escala 1:2000 el área del trabajo del Predio Miraflores.

A continuación en el cuadro 6, se presentan los elementos de la leyenda temática o unidades de cobertura vegetal, basada en la leyenda nacional para la elaboración del mapa de coberturas de la tierra de Colombia, según la metodología CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover ajustada para el país (IDEAM, 2010). Donde se encuentran resaltadas las unidades identificadas en el área de estudio Miraflores.

Cuadro 6. Unidades de interpretación Cobertura vegetal CORINE, encontradas en el área de estudio

LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA - COLOMBIA	
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES
1.1. Zonas urbanizadas	3.1. Bosques
1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1.1. Bosque denso
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.2. Bosque abierto
1.2.4. Aeropuertos	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable
1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable
1.3.2. Zonas de disposición de residuos	3.1.3. Bosque fragmentado
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	3.1.4. Bosque de galería y ripario
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.5. Plantación forestal
1.4.2. Instalaciones recreativa	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
2. TERRITORIOS AGRODUALS	3.2.1.1. Herbazal denso
2.1. Cultivos transitorios	3.2.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
2.1.1. Otros cultivos transitorios	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
2.1.2. Cereales	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
2.1.4. Hortalizas	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado
2.1.5. Tubérculos	3.2.1.1.2.3. Arracachal
2.2. Cultivos permanentes	3.2.1.1.2.4. Helechal
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2. Herbazal abierto
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
2.2.1.2. Caña	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
2.2.1.3. Plátano y banano	3.2.2.1. Arbustal denso
2.2.1.4. Tabaco	3.2.2.2. Arbustal abierto
2.2.1.5. Papaya	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
2.2.1.6. Amapola	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3.3.1. Zonas arenosas naturales
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3.3.2. Afloramientos rocosos
2.2.2.2. Café	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
2.2.2.3. Cacao	3.3.4. Zonas quemadas
2.2.2.4. Viñedos	3.3.5. Zonas glaciares y navales
2.2.2.5. Coca	4. AREAS HUMEDAS
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	4.1. Áreas húmedas continentales
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	4.1.1. Zonas Pantanosas
2.2.3.2. Palma de aceite	4.1.2. Turberas
2.2.3.3. Cítricos	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.3.4. Mango	4.2. Áreas húmedas costeras
2.2.4. Cultivos agroforestales	4.2.1. Pantanos costeros
2.2.5. Cultivos confinados	4.2.2. Salitral
2.3. Pastos	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
2.3.1. Pastos limpios	5. SUPERFICIES DE AGUA
2.3.2. Pastos arbolados	5.1. Aguas continentales
2.3.3. Pastos enmalezados	5.1.1. Ríos (50 m)
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
2.4.1. Mosaico de cultivos	5.1.3. Canales
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5.2. Aguas marítimas
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	5.2.1. Lagunas costeras
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	5.2.2. Mares y océanos
	5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Fuente: IDEAM, 2010

Más adelante, en el capítulo de Resultados de Vegetación, se presentan los criterios para la definición de cada una de las unidades encontradas, así como la caracterización vegetal resultante tanto de la revisión secundaria como del trabajo de campo.

2.2.9.2 Trabajo de campo

Para la caracterización del estado actual del ecosistema en el área definida para el reasentamiento de Gramalote, se realizaron recorridos sistemáticos de reconocimiento e identificación por las diferentes unidades de cobertura vegetal definidas previamente en la fotointerpretación; se realizan cateos por puntos, para tomar anotaciones de las especies dominantes, acompañantes y ocasionales en los núcleos de cada unidad. Lo cual se realiza por medio de los formatos de campo (Ver Figura 22).

Figura 22. Formato de captura de información primaria en Vegetación

Proyecto		Fecha (amd)	No. Parcela	Asistente	Hoja No. de
Mpio-Corr-Vda-Sitio-Acceso					Fotos Lev.
Lat-Long-Error		Elevación (m)		Inclinación (°)	Orientación (°)
Fisionomía Dominante	Frailejonal	Forma del Terreno	Forma Pendiente	Sustrato	
Bosque alto (>25 m)	Matorral enano (<1m)	Filo-Cima	Plana	Turboso	
Bosque (12-25 m)	Pastizal	Ladera	Cóncava	Oscuro	
Bosque bajo (5-12 m)	Pajonal	Pie de ladera	Convexa	Arcilloso-Arenoso	
Bosque enano (<5 m)	Herbazal	Planicie	Irregular	Pedregoso	
Matorral alto (3-5 m)	Rosetal	Afloramiento		Rocoso	
Matorral (andes: 1.5-3 m)	Prado	Cañada		Bloques	
(páramo: 1-3 m)	Cojines	Drenaje	Exposición	Recuperación	
Chuscal	Tapetes	Bueno	Expuesto	Regeneración herbáceas	
Coberturas (%)	Rasante (<0.25 m)	Moderado	Protegido	Regeneración leñosas	
Total vegetación	Epífitas	Malo		Leñosas emergentes	
Arb. Superior (>25 m)	Briófitas	Alteración			
Arb. Inferior (12-25 m)	Líquenes	Descripción (Fisionomía ppal. + altura estrato ppal. + spp. dominantes + spp. acompañantes / Composición-estructura estratos, otras características)			
Subarbóreo (5-12 m)	Hojarasca				
Arbustivo (1.5-5 m)	Roca expuesta				
Subarborescente (<1-1.5 m)	Suelo descubierto				
Herbáceo (0.25-1.5 m)					

No. Col.	No. Dupl.	Fotos Col.	Morfoespecie	Altura Prom. (m)	Altura Min (m)	Altura Max (m)	Dominancia *	Abundancia *	Observaciones *

En la primera sección (parte superior del formato), se completan las opciones planteadas ya sea con presencia ausencia o con porcentajes de aparición, de

acuerdo a las indicaciones (Ej.: fisionomía dominante, forma del terreno, sustrato, etc.); mientras que en la segunda parte (sección inferior de la figura) se hace referencia al número de colecta del ejemplar si se toma muestra, identificación de fotografías, datos de altura promedio, mínimos y máximos de las especies, así como dominancias (Dominante-D, Acompañante-A, Ocasional-C), abundancias (+) y observaciones generales.

Dentro de las observaciones generales se tuvo en cuenta datos de los especímenes, como, colores; exudados; resinas; aromas; nombres comunes; usos; hábito (Árbol-A, Caulirrósula-CR, Arbusto-AR, Subarbusto-sufrútice-SUF, Hierba-H, Epífita-EP, Hemiepífita-HEM, Enredadera-EN, Liana-Bejuco-LB, Terrestre-TER, Rupícola-RUP); fenología (Yemas florales-YF, flores-FL, frutos-FR, caída-dispersión-CD, vegetativo-V, brotes foliares-BF, caducifolio-C / Gimnospermas, criptógamas: Vegetativo-V, fértil-F); entre otros.

Lo anterior permite realizar una descripción de los tipos fisonómicos de la vegetación e identificar la estructura florística dominante en cada unidad de muestreo presente en el área del estudio.

Este trabajo se llevó a cabo en el mes de Noviembre (del 14 al 17), con toma de datos en los siguientes sectores: las quebradas (los Apios, la Chuspa, La Miraflora), El Mirador, P11, San Andrés- Parque, Plano Del Avión, Pozo Largo, La Zarza, Monte Redondo, El Bojocito, Los Eucaliptos, Mi Banquito.

Por medio de dichos recorridos se realizó la caracterización de la vegetación, posibilitando un reconocimiento de la complejidad estructural presente, las formaciones vegetales: bosques fragmentados, bosques riparios, rastrojos altos (vegetación secundaria alta), rastrojos bajos (vegetación secundaria baja), pastos algunos con árboles dispersos; estas dos últimas coberturas altamente representativas y dominantes en el área.

2.2.9.3 Resultados de Vegetación

Cobertura y Caracterización vegetal del predio Miraflora

Se identificó para el predio Miraflora un total de 10 tipos de cobertura o unidades de vegetación: (1) Pastos limpios; (2) Pastos Arbolados; (3) pastos enmalezados; (4) Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; (5) Vegetación secundaria baja; (6) Vegetación secundaria alta; (7) Bosque fragmentado con Vegetación

secundaria; (8) Bosque fragmentado con pastos y cultivos; (9) Bosque ripario; y (10) bosque denso alto de tierra firme (Ver plano 16- Coberturas Vegetales)

En el cuadro 7, se especifican las unidades de acuerdo al nivel de interpretación y el código correspondiente a cada una (se encuentra resaltado el máximo nivel de detalle en la interpretación que fue posible alcanzar para cada unidad).

Cuadro 7. Unidades de interpretación Cobertura vegetal CORINE, encontradas en el área de estudio

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Territorios Agrícolas (2)	Pastos (2.3)	Pastos Limpios (2.3.1)	*	*
		Pastos arbolados (2.3.2)	*	*
		Pastos Enmalezados (2.3.3)	*	*
	Áreas agrícolas heterogéneas (2.4)	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (2.4.3)	*	*
Bosques y áreas semi-naturales (3)	Bosques (3.1)	Bosque denso (3.1.1)	Bosque denso alto (3.1.1.1)	Bosque denso alto de tierra firme (3.1.1.1.1)
		Bosque Fragmentado (3.1.3)	Bosque Fragmentado con pastos y cultivos (3.1.3.1)	*
			Bosque Fragmentado con vegetación secundaria (3.1.3.2)	*
		Bosque Ripario (3.1.4)	*	*
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva (3.2)	Vegetación secundaria o en transición (3.2.3)	Vegetación secundaria alta (3.2.3.1)	*
			Vegetación secundaria baja (3.2.3.2)	*

Fuente: CORINE land cover, IDEAM (2010)

Los criterios que definieron las diferentes unidades se describen a continuación, según la guía LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA, Metodología CORINE Land Cover (IDEAM, 2019):

A. Territorios agrícolas: Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso, también se pueden dar usos pecuarios. Incluyen bordes con setos e Infraestructuras asociadas a estas unidades como viviendas rurales, cercas vivas, corrales o establos. Pueden presentar anegamientos temporales o permanentes. En la zona se identificó las siguientes unidades:

- Pastos limpios: comprende las tierras ocupadas con hierba densa dominada principalmente por la familia Poaceae, con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclavamiento y/o fertilización, etc.) impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. Incluye presencia esporádica a ocasional de arbustales o árboles, con cubrimiento menor a 30% del área total de la unidad.
- Pastos arbolados: las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad.
- Pastos enmalezados: coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono, mayor a 70%; En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m. La cobertura de árboles debe ser menor a 30% del área total de la unidad. Incluye presencia esporádica a ocasional de arbustales o árboles, con cubrimiento menor a 30%.
- Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales: unidad que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, que hace difícil su separación en coberturas individuales. Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos (entre 30% y 70%) en combinación con espacios naturales (por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas).

B. Bosques y áreas seminaturales: Comprende coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos; también territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación. Se

incluyen otras coberturas que son resultado de un fuerte manejo antrópico, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición.

Bosque denso alto de tierra firme: constituida por áreas naturales o seminaturales maduras dominada por elementos típicamente arbóreos, de copas continuas y estratos definidos, cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y que en promedio presentan una altura del dosel superior a los 15 metros; establecida en superficies de tierra firme, que NO presentan procesos de inundación periódicos. Que no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. Incluyen otras formas biológicas naturales, tales como la palma y la guadua.

Bosque Fragmentado con pastos y cultivos: superficie cubierta por Bosques maduros naturales con estratos definidos, pero su continuidad esta interrumpida por otros tipos de coberturas como de pastos y cultivos, las cuales deben representar entre 5% y 30%, aunque mantiene una distancia que permite agruparlo como una sola unidad.

Bosque Fragmentado con vegetación secundaria: cubiertos por bosques naturales donde se presentó intervención humana y recuperación del bosque (vegetación secundaria), de tal manera que el bosque mantiene su estructura original, la regeneración natural en los primeros estados de sucesión vegetal. Los parches de intervención deben representar entre 5% y 50%, que mantenga una distancia entre sí que permita agruparlo como una sola unidad.

Bosque ripario: corresponde a coberturas boscosas de copas continuas, pueden ser formaciones secundarias o maduras de árboles, que deben alcanzar una altura mínima de dosel superior de cinco metros, ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales.

- Vegetación secundaria alta: cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, vegetación principalmente arbórea con dosel irregular y presencia ocasional de arbustos, palmas y enredaderas. Que corresponde a los estadios INTERMEDIOS de la sucesión vegetal. Según el tiempo transcurrido se podrán encontrar comunidades de árboles formadas por una sola especie o por varias. Incluye Otras coberturas que representen menos de 30% de la unidad.

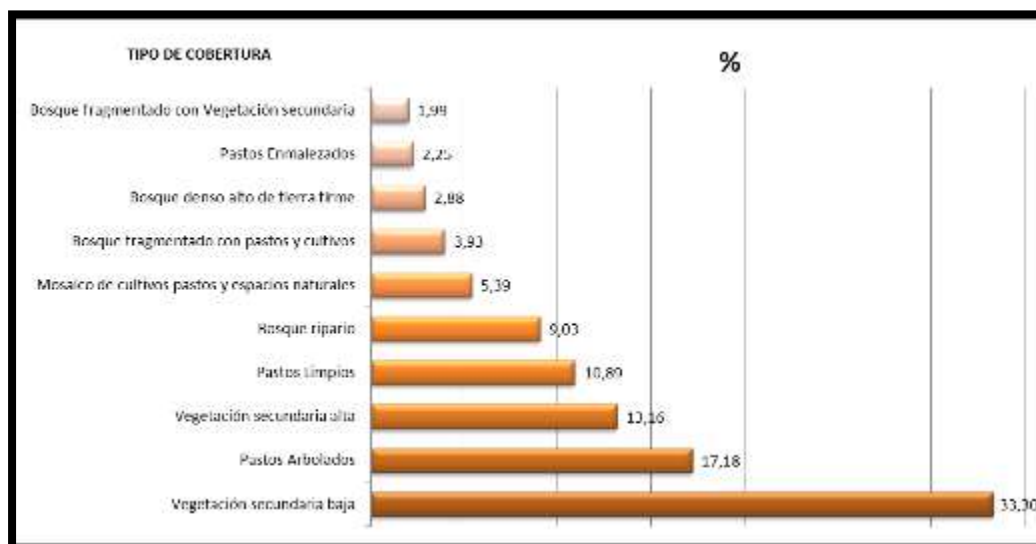
- Vegetación secundaria baja: se caracteriza por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios INICIALES de la sucesión vegetal, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies. comúnmente corresponde a una vegetación de tipo arbustivo-herbáceo de ciclo corto, con alturas que no superan los cinco metros y de cobertura densa. Por lo general corresponde con una fase de colonización de inductores preclimácicos. Incluye Otras coberturas que representen menos de 30% de la unidad.

De acuerdo a lo anterior, complementado con los datos recolectados González (2013) y la corroboración en campo, es posible identificar y definir el estado actual del ecosistema, donde en general no hay grandes variaciones en el territorio a lo largo de las diferentes zonas, y es notoria la intervención antrópica a lo largo del predio, como se puede evidenciar en el Cuadro 8 y la Figura 23.

Cuadro 8. Coberturas Vegetales identificadas en Miraflores

COBERTURA	Ha	%
Bosque ripario	10,3628	9,03
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	4,5066	3,93
Bosque fragmentado con Vegetación secundaria	2,2802	1,99
Vegetación secundaria alta	15,0961	13,16
Vegetación secundaria baja	38,2055	33,30
Bosque denso alto de tierra firme	3,3089	2,88
Pastos Limpios	12,4991	10,89
Pastos Arbolados	19,7138	17,18
Pastos Enmalezados	2,5832	2,25
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	6,1809	5,39

Figura 23. Coberturas Vegetales identificadas en Miraflores



Donde, de las cerca de 115 ha evaluadas (total del predio), la mayor representatividad está dada por coberturas intervenidas, dominando con 33,3% del área (38,2055 ha) por la vegetación secundaria baja (arbustivas), seguida por los pastos arbolados con una representatividad del 17,18% (19,7138 ha), y por la vegetación secundaria alta y pastos limpios con 13,16% y 10,89% respectivamente.

Así, solo estas cuatro unidades en total suman 74,53% del territorio, mientras que otras coberturas como bosques riparios, bosques de tierra firme y algunos parches de bosque fragmentado, representan cerca del 20%. Esto evidencia la alta intervención antrópica del terreno, donde los pocos parches de vegetación madura, y con estructura continua están bastante reducidos y fragmentados.

Sin embargo, los datos arrojan que la cobertura que presenta el mayor número de especies corresponde a bosque ripario con (19 sp), seguida por bosque fragmentado (19 sp), Vegetación secundaria baja (15 sp), vegetación secundaria alta (14 sp) y pastos (8 sp), estos últimos incluyen pastos, arbolados y enmalezados (Ver cuadro 9). Sin embargo varias de las especies, como es el caso de las Clusias (2sp, rampachos), *Bejaria aestuans* (azuceno), *Calyptanthus* (2sp, sururos) y *Syzygium jambos* (pomarroso), son especies que se encuentran en todos los tipos de cobertura, haciéndolas especies generalistas para la zona.

Cuadro 9. Especies Vegetales registradas en el predio Miraflores

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	BOSQUE FRAGMENTADO	BOSQUE RIPARIO	VEGETACIÓN SECUNDARIA ALTA	VEGETACIÓN SECUNDARIA BAJA	PASTOS
ARALIACEAE	<i>Schefflera cf morotoni</i>	Manoetigre		*			
ARECACEAE	<i>Wettinia af praemorsa</i>	Palma mapora	*	*			
BURSERACEAE	<i>Protium sp.</i>	Sarno blanco	*	*			
BURSERACEAE	<i>Protium tunuifolium</i>	Sarno rojo	*	*			
CLUSIACEAE	<i>Clusia cochlifomis</i>	Rampacho rojo	*	*	*		*
CLUSIACEAE	<i>Clusia rosea</i>	Rampacho blanco	*	*	*	*	*
CUNONIACEAE	<i>Weinmannia cf sorbifolia</i>	Talco	*		*		
CYATHEACEAE	<i>Cyathea caracasana</i>	Palma boba	*	*	*		
DENNSTAEDTIACEAE	<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho marranero				*	*
ERICACEAE	<i>Bejaria aestuans</i>	Azuceno	*	*	*	*	
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum macrophyllum</i>	Cafecillo de monte	*	*			
ESCALLONIACEAE	<i>Escallonia pendula</i>	Magle	*				
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea sp.</i>	Bijo		*			
FABACEAE	<i>Andira sp1.</i>	Chino amarillo	*	*	*		
FABACEAE	<i>Andira sp2.</i>	Chino blanco		*			
FABACEAE	<i>Senna occidentalis</i>			*			
FABACEAE	<i>Brownea sp.</i>	Palo de cruz		*			
GLEICHENIACEAE	<i>Dicranopteris linearis</i>	Vara de alcalde				*	*
LAURACEAE	<i>Nectandra sp1</i>		*	*			
MALPIGHIACEAE	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Peralejo de montaña				*	*
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia sp.</i>					*	*
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia sp.1</i>				*		
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia sp.2</i>			*			
MELASTOMATAACEAE	<i>Monochaetum sp.</i>					*	
MELASTOMATAACEAE	<i>Tibouchina sp.</i>	Sanjuanero		*		*	
MORACEAE	<i>Ficus sp.</i>	Uvito	*		*		
MYRISTICACEAE	<i>Virola sebifera</i>	Sangretoro	*	*			
MYRTACEAE	<i>Calyptanthus af speciosa</i>	Sururu rojo	*	*	*		*
MYRTACEAE	<i>Calyptanthus sp.</i>	Sururu blanco	*		*		
MYRTACEAE	<i>Myrcia sp</i>						
MYRTACEAE	<i>Myrcia sp2</i>						

FAMILIAS	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	BOSQUE FRAGMENTADO	BOSQUE RIPARIO	VEGETACIÓN SECUNDARIA ALTA	VEGETACIÓN SECUNDARIA BAJA	PASTOS
MYRTACEAE	<i>Syzygium jambos</i>	Pomarroso	*	*	*		*
ORCHIDIACEAE	<i>Epidendrum fimbriatum</i>					*	
ORCHIDIACEAE	<i>Epidendrum fulgens</i>					*	
ORCHIDIACEAE	<i>Orchidiaceae 1</i>					*	
ORCHIDIACEAE	<i>Orchidiaceae 2</i>					*	
PRIMULACEAE	<i>Myrsine af depends</i>	Mantequilla	*				
PRIMULACEAE	<i>Myrsine guianensis</i>	Mantequilla rojo	*		*		
RUBIACEAE	<i>Palicourea guianensis</i>	Coralito			*	*	
SELAGINELLACEAE	<i>Selaginella sp.</i>	Gusanillo				*	
VOCHYSIACEAE	<i>Vochysia lehmannii</i>	Roble			*		
HYPERICACEAE	<i>Vismia sp.</i>	Puntelanza, tintero				*	
ERICACEAE	<i>Mfsp</i>	coronado				*	

Fuente: González 2013, Guayacanal

A continuación se describirá la estructura o composición florística de las unidades o coberturas encontradas en el área de estudio:

C. Pastos (Limpios, arbolados y enmalezados)

Estas áreas de pastos dominados por especies del género *Brachiaria*, utilizadas en ganadería poco tecnificada, son representativas para la sostenibilidad de los pobladores cercanos al área que habitan en algunas fincas dispersas; están asociados a la presencia suelos superficiales pedregosos, con afloramientos rocosos, impidiendo así la generación de una capa vegetal suculenta, por tal motivo estas áreas manejadas o abandonadas y enmalezadas, eventualmente se combinan con cultivos de pancoger (en pequeñas parcelas, principalmente de yuca, café, plátano, cítricos, entre otros).

Fotografía 3. Cobertura de pastos, predio Miraflores



Los pastos en el área se encuentran asociados a vegetación arbórea o arbustiva dispersa, en general comparten muchas especies, sin embargo en las partes altas es más común encontrar arboles achaparrados con crecimiento aparasolado de las especies de *Clusia rosea* (Rampacho blanco), *Calypttranthes speciosa* (Sururu rojo), arbustos como *Byrsonima crassifolia* (Peralejo de montaña), *Miconia* sp., y *Dicranopteris linearis* (helecho Vara de alcalde).

Mientras, que en las partes más bajas y con mejores suelos es más abundante encontrar arboles de *Clusia cochlifomis* (Rampacho rojo), *Clusia rosea* (Rampacho blanco), *Syzygium jambos* (Pomarroso), acompañado de *Byrsonima crassifolia* (Peralejo de montaña), *Miconia* sp. Y los helechos *Pteridium aquilinum* (Helecho marranero) y en menor cantidad *Dicranopteris linearis* (Vara de alcalde).

D. Vegetación secundaria baja

Es la cobertura dominante en el área de estudio, donde los terrenos se caracterizan por ser arenosos y en su mayoría mal drenados, además pueden ser y/o áreas recientemente intervenidas las cuales presentan estados de sucesión primaria o temprana, con crecimiento de especies herbáceas o arbustivas con alturas máximas de 1,5 m.

Fotografía 4. Vegetación secundaria baja. Der. *Dicranopteris linearis*



Las especies dominantes es principalmente el helecho vara de alcalde *Dicranopteris linearis* en acompañada *Byrsonima crassifolia* (peralejo), varias especies del genero *Miconia sp*, *Bejaria aestuans* (azuceno), *Pteridium aquilinum* (helecho marranero o pecho de caballo), *Selaginella sp* (gusanillo, asociada a las áreas anegadas) y en menor proporción especies como *Monochaetum sp*, y varias especies de orquídeas como *Epidendrum fimbriatum*, *Epidendrum fulgens*, entre otras.

E. Vegetación secundaria alta

Esta unidad representa cerca del 13% de la cobertura total del área de estudio, y se caracteriza por presentar alturas en el estrato arbustivo y subarboreo inferiores a 10 m, lo cual indica la presencia de arbolitos en etapa sucesional secundaria. Con especies dominantes estructurales como las del género *Andira*, *Clusia rosea* (Rampacho), *Weinmannia cf sorbifolia* (talco) y *Bejaria aestuans* (azuceno), especie representativa de esta cobertura, las cuales tienden a generar sucesiones avanzadas que van hacia las coberturas boscosas maduras.

Vale la pena resaltar, que la presencia de estas especies que hacen parte de coberturas de bosques fragmentados y bosques riparios, como *Weinmannia pinnata*, *Bejaria aestuans* y *Myrsine guianensis*, hace inferir que luego de la intervención del área, se ha presentado un fenómeno de colonización de especies de rangos altitudinales superiores, ya que estas, naturalmente hacen parte de formaciones boscosas altoandinas (González, 2013).

Fotografía 5. Vegetación secundaria alta. Izq. bosque de Clusias. Der. Weinmannia cf sorbifolia



Los bosques de mate o escobo (*Alchornea spp.*), los de gaques y cucharos (*Clusia spp.* y *Myrsine spp.*), los de algodón o sangregao (*Croton spp.*), los de resino (*Protium sp.*) y, sobre todo, las yarumeras o densos parches de yarumo (*Cecropia spp.*), por mencionar sólo unos pocos ejemplos, son típicos de este tipo de formaciones secundarias (Camargo, 2007).

F. Bosque ripario

El bosque ripario del sector es el que en mejor estado de conservación se encuentra y esto se evidencia al ser la cobertura con mayor variabilidad de especies; además cuenta con buena continuidad a lo largo del predio, a excepción de las zonas altas donde la vegetación riparia se ha perdido (Ver Plano 16 Coberturas Vegetales – Proyecto de Acuerdo).

Las zonas donde se mantienen los altos valores de cobertura se relacionan con las áreas de bosques fragmentados, lo cual indica que hace parte de una misma unidad a modo de corredor biológico que genera una conexión entre sí, favoreciendo el tránsito faunístico y la dispersión de semillas. Además, la estratificación de esta unidad está dada por individuos con alturas en promedio de 5 a los 13 o 14m (subarboreo y arbóreo), creando una buena representación en el sotobosque, con presencia de individuos dispersos u ocasionales emergentes con alturas que pueden superar los 20 o 25 m.

Fotografía 6. Der. Quebrada “La Miraflora”; Izq. Brownea sp. (Palo cruz) en Quebrada “La chuspa”



Las especies que presentan mayor dominancia estructural en esta unidad son *Clusia rosea* (rampacho) y *Virola sebifera* (sangreoro) como dominantes, seguida de *Protium* sp. (sarno), *Calypttranthes speciosa* (sururo) y una buena representación en el margen de las quebradas de *Cyathea caracasana* (palma o helecho bobo).

G. Bosque fragmentado

Este tipo de cobertura es reducida en el área debido a la intervención selectiva, creando una disminución de la continuidad de estos fragmentos; mantiene una diversidad florística que resalta frente a las otras coberturas pese a que existe una dominancia estructural de las especies de rampacho o gaque como se conoce en otras regiones las *Clusias* (*Clusia rosea*, *Clusia cochliiformis*), seguido de *Weinmannia cf sorbifolia* (talco) y *Protium tenuifolium* (sarno).

Fotografía 7. Izq. *Clusia cochlifomis* (rampacho rojo); Der. *Clusia rosea* (Rampacho Blanco)



Los reportes de estratos múltiples muestran el dominante con alturas entre los 5 y 12m (subarbóreo) en donde sobresalen individuos emergentes con alturas cercanas a los 25m y la palma mapora o araque *Wettinia praemorsa* ubicada generalmente en lugares sombreados y al abrigo de los árboles, en calidad de buena representante del estrato subarboreo.

Las especies dominantes y acompañantes de esta unidad se caracterizan por contar con grandes superficies de dosel; estos resultados indican que la mayor parte de la biomasa es retenida por especies propias de bosques naturales y demuestran el buen grado de conservación de los fragmentos. Principalmente en el sector del Bosque Los Rampachos (predio San Andrés), que es además muy respetado y apreciado por los pobladores de área.

De acuerdo a las categorías de la UICN, CITES y Libros Rojos de Colombia no se encontraron especies bajo grado de amenaza o endémicas, la mayoría de las especies de ecosistemas boscosos naturales han desaparecido, debido al alto grado de intervención en el área del predio de Miraflores.

Sin embargo según JARA, O. (2011. En: González 2013 - Conservación Internacional), se resalta la presencia de la especie *Erythroxylum macrophyllum*, la cual presenta importancia cultural para algunas comunidades, así como interés científico, ya que pertenece al complejo *Erythroxylum macrophyllum*, el cual es un

grupo de difícil delimitación taxonómica dada su amplia distribución y variación morfológica.

2.2.10 Fauna

En el marco del convenio N°088 de 2012 con el Fondo Adaptación, Conservación Internacional desarrolló “Estudio regional para la identificación de las áreas estratégicas para la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con agua, carbono y biodiversidad y su incidencia en la selección del sitio de reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote bajo escenarios actuales y futuros de cambio climático”. Dicho estudio contenido dentro de los anexos que acompañan los presentes documentos, si bien tuvo un alcance regional, en el se evaluaron las distintas variables relacionadas con agua, biodiversidad y presiones y amenazas sobre los ecosistemas para cada uno de los sectores evaluados y se llevaron caracterizaciones específicas que incluyeron el análisis detallado de la biodiversidad.

De acuerdo a Conservación Internacional (Conservación Internacional Colombia, 2014), se presenta a continuación algunas especificaciones a la matriz de valoración utilizadas para la selección del sector de Miraflores desde el componente ambiental, específicamente en lo relacionado con las variables denominadas Áreas estratégicas para garantizar agua disponible de acuerdo con el balance hídrico (mm/año), “Prioridad de conservación de biodiversidad” y “Índice de prioridad de conservación natural y de servicios ecosistémicos potenciales”, y se realiza un resumen de la caracterización de biodiversidad específica para dicho sector realizado en el marco del estudio, cuyo objetivo fue servir como insumo fundamental para la planificación y ordenamiento territorial.

2.2.10.1 Especificaciones para clarificar el análisis multi-criterio del componente ambiental para la selección de Miraflores

En el cuadro 10, se presentan algunas especificaciones sobre la matriz de valoración (Conservación Internacional Colombia, 2013a), utilizada para la selección del sector de Miraflores desde el componente ambiental, específicamente en lo relacionado con las variables denominadas “Prioridad de conservación de biodiversidad” y “Índice de prioridad de conservación natural y de servicios ecosistémicos potenciales”:

Cuadro 10. Matriz de Valoración

Variable	Descripción	Criterio de evaluación	Calificación (de 1 a 4)			
			Lote la Franja	Caimito 2	Miraflores	Pomarroso
Áreas estratégicas para garantizar agua disponible de acuerdo con el balance hídrico (mm/año)	Calificación de los ecosistemas dependiendo de su capacidad de almacenamiento de agua y cantidad a lo largo de la cuenca del río Peralonso	Los valores más altos en el balance hídrico son los menos indicados para la construcción del casco urbano pues se afectaría de forma importante el ciclo del agua en la cuenca (ver cartografía anexa que sustenta la calificación presentada). Por lo anterior los valores más altos reportados en esta matriz, corresponden a los índices de disponibilidad hídrica más bajos	1	3	4	2
Interceptación de neblina (mm/año)	Calificación de los ecosistemas de alta importancia para la interceptación de neblina la cual se traduce en un aumento en la disponibilidad de agua	Los valores más altos por interceptación de neblina son los menos indicados para la construcción del casco urbano pues de ser construido en estos sectores se afectaría la disponibilidad de agua en la cuenca (ver cartografía anexa que sustenta la calificación presentada). Por esta razón los valores más altos reportados en esta matriz, corresponden a los índices de disponibilidad hídrica más bajos reportados en la cartografía. Adicional a lo dado que la Reserva El Bojoso está en categoría de protección anterior., la ubicación del casco urbano en el polígono definido para el reasentamiento en Miraflores, no representa una amenaza	2	1	4	3

		para la intercepción de neblina ni la dinámica hídrica en el sector. Es por esta razón que la mayor valoración de esta variable está en Miraflores.				
Amenazas naturales y potencial de mitigación de por los ecosistemas	Indice que determina el potencial de los ecosistemas para mitigar total o parcialmente amenazas naturales	Bosques, humedales y planicies de inundación (rondas de ríos) tienen capacidad de mitigación de amenazas. En las zonas de planicie aluvial y de amenaza por remoción en masa deben mantener ecosistemas naturales. Para la calificación los rangos más altos que se presentan en la cartografía son los menos recomendados para la ubicación del nuevo casco urbano. Es esta razón que los valores más altos reportados en esta matriz, corresponden a los índices de amenaza más bajos	2	1	4	3
Prioridad de conservación de biodiversidad	Es una calificación obtenida a partir de las amenazas y presiones sobre la biodiversidad actual, identificada a partir de las caracterizaciones realizadas en biodiversidad para los grupos de	La calificación depende del posible impacto que la reubicación del casco urbano pueda tener sobre especies migratorias, amenazadas, de distribución restringida o de interés de las comunidades. En este caso el sector de Miraflores se ve poco afectado con la construcción del casco urbano porque el área donde se concentra la mayor biodiversidad del sector se encuentra protegida en la reserva El Bojoso y los sitios de importancia que están	2	4	1	3

	invertebrados, anfibios, reptiles, aves y mamíferos	dentro del polígono en el que se hará el reasentamiento, corresponden a Estructura Ecológica Principal cuya buena gestión permitirá minimizar los impactos que pudieren generarse sobre las especies que allí se encuentran.				
Índice de prioridad de conservación natural y de servicios ecosistémicos potenciales	Índice que determina las áreas prioritarias para la conservación que tienen un alto potencial en la provisión de servicios ecosistémicos	Los valores más altos no se recomiendan para la construcción del lote pues corresponden a aquellas zonas donde es recomendable implementar estrategias de conservación de la biodiversidad debido a que ofertan servicios ecosistémicos potenciales importantes. En este caso el alto valor reportado para el sector de Miraflores corresponde al sector del Bojoso que al ser zona de reserva garantiza la protección del área lo que a su vez contribuirá a mantener los servicios ecosistémicos del sector beneficiando tanto a la biodiversidad como a la calidad de vida de los residentes del nuevo reasentamiento urbano. Esto a su vez constituye un valor agregado para el reasentamiento de Gramalote en el lote de Miraflores seleccionado	3	1	4	2

Esta matriz hace parte de las evaluaciones de soporte que sirvieron para la selección del sector de Miraflores como el más apto para el reasentamiento del

casco urbano de Gramalote. El valor más alto de la sumatoria total de la calificación de cada variable, se obtuvo para el lote de Miraflores, lo que representa desde el componente ambiental el sector más recomendable para la reubicación Gramalote.

El casco urbano de Gramalote en cercanías de la zona de protección de El Bojoso, podría generar una relación de mutuo beneficio, en donde la cercanía de un centro poblado o un área protegida genera un aprovechamiento responsable del capital natural a la vez que crea un mayor reconocimiento y responsabilidad del área protegida.

En este enfoque debe entenderse que a pesar de que en el área de Miraflores fueron identificados algunos elementos de biodiversidad poseedores de niveles de sensibilidad o con importancia para la conservación, gracias a la presencia de la reserva El Bojoso, se garantiza en buena parte que los procesos eventuales de construcción del nuevo casco urbano, no representarían impactos substanciales sobre las comunidades faunísticas y florísticas, al ser esta área un componente de vital importancia en su procesos de adaptación. De todas formas, es importante la implementación del plan de manejo ambiental durante y posterior a la construcción del casco urbano, ya que con este se desarrollaran las medidas y diseños tendientes a evitar y mitigar los efectos potenciales que puede traer este proceso sobre la vida silvestre.

No obstante, este mutuo-beneficio se da en la medida en que se formule e implemente un plan de manejo ambiental enfocado, por una parte, a conservar la fauna y flora de las áreas de conservación y, por otra parte, a reducir los impactos del cambio de uso de suelo mediante la definición de la estructura ecológica principal acorde con las recomendaciones de manejo ambiental establecidas en el estudio

2.2.10.2 Caracterización Faunística del Sector de Miraflores

La caracterización de fauna presente en el sector de Miraflores fue desarrollada siguiendo un modelo Evaluación biológica Rápida (RAP por sus siglas en ingles), el cual y según las premisas y alcances de este método, busca generar información con alta rigurosidad técnica, de forma rápida, sobre áreas poco conocidas, de forma costo eficiente y sobre todo, suficiente para lograr aproximaciones detalladas en el conocimiento, análisis y evaluación de la biodiversidad en busca de la generación de diagnósticos de estado, útiles para el diseño de acciones de conservación o manejo de una región determinada.

El resumen presentado a continuación es sido tomado del estudio “BIODIVERSIDAD ASOCIADA A LAS ZONAS CON PREFECTIBILIDAD DE REUBICACIÓN DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE GRAMALOTE – NORTE DE SANTANDER, Tomo 2”, elaborado por Conservación Internacional (2013) cuyo objetivo en el componente de fauna fue caracterizar las aves, reptiles y anfibios, mamíferos, herpetofauna, lepidópteros, presentes en la vertiente oriental de la cuenca del río La Calderera ubicada en el municipio de Gramalote.

Para evaluar la biodiversidad sobre este sector, se definieron unidades de muestreo teniendo en cuenta las mejores condiciones topográficas, el tipo de vegetación y la presencia de corrientes de agua. Es importante señalar que fueron cubiertas la mayor cantidad posible de unidades de paisaje del sector, indistintamente de la categoría de manejo que poseía al momento de desarrollar las actividades de campo o se preveía a futuro para el mismo, de esta forma se evaluaron las zonas boscosas continuas, discontinuas y estados sucesionales asociados a la reserva el Bojoso y sus zonas de influencia, coberturas boscosas y arbustivas ripiarias, áreas abiertas con presencia de arbustales y vegetación menor y en general áreas de diferentes estados de transformación sobre el sitio proyectado para la reubicación del casco urbano de Gramalote.

Los métodos de campo utilizados comprendieron transectos, parcelas, series de trampeo y entre otras técnicas, tal como se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Técnicas para evaluación de diversidad por grupo

Grupo	Método
Aves	Captura pasiva, observación directa y grabaciones de campo.
Reptiles y anfibios	Transectos por encuentro casual.
Mamíferos pequeños	Trampas Sherman y redes de niebla.
Mamíferos medianos y grandes	Recorridos para contacto visual, con registro con GPS, trampas cámara y entrevista a los pobladores rurales.
Entomofauna	Captura pasiva y captura activa.

El análisis de datos de la información recolectada incluyó generación del inventario, categorización de especies y representatividad del muestreo. Las coberturas evaluadas incluyen bosque ripario, fragmentos de bosque, y vegetación secundaria alta y baja. No se muestrearon las zonas de pastizales.

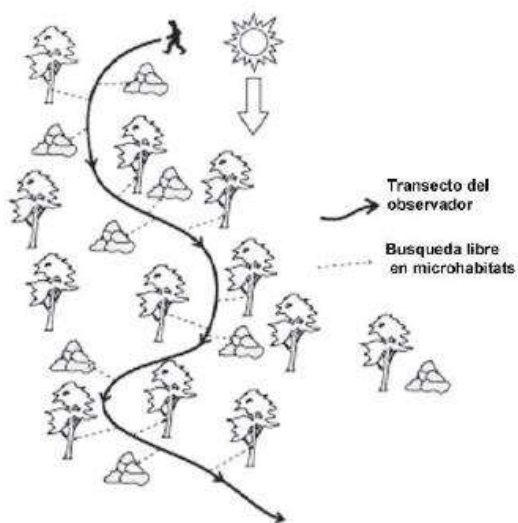
Para los mamíferos medianos y grandes registrados únicamente por entrevistas, se asignó su presencia potencial en las coberturas evaluadas con base en lo reportado en la literatura especializada. En las fotografías de 8 a 12 (Conservación Internacional Colombia, 2013b), se presentan las técnicas para evaluación.

Fotografía 8. Redes de niebla



(Fuente: Conservación internacional, 2013b)

Fotografía 9. Muestreo por encuentro casual



(Fuente: Conservación internacional, 2013b)

Fotografía 10. Trampas Sherman



(Fuente: Conservación internacional, 2013b)

Fotografía 11. Trampas de cámara



(Fuente: Conservación internacional, 2013b)

Fotografía 12. Captura activa



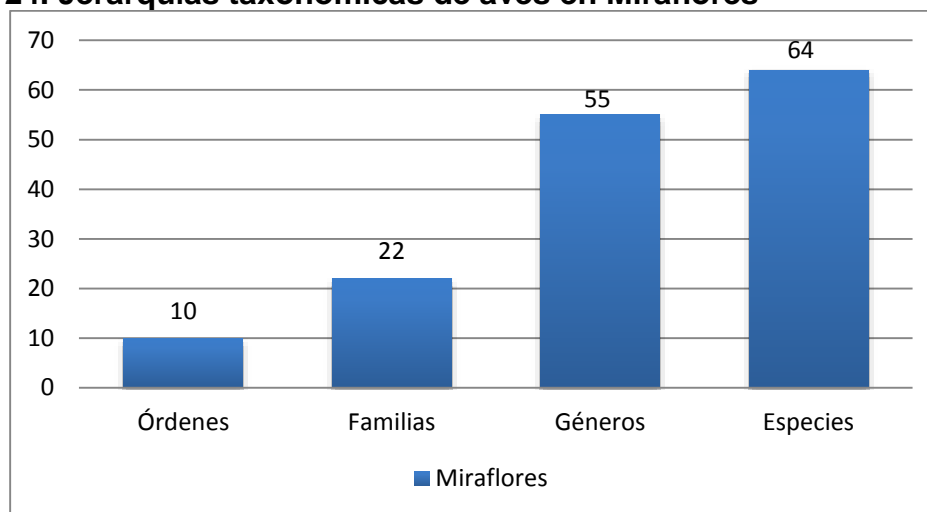
Fuente: Conservación internacional, 2013b)

2.2.10.3 Aves

En el sector de Miraflores se realizó el muestreo en un gradiente altitudinal de 1500-2000 m, incluyendo la reserva municipal El Bojoso, en límites con el

municipio de Santiago en la parte más alta (Conservación Internacional Colombia, 2013b). En este sector existe un filo de montaña donde se encuentra vegetación propia de bosque subandino (ericáceas, cluseaceas, moráceas, bromeliáceas, orquidáceas), proporcionando un escudo en la parte alta que retiene la humedad (similar a bosques de niebla de alta montaña). En la Figura 24, se presenta el número de especie de aves que se encontró por cobertura vegetal en dicho muestreo, correspondiente a 64 especies, 55 géneros, 22 familias y 10 órdenes.

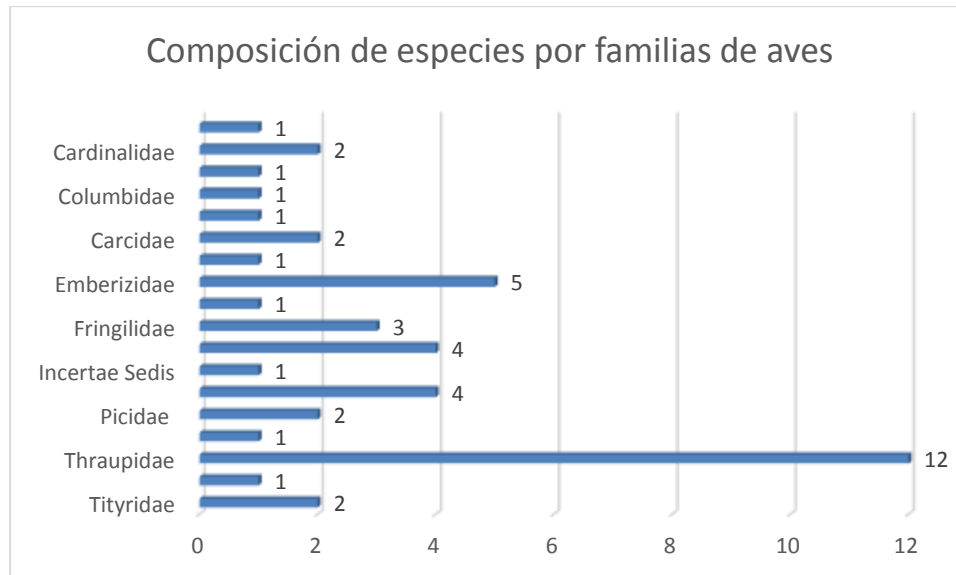
Figura 24. Jerarquías taxonómicas de aves en Miraflores



Fuente: Conservación Internacional, 2013b. Modificación autores 2014

En total fueron reportadas 22 familias de aves; de este grupo, los Thraupidae (Tangaras y Azulejos) representan la familia de mayor diversidad (12 especies), seguida por la Tyrannidae (Atrapamoscas) con 7 especies, la Emberizidae (Gorriones y afines), y Trochilidae (Colibries) con 5 especies cada una y finalmente la Troglodytidae (Cucaracheros) con 4 especies (Ver Figura 25). Entre las otras familias encontradas se encuentran los Tinamidae, Rinocryptidae, Corvidae y Cracidae, que son grupos especialistas o asociados a cobertura vegetal en buen estado de conservación. A pesar de la baja riqueza de las coberturas vegetales, se evidencia que aún persisten algunos elementos faunísticos que se han adaptado a estos ambientes, por ejemplo las Gallinetas, Pavas, Guacharacas y Tapaculos.

Figura 25. Composición de especies por familias de aves presentes en el sector Miraflores, Reserva El Bojoso



Fuente: Conservación Internacional, 2013b. Modificación autores 2014

Dentro de las especies encontradas, se reporta la presencia de *Atlapetes albobrenatus* (Emberizidae) en el sector de Miraflores, reserva El Bojoso, varios individuos fueron observados forrajeando en el sotobosque. Respecto a especies migratorias, se reportan 6 especies boreales: *Piranga rubra*, *Vireo olivaceus*, *Pheucticus ludovicianus*, *Catharus ustulatus*, *Dendroica fusca* y *Setophaga ruticilla* asociadas a vegetación de bosque ripario y vegetación secundaria alta. No se reportan ampliación de rango de distribución o especies nuevas.

Fotografía 13. Algunas especies encontradas en el sector Miraflores

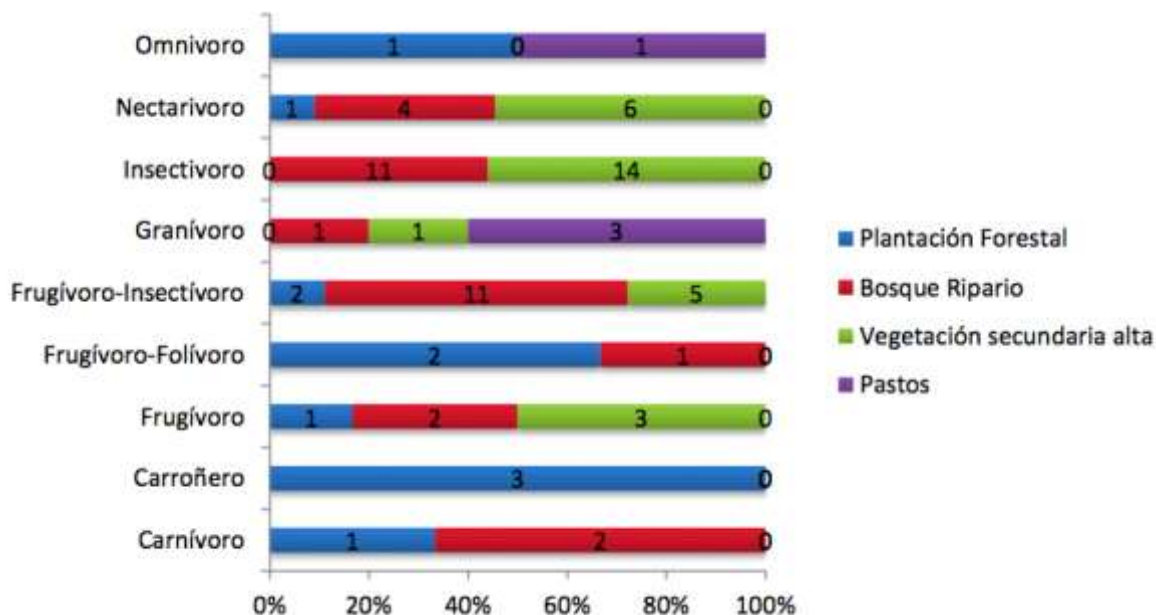


Fuente: Conservación Internacional, 2013b.

En la Fotografía 13 se observan algunas especies encontradas en el sector Miraflores: a) Vireo olivaceus, b) Piranga rubra, c) Dendroica fusca y d) Pheucticus ludovicianus.

Con respecto a la organización ecológica de las aves encontradas se reportaron los gremios tróficos que se presentan en la Figura 26.

Figura 26. Gremios tróficos de aves encontrados en la cobertura vegetal en el sector de Miraflores

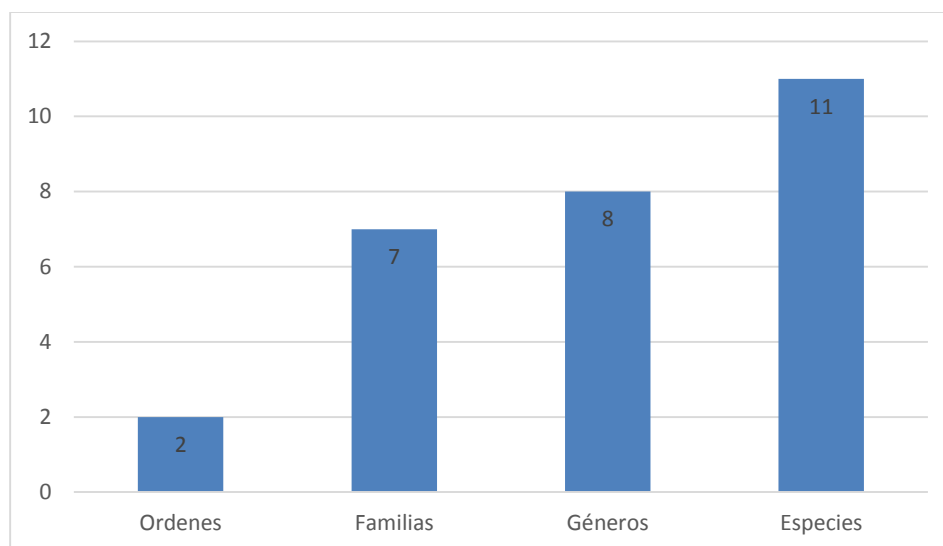


Fuente: Conservación Internacional, 2013b.

2.2.10.4 Reptiles y anfibios

El muestreo consistió en la realización de recorridos tanto diurnos como nocturnos en los diferentes tipos de hábitat encontrados en la vereda Miraflores. Se evaluaron cinco tipos de coberturas que incluyeron además de las anteriores un área de bosque fragmentado en la parte más alta (2000 msnm) de la reserva natural. El Bojoso. En la Figura 27, se presenta el número de especie de reptiles y anfibios que se encontró por cobertura vegetal en dicho muestreo, correspondiente a 11 especies, ocho géneros, siete familias y dos órdenes.

Figura 27. Composición taxonómica incluyendo el número de Órdenes, Familias, géneros y especies de reptiles y anfibios, encontradas en Miraflores

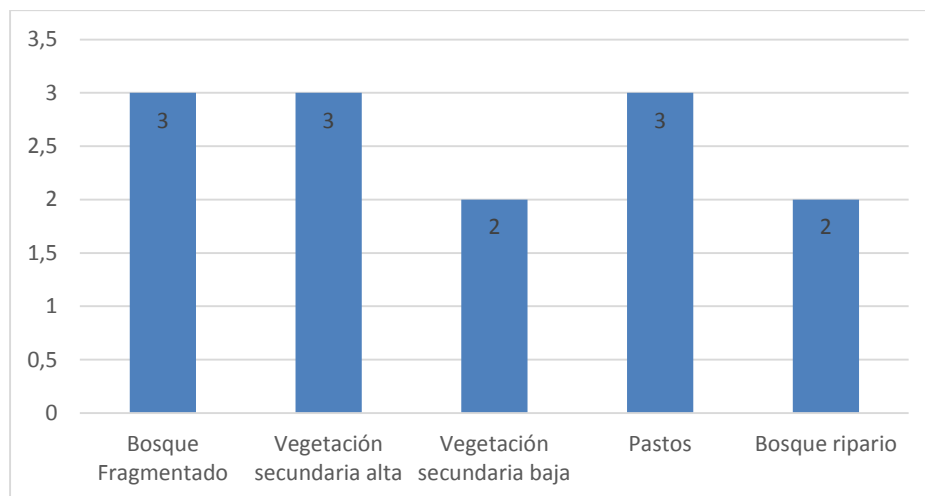


Fuente: Conservación Internacional, 2013b. Modificación autores 2014

En el área de Miraflores, debido a la presencia de hábitats conservados como en el caso del bosque fragmentado ubicado en la parte más alta de la reserva natural El Bojoso, se registraron tres especies del género *Pristimantis* las cuales debido a su modo reproductivo de desarrollo directo necesitan hábitats húmedos y conservados para completar su ciclo de vida.

Se registraron además tres especies del genero *Pristimantis* en la zona de bosque fragmentado y tres especies en la cobertura de vegetación secundaria alta (*Spilotes pullatus*, *Pristimantis* sp 2 y *Dendropsophus*) (Ver Figura 28).

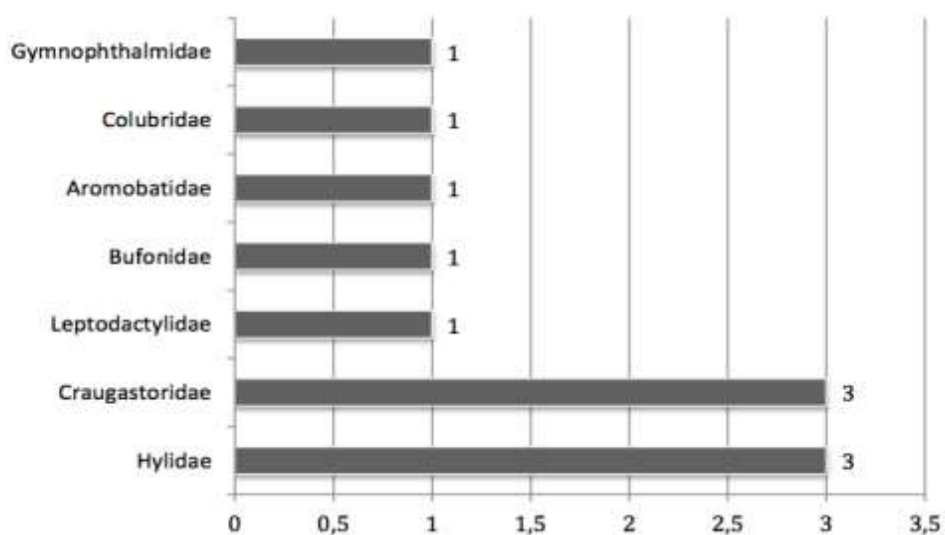
Figura 28. Riqueza de especies de reptiles y anfibios por los diferentes tipos de cobertura vegetal presentes en Miraflores



Fuente: Conservación Internacional, 2013b. Modificación autores 2014

Se registraron dos familias de reptiles *Teiidae* y *Colubridae* con una especie en cada familia, cinco familias de anuros de las cuales las más abundantes fueron *Craugastoridae* e *Hylidae* con tres especies cada una, y las familias *Aromobatidae*, *Bufo* y *Leptodactylidae* con una especie cada una (Ver Figura 29)

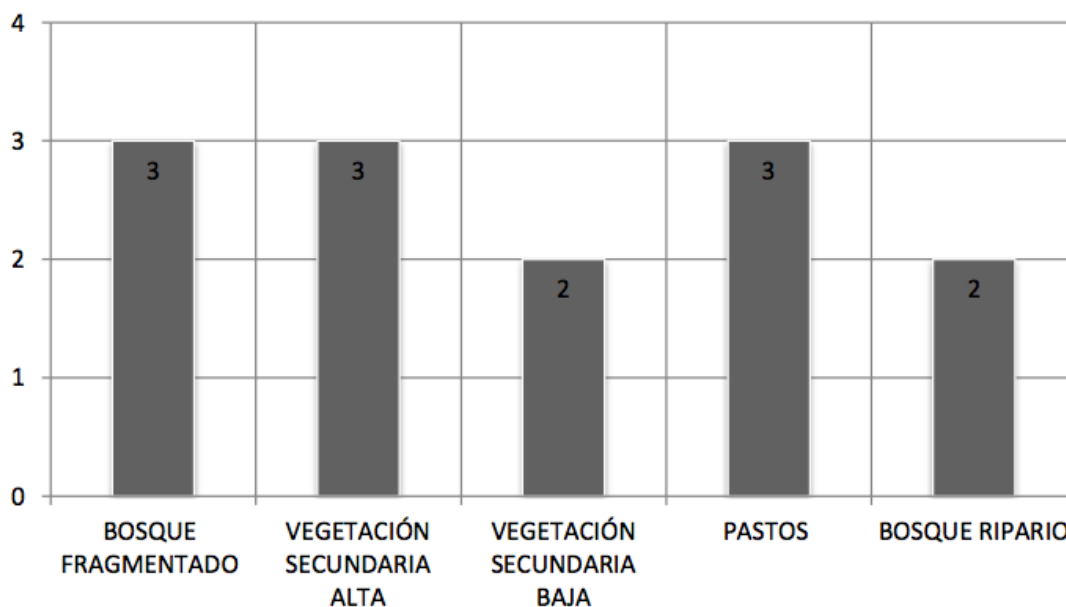
Figura 29. Número de especies por familias de reptiles y anfibios encontradas en la localidad de Miraflores



Fuente: Conservación Internacional, 2013b

Con relación a las especies registradas para cada tipo de cobertura se encontraron tres especies del género *Pristimantis* en el hábitat de bosque fragmentado, tres especies en la zona de vegetación secundaria alta, dos en la zona de vegetación secundaria baja, tres especies en el área de pastos y dos en el hábitat de bosque ripario (ver Figura 30). Las especies que fueron registradas en dos tipos de coberturas correspondieron a *Hypsiboas crepitans* y *Pristimantis* sp 2. Cabe destacar que esta última especie se encuentra asociada a zonas con altos niveles de hojarasca en el suelo, indispensables para completar su ciclo reproductivo de desarrollo directo.

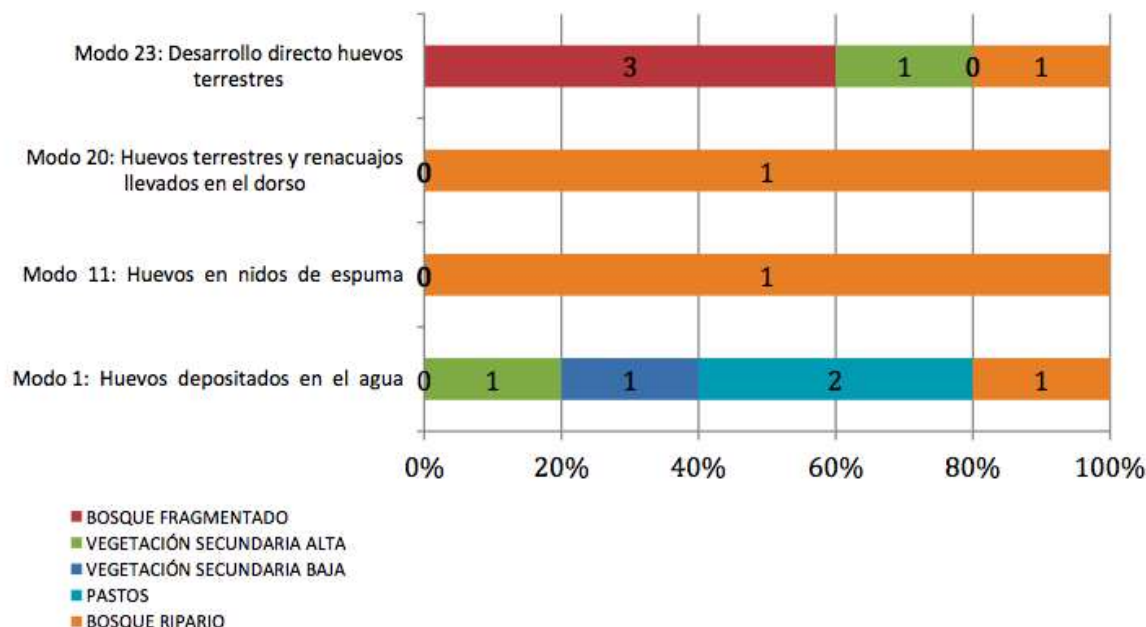
Figura 30. Especies de reptiles y anfibios por unidades de coberturas evaluadas en Miraflores



Fuente: Conservación Internacional, 2013b.

Con respecto a la organización ecológica de los reptiles y anfibios encontrados se reportaron los gremios tróficos que se presentan en la Figura 31.

Figura 31. Organización Ecológica basada en modos reproductivos para las especies de anfibios registradas en Miraflores



Fuente: Conservación Internacional, 2013b.

2.2.10.5 Mamíferos

El componente de mamíferos encontró para el sector de Miraflores 28 especies pertenecientes a 27 géneros, 15 familias y 6 órdenes de mamíferos (ver Cuadro 12).

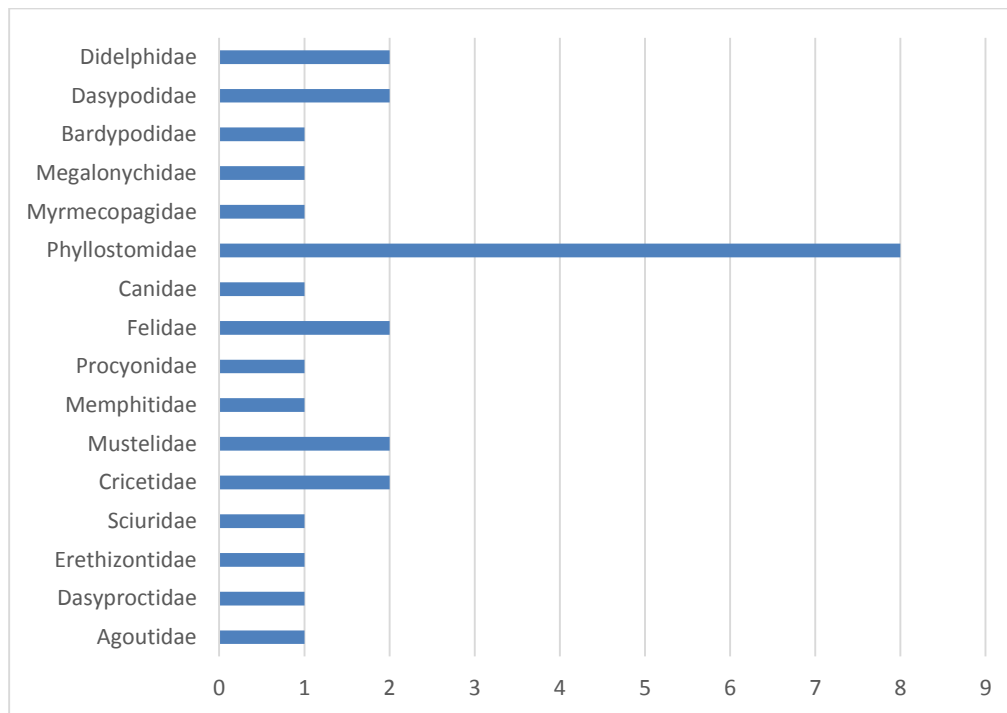
Cuadro 12. Especies de mamíferos reportadas en el área de estudio

ORDEN	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
DIDELPHIMORPHIA	<i>Didelphis marsupialis</i>	Chucha
	<i>Marmosa murina</i>	Rana cutín
CINGULATA	<i>Cabassous centralis</i>	Armadillo cola de trapo
	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo
PILOSA	<i>Bradypus variegatus</i>	Perezoso
	<i>Choloepus hoffmani</i>	Perezoso
	<i>Tamandua tetradactyla</i>	Oso hormiguero
CHIROPTERA	<i>Carollia perspicillata</i>	
	<i>Sturnira lilium</i>	
	<i>Artibeus lituratus</i>	
	<i>Artibeus jamaicensis</i>	
	<i>Dermanura cf. phaeotis</i>	
	<i>Uroderma bilobatum</i>	
	<i>Anoura geoffroyi</i>	
	<i>Lonchophylla robusta</i>	
CARNIVORA	<i>Cerdocyon thous</i>	Zorro
	<i>Leopardus pardalis</i>	Tigrillo
	<i>Puma yaguarondi</i>	Zorro gatuno
	<i>Procyon cancrivorus</i>	Zorra patona
	<i>Nasua nasua</i>	Guache
	<i>Conepatus semieistratus</i>	Mapuro
	<i>Eira barbara</i>	Tayra
	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja
RODENTIA	<i>Zygodontomys brevicauda</i>	-
	<i>Sciurus granatensis</i>	Ardilla
	<i>Coendou prehensilis</i>	Puercoespín
	<i>Dasypsecta fuliginosa</i>	Bucua - ñeque
	<i>Cuniculus paca</i>	Lapa

Fuente: Conservación Internacional, 2013b. Modificación autores 2014

Los mamíferos reportados presentan un amplio intervalo de tamaños, formas y hábitos, que incluyen especies subarborícolas de tamaño pequeño como *Rhipidomys latimanus*, hasta perezosos y osos hormigueros como *Bradypus variegatus* y *Tamandua tetradactyla*. Varias especies son generalistas y se alimentan de los recursos que se encuentran disponibles estacionalmente, como es el caso de la bucua o ñeque (*D. fuliginosa*) y el zorro (*C. thous*). Las especies de mayor tamaño que se encuentran en lo más alto de la cadena trófica, como el tigrillo (*Leopardus pardalis*), se alimentan de animales de tamaños relativamente pequeños, como *Zygodontomys brevicauda*, *Dasypsecta fuliginosa* y *Didelphis marsupialis* (Kittel 2011), lo que demuestra que en el área estudiada, las condiciones abióticas no permiten el mantenimiento de poblaciones de mamíferos con una alta biomasa. El número de especies de mamíferos registradas por familia se presenta en la Figura 32.

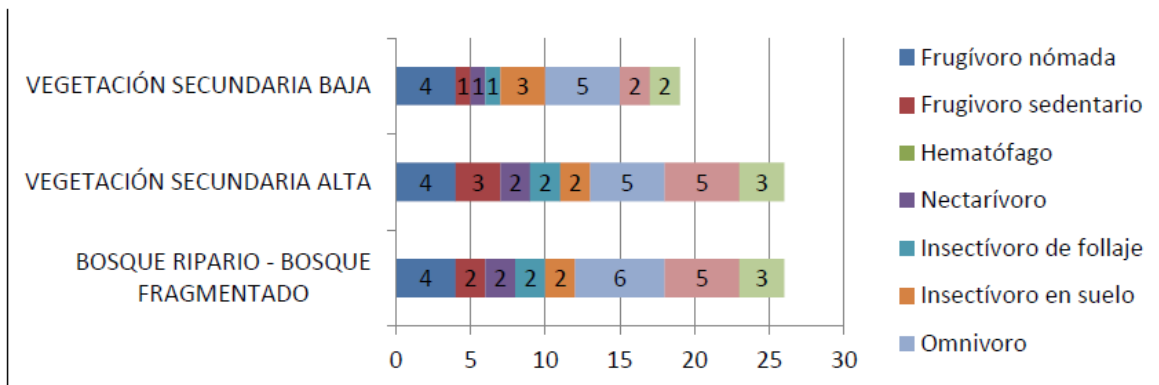
Figura 32. Número de especies de mamíferos registradas por familia



Fuente: Conservación Internacional, 2013b. Modificación autores 2014

Con respecto a la organización ecológica de los mamíferos encontrados se reportaron los gremios tróficos que se presentan en la Figura 33.

Figura 33. Número de especies de mamíferos por gremio trófico registradas para cada tipo de cobertura evaluada

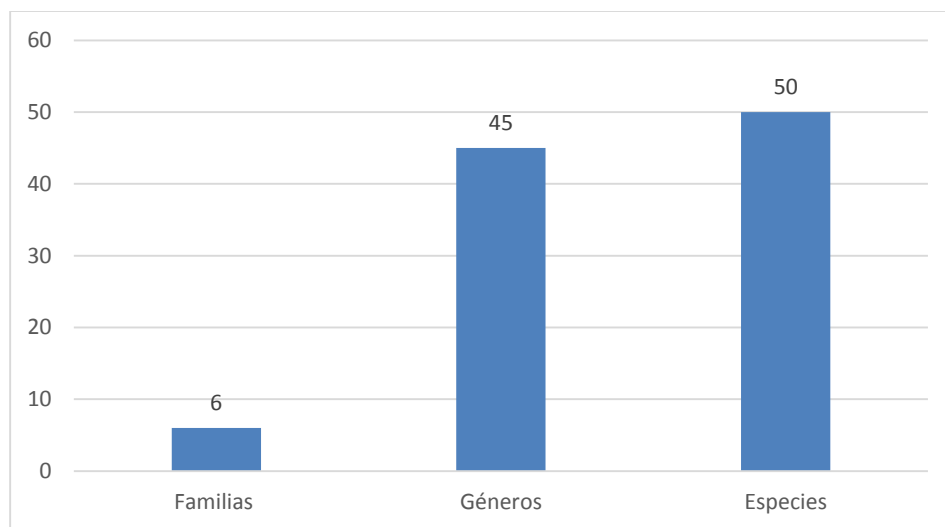


Fuente: Conservación Internacional, 2013b.

2.2.10.6 Entomofauna

Se encontraron para el sector de Miraflores ejemplares del orden Lepidóptera pertenecientes a 6 familias, 49 géneros y 50 especies (Ver Figura 34).

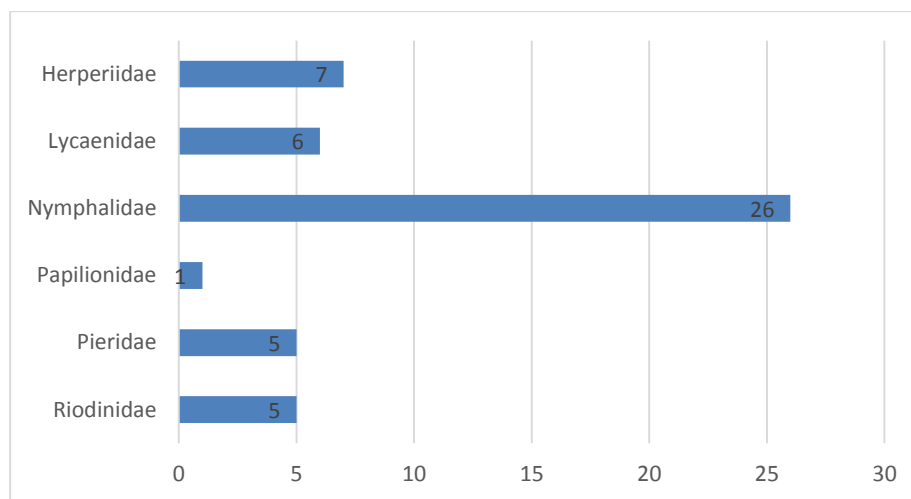
Figura 34. Composición taxonómica de la Entomofauna de las unidades evaluadas



Fuente: Conservación Internacional, 2013b. Modificación autores 2014

En la Figura 35, se listan las familias en orden de riqueza de especies encontradas: Nymphalidae (26), Hesperidae (7), Lycaenidae (6), Riodinidae (5), Pieridae (5), y Papilionidae (1).

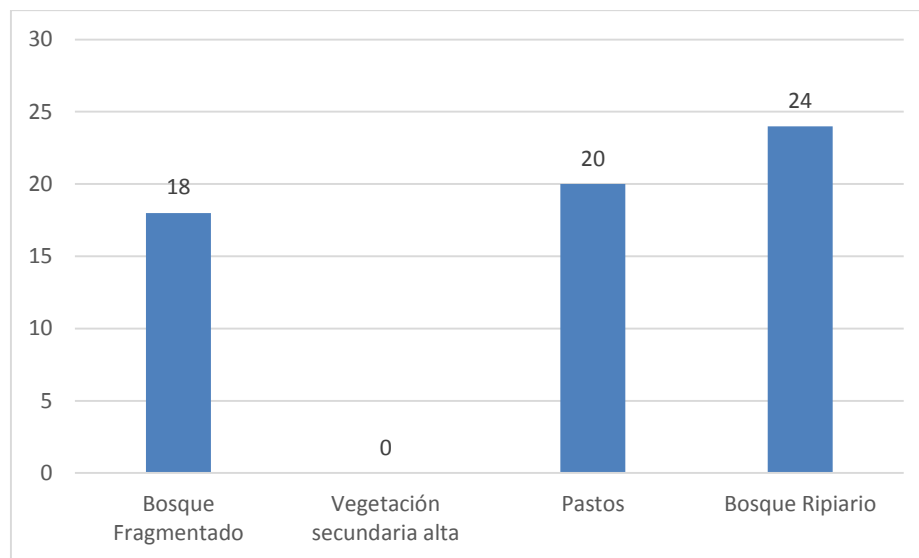
Figura 35. Número de especies de la Entomofauna por familias encontradas



Fuente: Conservación Internacional, 2013b. Modificación autores 2014

En Miraflores las especies estuvieron distribuidas entre tres coberturas, teniendo mayor riqueza el bosque ripario con 24 especies, seguido por los pastos con 20 y la menor riqueza la presentó el bosque fragmentado con 18 especies (Ver Figura 36)

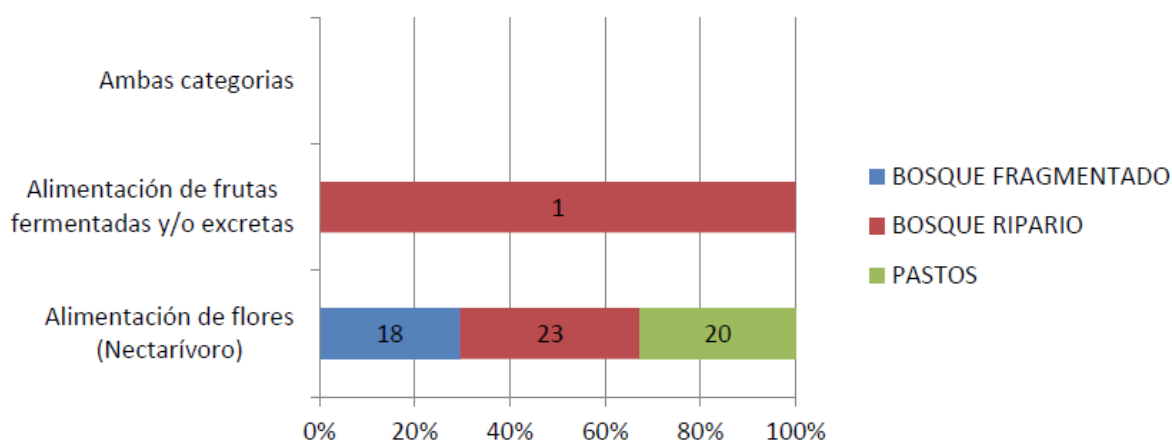
Figura 36. Riqueza de especies de la Entomofauna por unidades de paisaje o coberturas evaluadas



Fuente: Conservación Internacional, 2013b. Modificación autores 2014

Con respecto a la organización ecológica de la Entomofauna encontrada, se reportaron los gremios tróficos que se presentan en la Figura 37.

Figura 37. Organización ecológica de Entomofauna de la unidad evaluada Miraflores



Fuente: Conservación Internacional, 2013b

- Conclusiones y recomendaciones

El estudio desarrollado por Conservación Internacional es uno de los estudios de soporte que sirvieron para la selección del sector de Miraflores como el más apto para el reasentamiento, lo cual tuvo en consideración aspectos tanto ambientales, como de estabilidad del terreno, conectividad con las veredas y la región y disponibilidad de servicios públicos, entre otros aspectos (Ver matriz multi-criterio, tabla 1). Dentro de los argumentos de Conservación Internacionales para recomendar la selección de este sitio Se consideró que la cercanía del nuevo casco urbano de Gramalote a la zona de protección de El Bojoso, podría generar una relación de mutuo beneficio, en donde la cercanía de un centro poblado a un área protegida genera un aprovechamiento responsable del capital natural a la vez que crea un mayor reconocimiento y responsabilidad del área protegida (Conservación Internacional Colombia, 2013a. p, 31).

En este enfoque debe entenderse que a pesar de que en el área de Miraflores fueron identificados algunos elementos de biodiversidad poseedores de niveles de sensibilidad o con importancia para la conservación, gracias a la presencia de la reserva El Bojoso, se garantiza en buena parte que los procesos eventuales de construcción del nuevo casco urbano, no representarían impactos substanciales sobre las comunidades faunísticas y florísticas, al ser esta área un componente de vital importancia en su procesos de adaptación. De todas formas, es importante la implementación del plan de manejo ambiental durante y posterior a la construcción del casco urbano, ya que con este se desarrollaran las medidas y diseños tendientes a evitar y mitigar los efectos potenciales que puede traer este proceso sobre la vida silvestre.

No obstante, este mutuo-beneficio se da en la medida en que se formule e implemente un plan de manejo ambiental enfocado, por una parte, a conservar la fauna y flora de las áreas de conservación y, por otra parte, a reducir los impactos del cambio de uso de suelo mediante la definición de la estructura ecológica principal acorde con las recomendaciones de manejo ambiental establecidas en dicho estudio.

Estos lineamientos y planes de manejo están encaminados hacia la conservación y potencialización del capital natural existente en Miraflores y El Bojoso. Buscan además a generar apropiación y concientización sobre el tema de conservación y manejo ambiental de flora y fauna, y de gestión del riesgo entre la población del municipio, para proteger y potencializar el capital ecológico de la zona mediante la apropiación social del mismo y la educación ambiental.

La caracterización realizada por Conservación Internacional, es el insumo para la definición de la estructura ecológica principal, en el marco del proceso de ordenamiento, la cual deberá permitir, al igual que la implementación de los planes de manejo ambiental la preservación del capital natural de la zona de Miraflores, sino que lo potencializará y permitirá el desarrollo de ejercicios de conservación y manejo, y disfrute de los servicios ecosistémicos en el nuevo casco urbano de Gramalote.

Se recomienda, la sectorización del área en unidades con características ecológicas y sociales similares que faciliten el diseño por tramos y permitan articular el diseño paisajístico y el modelo de ocupación con la estructura ecológica principal.

Por otra parte, se recomienda que en sectores más urbanos se empleen distancias mayores debido a que el área representa un ecosistema más intervenido que requiere actividades de ornato. Así mismo, en estos sectores donde puede existir una cobertura correspondiente a la mezcla de especies nativas colonizadoras con especies exóticas, se debe plantear el control de algunas de estas especies y el establecimiento de otras de fases más avanzadas de la sucesión, con características de ornato. En principio se estiman distancias de plantación entre 5 y 9 metros, aunque esto se debe valorar de acuerdo con las particularidades de las áreas y los intereses de las comunidades y entidades participantes en el proceso de restauración.

En la nueva ubicación del casco urbano, se ha contemplado la integración a la propuesta urbana de áreas de protección, favoreciendo el paso de cuerpos de agua, humedad, luminosidad, estabilidad de los suelos, así como la belleza escénica del paisaje. Se busca generar corredores ecológicos que interconecten a la reserva hídrica de El Bojoso (zona de protección de propiedad del municipio), con la zona de Pozo Largo (área destinada a la protección), con el resto del territorio rural y que permitan la conectividad de los diferentes drenajes del casco urbano con sus zonas de descarga.

Indudablemente los beneficios de estas estrategias no solo se podrían medir en beneficios para la fauna registrada, sino también en términos hídricos, paisajísticos y ecoturísticos para el municipio.

Los registros de la avifauna en la región demuestran que las aves se logran adaptar a ecosistemas rurales, donde se conserven elementos naturales como vegetación aledaña a los cursos de agua, el arbolado nativo en los cultivos y potreros, y en el mejor de los casos, fragmentos del bosque original. Si esta

vegetación, se potencia a través de la implementación y continuidad en la conectividad con zonas mejor conservadas como la reserva El Bojoso y Pozo Largo, seguramente los beneficios para la fauna y la biodiversidad serán mayores.

Debido al ciclo de vida variable (terrestre/acuático) de la herpetofauna, las charcas y humedales son muy importantes para garantizar su ciclo de vida, y al contrario, las plantaciones de especies exóticas arbóreas como pino o eucalipto se constituyen como una amenaza, pues cambian las condiciones de los suelos (Porté et al., 2004 en Betancourt, 2013) y de la “dinámica hídrica” (Oyarzún & Huber, 1999, Buytaert et al., 2007 en Betancourt, 2013). Estas plantaciones son además un factor de fragmentación del bosque nativo y en el caso de los mamíferos, aunque podrían representar algún tipo de refugio no proporcionan una oferta alimenticia.

En contraste, los registros de anfibios, reptiles y mamíferos encontrados en la vegetación secundaria alta y baja, sugieren que esta sirve como corredor de fauna entre los relictos de bosques aledaños a la zona de reubicación de Gramalote, aunque se recomienda adelantar programas de restauración que replacen vegetación exótica por nativa.

2.2.11 Condiciones de amenaza

2.2.11.1 Zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa y aptitud urbanística

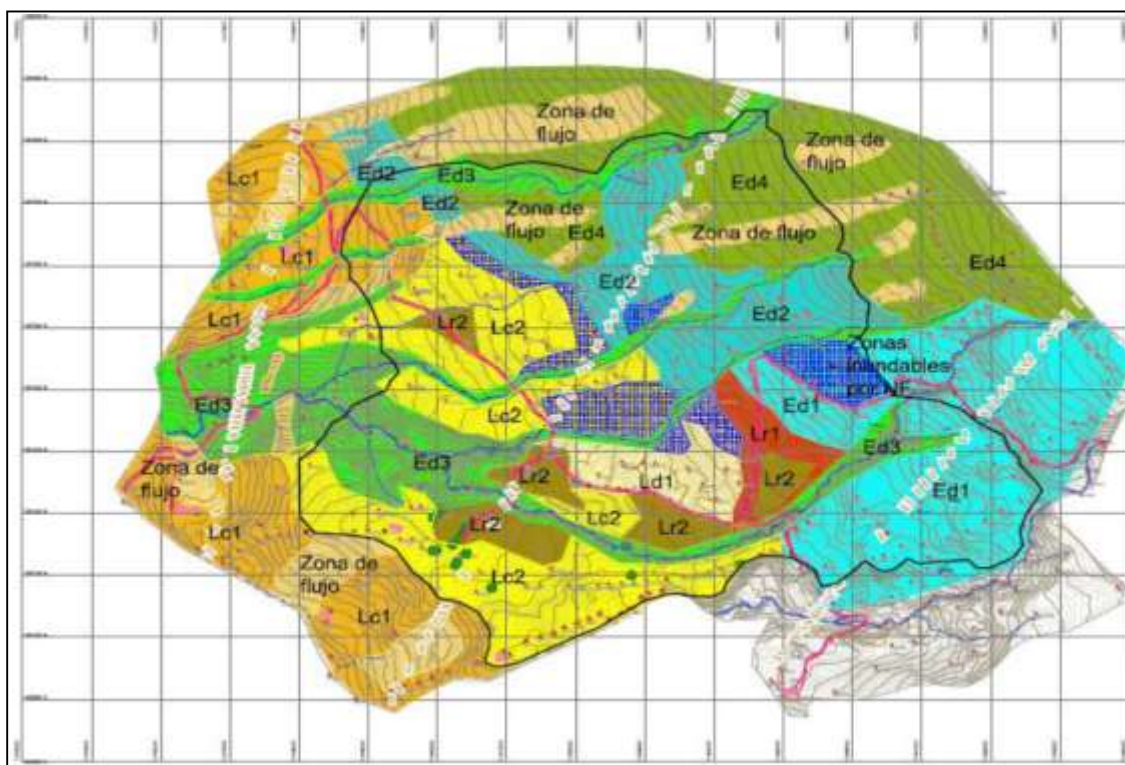
La zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa fue realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia (SCG, 2013, ver Anexo 2) en el marco del contrato N°100 de 2013 con el Fondo Adaptación y complementada con los estudios de Análisis Geotécnicos Colombianos (AGC LTDA., 2014. Ver Anexo 3), abarcando un área de 114.56 ha del sector de Miraflores.

Dicha zonificación parte del análisis de las unidades de terreno desarrollado por la SCG (2013) -véase Figura 38-, la pendiente del terreno y las investigaciones geotécnicas (perforaciones mecánicas, ensayos de laboratorio y ensayos geofísicos). La SCG (2013) trabajó sobre un polígono de 58.09 ha compuesto por tres (3) áreas principales de aptitud urbanística, como se indica en el cuadro 13 y la figura 38, que fue objeto de los análisis de estabilidad de taludes resumidos a continuación.

Inicialmente se establecieron los componentes geomorfológicos del terreno en función de la estructura geológica, las características morfométricas, el régimen de agua superficial y/o subsuperficial y su condición de estabilidad ante el escenario de ocupación y el cambio de sus condiciones naturales por el desarrollo urbano.

Para cada unidad de terreno (Figura 38) se establecieron perfiles tipo y sus respectivos modelos geológico-geotécnicos con base en la información de los sondeos manuales y mecánicos realizados, líneas sísmicas, sondeos geoléctricos verticales de resistividad y tomografías, definiendo las propiedades índice y mecánicas para cada estrato encontrado (peso unitario, cohesión, ángulo de fricción interna, módulo de elasticidad y relación de Poisson).

Figura 38. Mapa de Unidades de terreno



Fuente: SCG, 2013

A continuación se presenta la descripción de las unidades de terreno de la Figura 38:

Ed1: se trata de una componente de terreno de origen estructural que configura laderas de mayor pendiente, con inclinaciones de 10° a horizontales. En superficie se exponen areniscas de color blanco, friables, con intercalaciones de lutitas negras. Se presenta cubierta por rastros y vegetación arbustiva secundaria. (Areniscas y lodolitas plegadas y fracturadas por fallamiento).

Recomendaciones de manejo:

- Zona de adecuación urbanística con cortes.
- Se requiere de estudios complementarios para el caso de incluir en el desarrollo urbano y una evaluación detallada de los cortes de adecuación. En todos los casos se deberá garantizar la estabilidad de los cortes.

Ed2: unidad de terreno de origen estructural superficialmente conformada por un horizonte de bloques aislados de areniscas blancas, feldespáticas, calcáreas que representan relictos de la disgregación in situ de niveles de arenisca que originalmente formaban las laderas estructurales. Los planos de estratificación muestran una cubierta de bloques formados a partir de la disgregación in-situ de los niveles de areniscas superiores. El proceso de disgregación ha sido favorecido por el nivel freático colgado y la presencia de niveles delgados de lutitas intercaladas con las areniscas. Se estiman espesores entre 5 y 8 m para los horizontes de roca parcialmente meteorizados.

Ed3: unidad de terreno de origen estructural que delimita los drenajes que disecan el lote Miraflores. Configura laderas escarpadas conformadas por unidades de areniscas parcialmente desintegradas en bloques y protegidas por la vegetación de ribera de cada uno de los cauces. Estos terrenos caracterizan por la presencia de niveles freáticos colgados y superficiales. Estos sectores corresponden a áreas de conservación y manejo ambiental.

Recomendaciones de manejo:

- Se clasifican como zonas de protección ambiental y se requiere incluir dentro del proyecto de reconstrucción del municipio un programa de restauración ecológica de las áreas intervenidas para asegurar la estabilidad de las áreas de construcciones cercanas a esa unidad.
- Se deberá controlar los vertimientos generados por la ocupación urbana de las zonas de borde de esta unidad.

- Obras de control torrencial en los cauces que incrementen sus caudales por los vertimientos de aguas generadas por la ocupación urbana.
- Se recomienda la protección de los márgenes de las quebradas en los sectores donde se detecten problemas de socavación de fondo o lateral de las quebradas.

Ed4: unidad de terreno de origen estructural integrado por areniscas parcialmente desintegradas en bloques. Por su composición arenosa, representa una zona de infiltración superficial controlada por los sistemas de discontinuidades, sin embargo se identifican zonas húmedas por la afluencia de aguas de infiltración que evidencia niveles freáticos colgados por la presencia de rocas arcillosas (lutitas).

Recomendaciones de manejo: la intervención de estas laderas para su adecuación urbanística requiere de las siguientes medidas para mejorar las condiciones de estabilidad actual.

- La construcción de una zanja interceptora perimetral en el límite norte y parte alta del predio, con el fin de aislar las zonas de construcción de la acción de las aguas de infiltración.
- Adicionalmente se recomienda obras de sub-drenaje mediante filtros y drenes horizontales en las áreas de explanación y adecuación urbanística.
- Adecuación del terreno mediante cortes y rellenos controlados de acuerdo con los resultados de la investigación geotécnica y la adecuación de zonas verdes con estructuras especiales tipo muros en tierra armada para controlar la altura de los cortes de excavación.

LC1: se trata de un componente del terreno de origen estructural denudativo que en superficie se expone como un depósito coluvial de bloques de areniscas de 2 a 3 m de espesor, desarrollado a partir de la desintegración de niveles de areniscas y cubre una ladera estructural de areniscas en capas delgadas de 0.5 m a 1.0 m de espesor con un inclinación de 20°- 23°. Esta unidad se muestra muy afectada por la acción de las aguas de escorrentía de las unidades adyacentes y por las aguas de exfiltración transmitidas a través de las areniscas del subsuelo.

Recomendaciones de manejo: se requiere incluir en el desarrollo urbano, como una zona de protección y de uso restringido, con un programa de reforestación y/o de cultivos permanentes con la siembra de árboles frutales. El uso de estas áreas requiere de obras de control geotécnico y una reforestación del 40% de las áreas con vegetación arbustiva.

LC2: se trata de una componente del terreno de origen estructural denudativo que se expone en la parte central del lote disectada por drenajes consecuentes afluentes de la quebrada Miraflores y forma la divisoria de los drenajes consecuentes. Lateralmente está delimitado por laderas estructurales y representa una superficie de bloques con diámetros de 1-3 m cuyo origen se asocia a un proceso de desintegración in situ de las unidades de areniscas. En superficie se clasifica como un depósito clasto soportado (talus) en una matriz arenosa, susceptible a la erosión interna ante el cambio de las condiciones existente. Se estima un espesor 5 m para los depósitos de bloques y cubre una ladera estructural con una inclinación de 20°. Por su composición arenosa, de cantos y bloques, representa una zona de infiltración superficial con un flujo interno que afecta las unidades adyacentes. En épocas invernales, las unidades de la parte central muestran una tabla de agua colgada, por los flujos sub superficiales generados a partir de los drenajes que disectan la unidad.

Recomendaciones de manejo:

- Obras de adecuación por la pedregosidad del terreno, con la instalación de obras de subdrenaje.
- Obras preventivas de control de erosión mediante el manejo de las aguas superficiales.
- Obras de subdrenaje para control de niveles freáticos. Dependiendo de la ubicación será necesaria la instalación de drenes horizontales o filtros drenantes.
- Se requiere la protección de los drenajes que intercepta esta unidad con obras hidráulicas de entrega de las aguas lluvias y obras adicionales de control torrencial para evitar nuevos procesos de erosión.

Lr1: se trata de una componente de terreno de origen residual expuesta en la parte central lote por causa de los procesos de meteorización de los niveles de areniscas pobremente cementadas y con una disposición estructural casi horizontal. Se suelen exhibir un horizonte de suelos arenosos, donde las condiciones climáticas húmedas de la región han favorecido el desarrollado de un perfil de arenas de grano medio a fino, de alta permeabilidad. Localmente se conserva la estructura original del macizo de areniscas muy fracturadas -saprolito

a roca alterada y se caracteriza por el desarrollo de suelos arenosos susceptibles a la erosión interna. En la parte central del lote la unidad Ld1 deja expuesto un depósito coluvial arenoso sobre laderas estructurales con pendiente $<10^\circ$. Por su composición arenosa, representa una zona de infiltración superficial que alimenta los drenajes laterales.

Recomendaciones de manejo:

- Obras preventivas de control de erosión interna y manejo de las aguas superficiales.
- Se recomienda la construcción de filtros con entrega a los drenajes laterales que intercepten las aguas de infiltración y de esta forma para aislar las áreas de construcción.
- Adecuación del terreno mediante cortes y rellenos con material recebo con filtros de abatimiento de los niveles freáticos en épocas invernales.

Ed1: se trata de una componente de terreno de origen estructural que configura laderas de mayor pendiente, con inclinaciones de 10° a horizontales. En superficie se exponen areniscas de color blanco, friables, con intercalaciones de lutitas negras. Se presenta cubierta por rastrojos y vegetación arbustiva secundaria. (Areniscas y lodolitas plegadas y fracturadas por fallamiento).

Recomendaciones de manejo:

- Zona de adecuación urbanística con cortes.
- Se requiere de estudios complementarios para el caso de incluir en el desarrollo urbano y una evaluación detallada de los cortes de adecuación. En todos los casos se deberá garantizar la estabilidad de los cortes.

En el cuadro 13, se representan las áreas de aptitud urbanística y su correspondiente superficie.

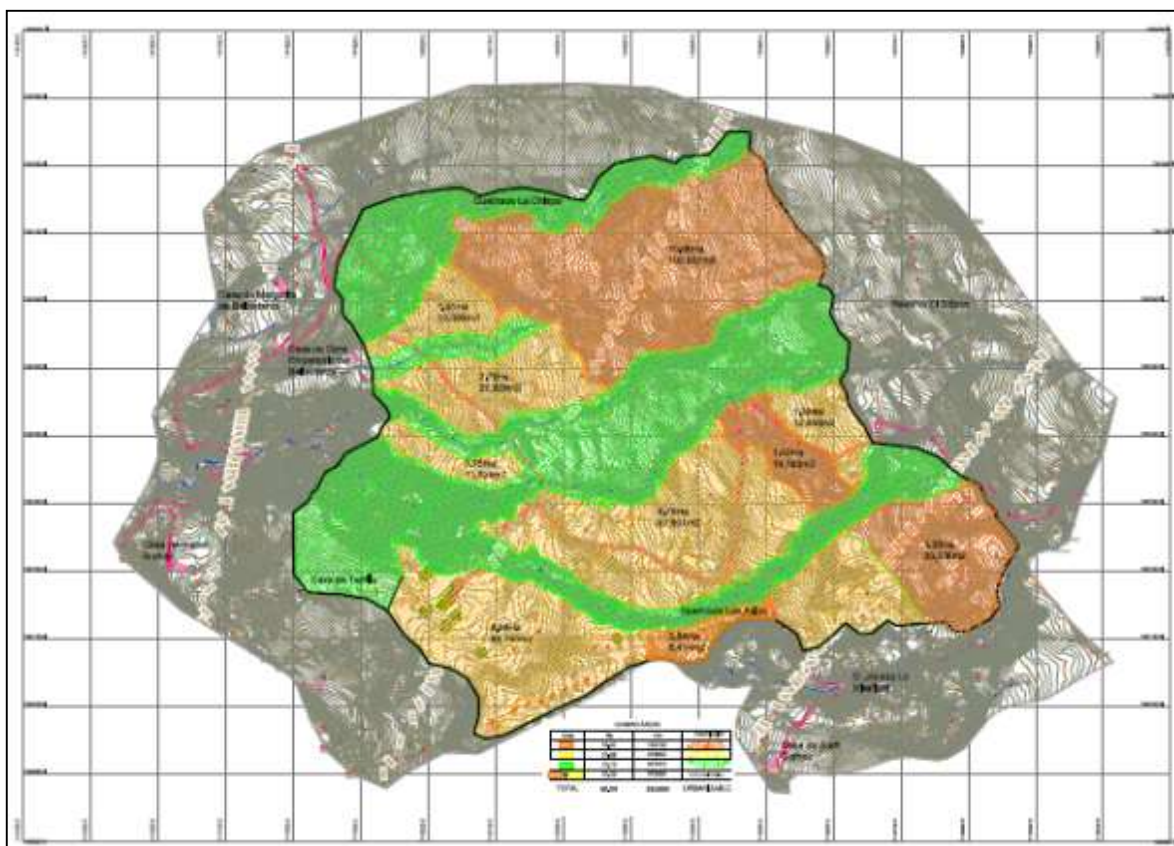
Cuadro 13. Áreas principales de actitud urbanística

Tipo de Área	Superficie (ha)
Zona construible con intervenciones mayores	15.47
Zona construible con intervenciones menores	21.88
Zona de restauración y conservación ambiental	20.73

Fuente: SCG, 2013 en CCC – CI Ambiental, 2014

En la Figura 39, se presenta la distribución de áreas urbanizables y de reserva en el sector de Miraflores.

Figura 39. Distribución de áreas urbanizables y de reserva en Miraflores, Gramalote - Norte de Santander



Fuente: SCG, 2013 en CCC – CI Ambiental, 2014

Nota: En color anaranjado la zona construible con intervenciones mayores, en color amarillo la zona construible con intervenciones menores, y en color verde la zona de restauración y conservación ambiental

Para el análisis de estabilidad del terreno, se realizaron perfiles tipo los cuales fueron modelados mediante análisis de equilibrio límite haciendo uso del software Slide®, considerando mecanismos de falla planar (deslizamiento traslacional) y circular y teniendo en cuenta cuatro escenarios dependientes de dos factores detonantes, a saber: (a) aumento de nivel freático y (b) sismo. Para la condición con nivel freático se consideró que los taludes se encontraban saturados y para la condición sin nivel freático que éstos se hallaban totalmente secos. Para las

condiciones de sismo se utilizaron dos coeficientes de aceleración para el sitio, 0.24g en el sentido horizontal y 0.12g en el sentido vertical.

Con el fin de obtener la zonificación de amenaza que combinase los diferentes escenarios se empleó la distribución Weibull Unimodal para un tiempo de exposición de 50 años para la lluvia crítica y el sismo. De este modo se obtuvieron factores de seguridad totales categorizados en tres niveles de amenaza (baja, media y alta).

Por otro lado, la SCG (2013) realizó el análisis y la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa empleando la Metodología de los Taludes Naturales (MTN). Siguiendo esta metodología se establecieron distintas familias de taludes teniendo en cuenta la cartografía geomorfológica de la zona. Adicionalmente, a partir de datos disponibles en el IDEAM se realizó un análisis de lluvias desde el 1 de enero de 1969 hasta el 30 octubre de 2011 con el fin de obtener la lluvia crítica y el período de retorno respectivo para incorporar esta variable dentro de los análisis de estabilidad para la MTN.

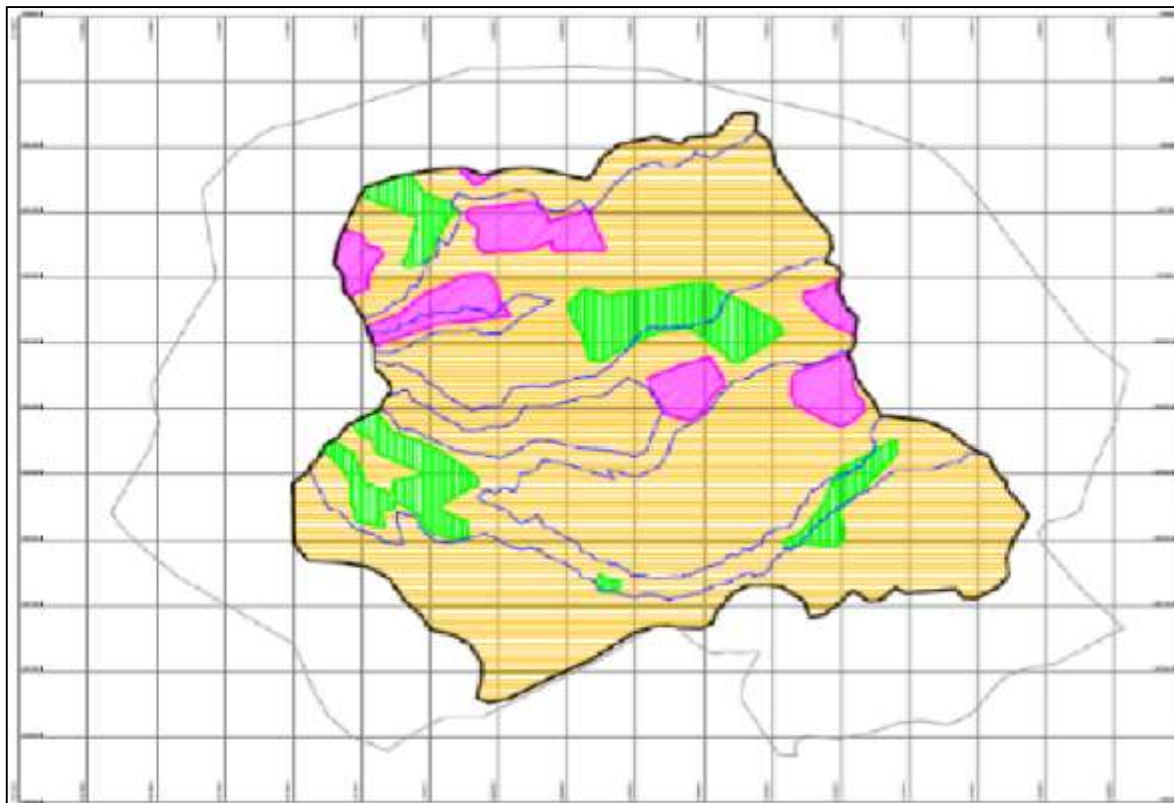
Igual que el caso de equilibrio límite, se calculó el factor de seguridad total a largo plazo para cada familia de taludes combinando probabilísticamente los cuatro escenarios previamente definidos (sin lluvia sin sismo; con lluvia sin sismo; sin lluvia con sismo; con lluvia con sismo), y agrupándolos según el factor de seguridad en tres niveles de amenaza: baja, media y alta, como se indicó anteriormente.

Por último, al combinar los resultados de la zonificación de amenaza por equilibrio límite (EL) y MTN se obtuvo como resultado la zonificación de fenómenos de remoción en masa para el polígono urbanizable de 58.09 ha, teniendo en cuenta que el período de diseño se estimó en 40 años como promedio del método de equilibrio límite (50 años) y el de la metodología de taludes naturales (29.2 años). El producto de esta actividad se resume en el cuadro 14 y el mapa de zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa se presenta en la figura 40, donde se destaca el dominio del área de amenaza media.

Cuadro 14. Calificación de amenazas por FRM del lote Miraflores SCG (2013) – 58.09 ha

Nivel de Amenaza	Factor de Seguridad Relativo, FS	Superficie (ha)	Porcentaje de la Superficie del Lote (%)
Baja	> 1.60	5.64	9.71
Media	1.60 – 1.10	48.08	82.77
Alta	< 1.1	4.37	7.40

Figura 40. Mapa de zonificación de amenaza agrupando metodologías Slide® (EL) y MTN, con período de retorno de 40 años



Fuente: SCG, 2013

Posteriormente, AGC, 2014. (Ver Anexo 3) complementó el mapa de amenazas siguiendo la misma metodología de la SCG (2013) hasta cubrir la totalidad de las 114.56 ha del lote Miraflores.

2.2.11.2 Zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa

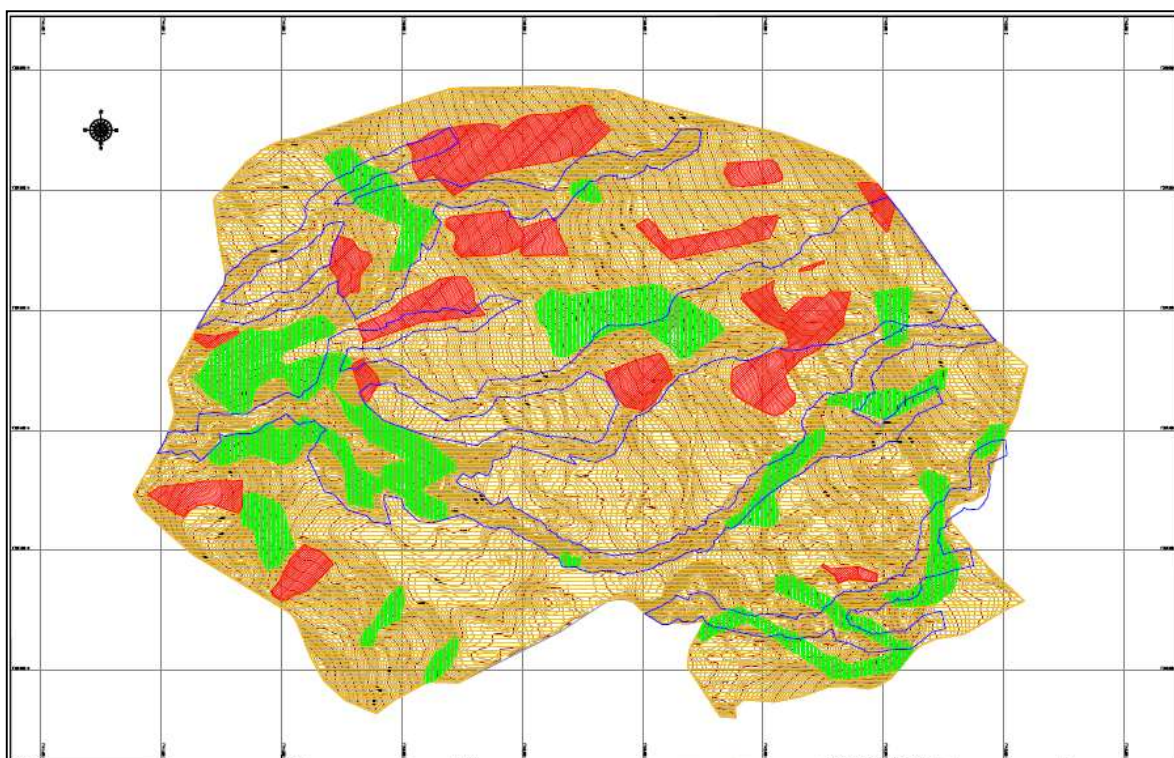
El mapa de categorización, con base en el cual se debe planificar la ocupación urbana del área de Miraflores (Figura 41) comprende cinco categorías en términos de factor de seguridad (Cuadro 15), evaluado para un período de diseño de 40 años: amenaza muy baja, amenaza baja, amenaza media, amenaza alta y amenaza muy alta. Como se puede observar, predomina el área de amenaza media. Sin embargo, cabe anotar que según afirma AGC (2014, Anexo 4), en el sitio de Miraflores no se encontraron procesos activos de fenómenos de remoción en masa, por lo que se considera que todas las condiciones de amenaza encontradas son mitigables.

Cuadro 15. Calificación de amenazas por FRM del lote Miraflores– 114.56 Ha

Nivel de Amenaza	Factor de Seguridad Total, FsT	Superficie (ha)	Porcentaje de la Superficie del Lote (%)
Muy Baja	> 2.10	4.41	3.87
Baja	$1.60 < FsT \leq 2.10$	41.74	36.62
Media	$1.10 < FsT \leq 1.60$	57.90	50.79
Alta	$0.60 < FsT \leq 1.10$	9.94	8.72
Muy Alta	$FsT \leq 0.6$	0	0

Fuente: AGC, 2014 en CCC – CI Ambiental, 2014

Figura 41. Zonificación de amenaza por movimientos en masa a largo plazo correspondiente a un período diseño de 40 años, sector de Miraflores, Gramalote, Norte de Santander



Fuente: AGC, 2014.

LEYENDA MAPA DE AMENAZA POR FRM		
FACTOR DE SEGURIDAD FsT	COLOR	ÁREA (m2)
BAJA - FsT MAYOR DE 1.60	Verde	141,260.30
MEDIA - FsT ENTRE 1.10 Y 1.60	Amarillo	897,109.49
ALTA - FsT MENOR DE 1.10	Rojo	107,158.56
TOTAL		1,145,528.34

a. Zonas de amenaza muy baja por remoción en masa. Áreas que se caracterizan por presentar un factor de seguridad mayor que 2.1.

Son zonas aptas para la urbanización sin condicionamientos de uso. No obstante se recomienda que una vez desarrolladas las obras de urbanismo, infraestructura, equipamiento o vivienda a través de diseños que aseguren el adecuado control de los taludes, los vertimientos y la escorrentía, se mantengan en un nivel de seguridad dentro del rango correspondiente al de amenaza media.

b. Zonas de amenaza baja por remoción en masa. Áreas que se caracterizan por presentar un factor de seguridad mayor que 1.6 y menor o igual que 2.1.

Son áreas aptas para la urbanización, sin embargo se recomienda que se desarrollen las obras de control de vertimientos, manejo de escorrentía y obras de mitigación y estabilización que garanticen la estabilidad de las construcciones y que permitan que el nivel de amenaza se conserve dentro del rango de factor de seguridad correspondiente al de amenaza media.

c. Zonas de amenaza media por remoción en masa Áreas que se caracterizan por presentar un factor de seguridad mayor que 1.1 y menor o igual que 1.6.

Son áreas aptas para la urbanización. Sin embargo, dado que son áreas estables ante la situación de lluvia crítica y sismo máximo, pero susceptibles a inestabilidad ante la intervención por las obras y acciones del urbanismo y la construcción de las viviendas, requieren de acciones de estabilización que garanticen la estabilidad ante las situaciones críticas de lluvia y sismo. En ese sentido, se recomienda que cuando se desarrollen las obras se garantice que el nivel de amenaza no aumente; es decir, que el factor de seguridad se mantenga en el mismo rango en que se encontraba originalmente ($1.1 < F_s \leq 1.6$).

d. Zonas de amenaza alta por remoción en masa: Áreas que se caracterizan por presentar un factor de seguridad mayor que 0.6 y menor o igual que 1.1.

Son zonas estables sin intervención, pero los análisis indican que se podrían inestabilizar durante eventos extremos de lluvia y sismo simultáneos por lo que se requieren de obras de refuerzo que garanticen su estabilidad ante la situación crítica y con las acciones y obras de urbanismo o construcción de las edificaciones. En ese sentido, se recomienda que su uso para la urbanización esté

condicionado a que se diseñen y construyan las obras de mitigación y adecuación de terreno necesarias para garantizar que el factor de seguridad de la zona, una vez terminada la urbanización, sea mayor que 1.1 ($F_s > 1.1$) en condiciones de sismo ($K_h = 0.24g$, $K_v = 0.12g$) y lluvia crítica; es decir, que el nivel de amenaza sea el que corresponde, mínimo, al de la zona de amenaza media ($1.1 < F_s \leq 1.6$).

e. Zonas de amenaza muy alta por remoción en masa: Áreas que se caracterizan por presentar un factor de seguridad menor o igual que 0.6. En el área de desarrollo estudiada en Miraflores no hay zonas con amenaza muy alta por remoción en masa.

Se recomienda que para las zonas de amenaza media y alta se implementen sistemas de monitoreo que permitan un seguimiento permanente al comportamiento del terreno

Por otra parte, se recomienda que las obras de estabilidad que se realicen se desarrollen de acuerdo con las indicaciones del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR 10, en su Título “H” en lo relacionado con el alcance de las labores de exploración del subsuelo, ensayos de campo y de laboratorio. La unidad de análisis para los estudios deberá determinarse con base en el análisis de las condiciones topográficas, geomorfológicas y geológicas de la zona.

El diseño de la intervención debe evitar que se mantenga en niveles aceptables la condición de amenaza de las áreas circundantes.

2.2.12 Evaluación de amenaza por inundación

2.2.12.1 Caudales de Diseño en las Quebradas - Metodología

Existen diferentes metodologías para la evaluación de los caudales de diseño para definir cotas de inundación, según las condiciones del terreno como área, tipo de cobertura y pendiente, entre otras. Para el caso del área definida para la localización de la nueva área urbana del municipio de Gramalote se decidió seguir el denominado Método Racional, tomando en consideración las siguientes condiciones:

- Las áreas de drenaje de las Quebradas son relativamente pequeñas. El mayor área de drenaje corresponde a la Quebrada Los Apios con 36.7 ha (0.367 km²)

- La cobertura actual corresponde a terrenos naturales, pero el proyecto implica la conversión a suelo urbano de la mayoría del terreno.
- Las pendientes de rangos medianas a altas implican cortos tiempos de concentración y mínimos efectos por tránsito de crecientes en el cauce.

A. Parámetros de diseño. El modelo matemático del método racional se expresa mediante la ecuación

$$Q = C * i * A$$

Donde Q es el caudal pico, C es el coeficiente de escorrentía, i es la intensidad de precipitación crítica y A es el área de drenaje de la hoya hidrográfica. Siendo C un parámetro adimensional (relación de volúmenes), claramente las unidades del caudal dependen de las unidades de intensidad y área.

1. Coeficiente de escorrentía, C. El coeficiente de escorrentía es un parámetro adimensional correspondiente a la relación entre el volumen de escorrentía y el volumen de precipitación. El valor se registra en tablas propuestas por diferentes investigadores, por ejemplo para calles asfaltadas se reportan valores entre 0.70 y 0.95, y para techos valores entre 0.75 y 0.95.

Para tres de las Quebradas analizadas (Los Apios, Trinidad y Cristalina) se determinó utilizar un valor de C de 0.97 (-), como un valor que garantiza un adecuado factor de seguridad en los resultados. Para la Quebrada La Zarza, dado que una parte de su área de drenaje se encuentra en la Reserva Natural del Bojoso, siguiendo una ponderación de valores de C en función del área natural y el área urbana se determinó un C de 0.84 (-). Finalmente para el drenaje secundario, al estar localizado en medio del casco urbano se le asignó un C de 0.97 (-)

2. Intensidad de precipitación crítica. La intensidad de precipitación crítica se evalúa como la intensidad, asociada a un determinado periodo de retorno, de un evento de precipitación con duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje.

Como periodo de retorno de diseño (T) se estableció un valor de 100 años, el cual se considera suficientemente amplio para el proyecto. A manera de referencia, INVIAS considera un T de 100 años para drenajes asociados con puentes de luz mayor o igual a 50 metros, de igual forma en metodologías para el acotamiento de rondas hídricas en corrientes naturales se sugiere utilizar un periodo de retorno de

15 años y para cauces altamente intervenidos en áreas urbanas periodo de 100 años donde las obras civiles interfieren con el cauce de la corriente.

El tiempo de concentración de cada una de las áreas de las Quebradas se evaluó como el promedio de dos metodologías, la de California Culvert Practice (1973) y la Ecuación de Retardo del Soil Conservation Service (SCS) (1973). Se escogieron estos dos métodos en función del estudio realizado por Kibler (1982) donde se anota que el primer método fue desarrollado para pequeñas cuencas montañosas en California, y el segundo método fue desarrollado originalmente para cuencas agrícolas y posteriormente adaptado a cuencas urbanas con áreas inferiores a 2.000 acres (800 ha.)

La tabla 5 presenta el resumen de cálculos de los tiempos de concentración para los diferentes drenajes en área prevista para el nuevo casco urbano municipal (Miraflores).

Tabla 5. Tiempos de concentración para los drenajes en el lote Miraflores

Quebrada	Longitud [m]	Pendiente [%]	L [mi]	H [ft]	tc_Kirpich [min]	L [ft]	CN [-]	tc_SCS [min]	tc [min]
Los Apios	1308	16%	0.89	826.8	10.3	4291	95	14.2	12
Trinidad	1158	19%	0.79	874.0	8.8	3799	95	11.8	10
Cristalina	1263	17%	0.86	850.4	9.8	4144	95	13.4	12
La Zarza	1210	21%	0.83	1007.9	8.7	3970	80	20.8	15

Con la definición del período de retorno y los diferentes tiempos de concentración, es posible determinar las intensidades de precipitación críticas para cada drenaje según las curvas I-D-F desarrolladas en el numeral 2.2.8.3 de este documento.

3. Área de drenaje. A partir de la topografía del área elaborada con curvas de nivel cada 1 metro, se delimitó el área de drenaje de cada quebrada; sin embargo, en tanto esta topografía solo cubre el área a urbanizar y el área de drenaje se extiende en dirección noreste hacia la reserva el Bojoso, el área faltante se determinó analizando el modelo de elevación digital del terreno Versión 2 (GDEM V2, 2011) de resolución espacial de 30 metros, obtenido del programa ASTER (Advance Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) de la Nasa.

Las áreas de drenaje así obtenidas tienen valores de 36,7 (ha) para Los Apios, 16,6 (ha) para La Trinidad, 24,9 (ha) para La Cristalina, 28,3 (ha) para La Zarza y 4,6 (ha) para el drenaje secundario.

4. Caudal de diseño. Como se anotó previamente, con los valores de los parámetros para cada una de las Quebradas se evaluó el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años. Este valor se convierte en insumo de los análisis hidráulicos de las quebradas a fin de determinar cotas de inundación y velocidades de flujo. La tabla 6 muestra el resumen de los parámetros y caudales correspondientes.

Tabla 6. Caudales para periodo de retorno de 100 años

Quebrada	C [-]	i [mm/h]	Área [m ²]	Q100 [m ³ /s]
Los Apios	0.97	234	366,629	23.1
Trinidad	0.97	245	165,878	11.0
Cristalina	0.97	238	248,817	15.9
La Zarza	0.84	223	282,932	14.6

Siguiendo la misma metodología se cuantificó un caudal de 3.6 (m³/s) para el drenaje secundario.

- **Consideraciones de Geomorfología y Nivel Freático**

A. Geomorfología. El estudio realizado por la Sociedad Colombiana de Geotecnia caracteriza geológicamente el sector de Miraflores con una secuencia de areniscas cuarzosas, en capas gruesas de la formación Aguardiente, con un perfil de roca parcialmente meteorizada de 10 a 15 m de espesor. En superficie se exponen suelos arenosos producto de la disgregación mecánica de las unidades de areniscas cuarzosas con fragmentos de areniscas muy friables. Este horizonte superficial se expone en los cortes de la vía de acceso y se estima entre los 3 y 5 m de espesor.

En el mismo estudio, la Sociedad Colombiana de Geotecnia indica que el lote Miraflores se localiza sobre una ladera estructural denudativa, con un horizonte de roca ligeramente meteorizada sobre el cual se ubica un horizonte de suelo residual arenoso, con pendientes menores de 25°, delimitada lateralmente por drenajes de

alineamiento recto a poco sinuoso (dada la alta pendiente) siguiendo la orientación de los planos de estratificación con rumbo característico suroeste.

El régimen de agua de las laderas del sector, muestra un comportamiento de infiltración, controlado por la composición arenosa de los suelos superficiales. Las aguas de infiltración son transmitidas como un flujo sub-superficial a través de las unidades de areniscas y se comporta como una zona de recarga de acuíferos superficiales que alimentan los drenajes existentes.

B. Nivel Freático. Los estudios realizados por el Servicio Geológico Colombiano, mediante una serie de perforaciones y ensayos in-situ, permitieron modelar un mapa de isopiezas para el sector de Miraflores, en el cual se observa un área importante del terreno con niveles piezométricos inferiores a 2 metros (ver Figura 9). Esta condición de niveles freáticos poco profundos, que se presenta en los periodos lluviosos, va en detrimento de las condiciones de estabilidad de las laderas y debe considerarse con especial detalle en los estudios geotécnicos tanto para el análisis de fenómenos de deslizamiento como para el diseño de la cimentación de las estructuras. En periodos secos, dada la permeabilidad del suelo y las pendientes altas a medias, el nivel freático se encuentra a mayor profundidad.

- **Aspectos Hidráulicos.** Los drenajes superficiales son creados por los procesos erosivos en los suelos arenosos que caracterizan el área prevista para el reasentamiento de la cabecera urbana del municipio de Gramalote (Miraflores), distinguiendo como quebradas perennes, recorriendo el terreno de norte a sur (quebrada La Zarza, quebrada Cristalina, quebrada Trinidad y quebrada Los Apios), mientras al sur del área a habilitar se encuentra la quebrada Miraflora.

Adicionalmente, dentro del área del futuro casco urbano se encuentra un drenaje secundario que descarga un caudal mínimo sobre la quebrada La Cristalina en épocas de lluvia (tal como lo muestran los datos referidos a los análisis y modelos elaborados para el caso y que se presentan en el numeral 2.4.3.6.5 del presente documento) el cual, desde el punto de vista hidráulico, no modifica o afecta de forma sustancial el comportamiento de los demás cuerpos hídricos y resulta ser susceptible de intervenciones tendientes a regularizar su desarrollo para mejorar su integración con el planteamiento urbanístico, sin comprometer condiciones de seguridad y estabilidad para el área urbanizable.

Para la presente síntesis e interpretación se partió de la información del estudio de hidrología en cuanto a los caudales de los sistemas de drenaje o quebradas

dentro del área prevista para el nuevo casco urbano del municipio de Gramalote, para un evento natural extraordinario dentro de un periodo de retorno de 100 años.

- **Modelo de Simulación Empleado.** La simulación de los perfiles hidráulicos de la crecida estimada para 100 años de período de retorno fue realizada utilizando el modelo HEC-RAS versión 4.1.0, cuya filosofía y capacidades se describen brevemente a continuación:

A. Filosofía del Modelo. HEC-RAS es un sistema integrado diseñado para un uso interactivo en un ambiente multitarea y multiusuario. El sistema comprende una interface gráfica, componentes hidráulicos separados, capacidad de manejo, almacenamiento de datos y facilidades de reportes.

El sistema está compuesto actualmente por dos componentes de análisis hidráulico unidimensional: Cálculo de Perfiles Superficiales en Flujo Permanente y Simulación de Flujo No Permanente, pero en el futuro está previsto incorporarle un tercer componente de cálculo de transporte de sedimentos con límites variables. Todos los componentes utilizan una representación geométrica común y comparten las mismas rutinas de cálculo. Adicionalmente, el sistema contiene varias rutinas de diseño hidráulico que pueden ser utilizadas una vez calculado el perfil superficial del agua.

B. Capacidades del modelo. HEC-RAS ha sido diseñado para realizar cálculos hidráulicos unidimensionales en sistemas completos de canales naturales o artificiales. Sus principales características son las siguientes:

Perfiles superficiales en régimen permanente:

- Este componente permite calcular los perfiles superficiales del agua en flujo permanente gradualmente variado.
- Puede manejar sistemas completos de ríos o canales, dendríticos o de un solo cauce. Las pérdidas de energía se evalúan mediante la ecuación de Manning y coeficientes de contracción y expansión.
- La ecuación de conservación de cantidad de movimiento o “Momentum” se utiliza en condiciones de flujo rápidamente variado. Esto contempla cálculos de régimen mixto (resaltos), hidráulica de puentes y confluencias de ríos, entre otros.

- Los efectos de estructuras como puentes, alcantarillas, vertederos y obstáculos diversos se toman en cuenta en los cálculos.
- Ha sido diseñado para ser aplicado en estudios de planicies inundables y tiene la capacidad de incorporar los efectos de diques marginales o limpieza y mejoramiento de cauces.
- Incorpora la posibilidad de evaluar el comportamiento del fondo del río en cuanto a la socavación local o general, así como la capacidad de transporte de sedimentos del tramo considerado.
- **Aplicación del Modelo a los Sistemas de Drenaje.** La información topográfica de las secciones transversales de cada sistema de drenaje fue incorporada al modelo HEC-RAS para elaborar el modelo específico de cada sistema de drenaje a fin de estimar la mancha de inundación en los puntos que la sección transversal no tenga capacidad hidráulica para el caudal de diseño.

A continuación se describe el procedimiento utilizado para el efecto:

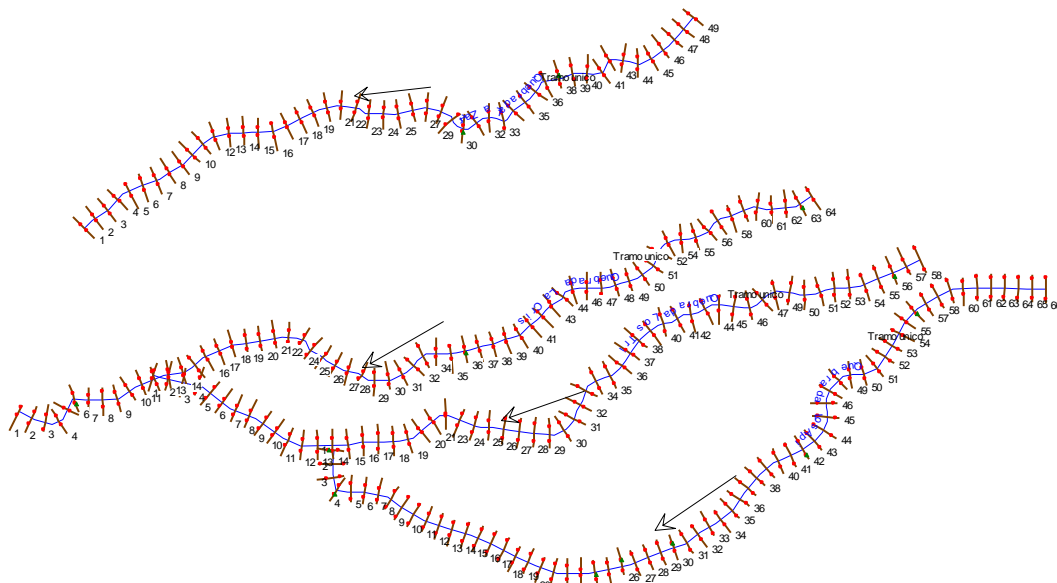
A. Datos Geométricos. Se incorporaron las secciones transversales para obtener la ubicación en planta de los tramos bajo estudio. Cada sección se introdujo por separado, especificando la información topográfica requerida (es decir progresiva – cota) y luego se indicó la distancia hasta la sección inmediatamente aguas abajo.

La numeración de las secciones se hace en orden descendiente en dirección aguas abajo. La última sección se especifica indicando una distancia nula.

El valor del coeficiente de rugosidad de Manning se indica en el editor de secciones, especificando el valor estimado tanto en el cauce principal como en la planicie derecha e izquierda, ya que todos los drenajes eran naturales se estimó una rugosidad de 0,083 bajo la metodología de Cowan y según recomendación del programa para cauces con las características presentes; solo para la quebrada La Zarza se toma una rugosidad de 0,045 ya que el fondo de la quebrada es roca en su totalidad.

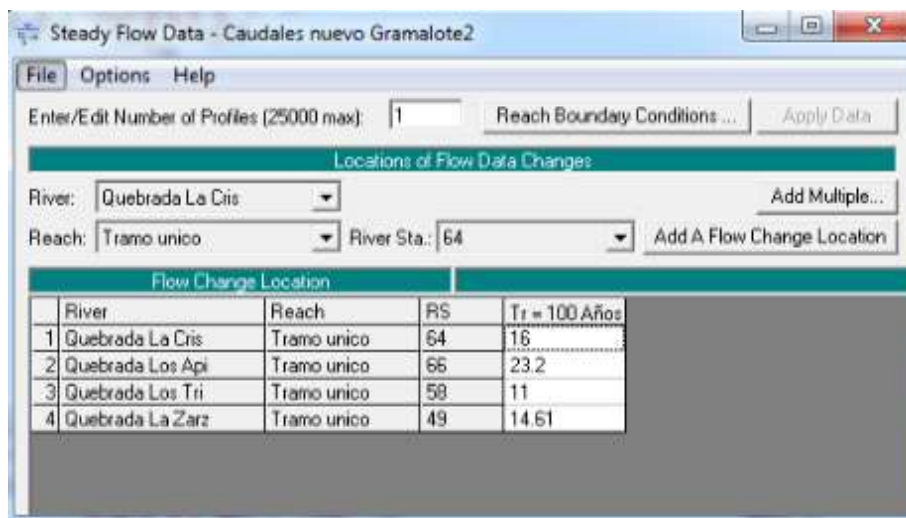
En la Figura 42, se presenta la ubicación en planta de los drenajes incorporados al modelo HEC-RAS, tomado los datos de los planos topográficos.

Figura 42. Vista en planta de los drenajes incorporados al modelo Hec – Ras



B. Datos Hidráulicos. Los caudales obtenidos del análisis Hidrológico adelantando en régimen permanente y para el periodo de retorno de 100 años en cada sistema de drenaje, se introdujeron a los parámetros de cálculo como se muestra en la Figura 43.

Figura 43. Caudales Introducidos al modelo Hec – Ras



Con base en estos datos, se procedió a efectuar el cálculo de comportamiento hidráulico para cada uno de los cuerpos hídricos identificados cuyos resultados se presentan a continuación.

- Resultados de la Simulación Hidráulica**

A. Quebrada Los Apios. Se modelaron 66 secciones transversales del cauce cada 20 metros con el objetivo de cubrir toda la longitud del cauce que tiene incidencia en la zona afectada, lo que equivale a una longitud total de 1.300 m, en la cual cada abscisa se numera en orden descendente partiendo de la abscisa K0+000 hasta la K1+300.

Láminas de Agua y Características Hidráulicas.

Se obtuvieron las láminas de agua y las características hidráulicas para las secciones analizadas, siendo los atributos más significativos la velocidad de flujo, el número de Froude, el área hidráulica y el ancho superficial, los cuales serán empleados en el cálculo de socavación de las estructuras que se proyecten.

Como resultado de la modelación hidráulica se puede observar que las velocidades oscilan en un rango de 2.6 a 6.7 m/s con tirantes de 0.70 a 2.6 metros y números de Froude por encima de 1.0, es decir flujo supercrítico en la gran mayoría de las secciones analizadas, hecho que se justifica en que la pendiente promedio es del 16%. Además se observa que el ancho superficial (Top Width) que delimita la mancha de inundación no supera en ningún caso los 30 metros, razón por la que la definición de una franja de ronda hídrica constante de 15 metros resulta ser suficiente. Los resultados de la modelación se presentan en el cuadro 16.

Cuadro 16. Características hidráulicas para T=100 años, para la quebrada Los Apios del casco urbano del Nuevo Gramalote

RESULTADOS HIDRAULICOS QUEBRADA LOS APIOS (n= 0.083)												
River Sta	Abscisa	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude #
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	(-)
66	K0+000	Tr = 100 Años	23.20	1596.99	1598.96	1599.23	1599.76	0.200033	3.96	5.87	7.72	1.45
65	K0+020	Tr = 100 Años	23.20	1593.32	1595.06	1595.28	1595.77	0.196755	3.73	6.23	9.73	1.49
64	K0+040	Tr = 100 Años	23.20	1590.13	1591.64	1591.80	1592.20	0.158399	3.31	7.00	11.53	1.36
63	K0+060	Tr = 100 Años	23.20	1586.59	1588.55	1588.72	1589.16	0.145349	3.48	6.67	8.99	1.29
62	K0+080	Tr = 100 Años	23.20	1582.86	1584.25	1584.63	1585.39	0.247282	4.72	4.91	6.20	1.70
61	K0+100	Tr = 100 Años	23.20	1580.76	1582.70	1582.70	1583.06	0.089435	2.65	8.77	12.66	1.02
60	K0+120	Tr = 100 Años	23.20	1577.04	1578.89	1579.30	1580.21	0.239312	5.09	4.56	3.89	1.50
59	K0+140	Tr = 100 Años	23.20	1569.78	1571.70	1572.44	1573.69	0.457136	6.26	3.70	2.96	1.79

Cuadro. 16 Características hidráulicas para T=100años, para la quebrada los Apios del casco urbano del nuevo Gramalote (Continuación)

58	K0+160	Tr = 100 Años	23.20	1561.44	1563.13	1563.74	1565.03	0.408561	6.11	3.80	3.86	1.97
57	K0+180	Tr = 100 Años	23.20	1557.03	1558.72	1558.99	1559.73	0.170152	4.45	5.21	4.85	1.37
56	K0+200	Tr = 100 Años	23.20	1553.80	1555.54	1555.77	1556.30	0.165636	4.01	7.05	22.10	1.37
55	K0+220	Tr = 100 Años	23.20	1548.85	1550.41	1550.90	1551.89	0.296746	5.38	4.32	4.81	1.81
54	K0+240	Tr = 100 Años	23.20	1544.64	1545.96	1546.12	1546.49	0.222640	3.25	7.16	16.17	1.54
53	K0+260	Tr = 100 Años	23.20	1541.33	1542.88	1542.97	1543.48	0.108529	3.43	6.77	7.59	1.16
52	K0+280	Tr = 100 Años	23.20	1538.38	1539.35	1539.62	1540.23	0.264144	4.14	5.60	9.81	1.75
51	K0+300	Tr = 100 Años	23.20	1532.68	1534.89	1535.15	1535.80	0.187936	4.23	5.48	5.43	1.35
50	K0+320	Tr = 100 Años	23.20	1528.57	1530.00	1530.39	1531.26	0.275707	4.98	4.66	5.76	1.77
49	K0+340	Tr = 100 Años	23.20	1524.32	1526.53	1526.69	1527.32	0.138462	3.96	5.86	5.20	1.19
48	K0+360	Tr = 100 Años	23.20	1520.00	1521.51	1522.01	1523.06	0.352534	5.52	4.20	4.93	1.91
47	K0+380	Tr = 100 Años	23.20	1514.89	1517.12	1517.29	1517.79	0.187036	3.61	6.43	9.00	1.36
46	K0+400	Tr = 100 Años	23.20	1509.29	1511.07	1511.58	1512.64	0.359586	5.56	4.17	4.38	1.82
45	K0+420	Tr = 100 Años	23.20	1503.39	1505.14	1505.54	1506.40	0.265862	4.98	4.66	5.06	1.66
44	K0+440	Tr = 100 Años	23.20	1499.77	1501.48	1501.68	1502.08	0.164544	3.43	6.77	10.24	1.35
43	K0+460	Tr = 100 Años	23.20	1497.00	1498.89	1498.96	1499.53	0.101438	3.53	6.57	6.01	1.08
42	K0+480	Tr = 100 Años	23.20	1493.20	1493.87	1494.15	1495.06	0.796969	4.88	5.02	21.40	2.74
41	K0+500	Tr = 100 Años	23.20	1487.86	1489.70	1489.80	1490.29	0.107294	3.38	6.87	7.68	1.14
40	K0+520	Tr = 100 Años	23.20	1484.74	1486.70	1486.94	1487.61	0.167076	4.22	5.50	5.38	1.33
39	K0+540	Tr = 100 Años	23.20	1482.31	1483.99	1484.15	1484.65	0.125848	3.60	6.44	7.56	1.25
38	K0+560	Tr = 100 Años	23.20	1479.07	1480.88	1481.10	1481.67	0.176865	3.96	5.86	6.90	1.37
37	K0+580	Tr = 100 Años	23.20	1475.18	1476.54	1476.85	1477.51	0.246026	4.37	5.31	7.31	1.64
36	K0+600	Tr = 100 Años	23.20	1472.56	1474.63	1474.63	1475.12	0.084654	3.10	7.48	7.65	1.00
35	K0+620	Tr = 100 Años	23.20	1469.81	1471.58	1471.88	1472.54	0.209047	4.35	5.33	6.52	1.54
34	K0+640	Tr = 100 Años	23.20	1469.28	1471.22	1471.22	1471.57	0.093571	2.64	8.79	12.54	1.01
33	K0+660	Tr = 100 Años	23.20	1466.94	1468.51	1468.69	1469.19	0.153379	3.64	6.38	8.52	1.34
32	K0+680	Tr = 100 Años	23.20	1464.47	1465.96	1466.06	1466.56	0.112162	3.42	6.79	7.81	1.17
31	K0+700	Tr = 100 Años	23.20	1462.17	1464.18	1464.18	1464.61	0.091930	2.91	7.97	9.49	1.01
30	K0+720	Tr = 100 Años	23.20	1460.28	1462.24	1462.34	1462.69	0.100167	3.09	8.44	15.32	1.02
29	K0+740	Tr = 100 Años	23.20	1458.21	1460.49	1460.49	1461.05	0.099772	3.34	6.96	6.27	1.01
28	K0+760	Tr = 100 Años	23.20	1456.48	1458.55	1458.59	1459.10	0.095008	3.29	7.05	7.02	1.05
27	K0+780	Tr = 100 Años	23.20	1455.19	1456.78	1456.81	1457.22	0.090540	2.94	7.90	9.95	1.05
26	K0+800	Tr = 100 Años	23.20	1452.36	1454.14	1454.33	1454.93	0.143187	3.95	5.88	7.33	1.25
25	K0+820	Tr = 100 Años	23.20	1450.48	1452.44	1452.44	1452.89	0.082888	2.97	7.82	8.73	1.00
24	K0+840	Tr = 100 Años	23.20	1447.99	1450.22	1450.30	1450.74	0.144994	3.18	7.29	9.15	1.14
23	K0+860	Tr = 100 Años	23.20	1445.28	1447.89	1447.93	1448.42	0.094389	3.28	7.51	8.07	0.93
22	K0+880	Tr = 100 Años	23.20	1442.41	1444.00	1444.37	1445.15	0.331703	4.74	4.89	7.47	1.87
21	K0+900	Tr = 100 Años	23.20	1439.64	1441.79	1441.79	1442.32	0.090913	3.20	7.25	7.08	1.01
20	K0+920	Tr = 100 Años	23.20	1437.78	1439.50	1439.63	1440.06	0.143530	3.30	7.02	10.20	1.27
19	K0+940	Tr = 100 Años	23.20	1435.77	1437.31	1437.32	1437.67	0.096335	2.67	8.70	12.92	1.04
18	K0+960	Tr = 100 Años	23.20	1434.30	1435.83	1435.83	1436.28	0.087085	2.96	7.84	8.76	1.00
17	K0+980	Tr = 100 Años	23.20	1432.33	1434.62	1434.62	1435.17	0.146938	3.28	7.07	6.46	1.00
16	K1+000	Tr = 100 Años	23.20	1430.32	1432.41	1432.42	1432.92	0.088225	3.16	7.34	7.40	1.01
15	K1+020	Tr = 100 Años	23.20	1427.97	1429.61	1429.85	1430.46	0.177081	4.07	5.69	6.86	1.43
14	K1+040	Tr = 100 Años	23.20	1426.79	1428.51	1428.51	1428.94	0.082567	2.93	7.92	9.09	1.00
13	K1+060	Tr = 100 Años	23.20	1425.45	1427.45	1427.45	1427.83	0.091196	2.73	8.50	11.27	1.00
12	K1+080	Tr = 100 Años	23.20	1423.97	1425.67	1425.68	1426.08	0.083344	2.84	8.15	10.38	1.02
11	K1+100	Tr = 100 Años	23.20	1422.18	1423.75	1423.83	1424.20	0.106631	2.96	7.84	11.38	1.14
10	K1+120	Tr = 100 Años	23.20	1420.31	1422.28	1422.28	1422.73	0.084529	2.96	7.83	8.75	1.00
9	K1+140	Tr = 100 Años	23.20	1419.34	1420.50	1420.52	1420.89	0.098511	2.78	8.33	11.71	1.05
8	K1+160	Tr = 100 Años	23.20	1415.95	1417.35	1417.61	1418.24	0.180325	4.17	5.56	6.89	1.48
7	K1+180	Tr = 100 Años	23.20	1413.32	1414.45	1414.60	1415.06	0.134095	3.45	6.72	8.99	1.27
6	K1+200	Tr = 100 Años	23.20	1409.77	1412.16	1412.16	1412.77	0.101625	3.46	6.71	5.58	1.01
5	K1+220	Tr = 100 Años	23.20	1404.72	1406.19	1406.86	1408.50	0.611553	6.73	3.45	4.22	2.38
4	K1+240	Tr = 100 Años	23.20	1400.01	1401.30	1401.53	1402.10	0.175223	3.96	5.86	17.44	1.47
3	K1+260	Tr = 100 Años	23.20	1395.45	1396.80	1397.14	1397.87	0.256819	4.58	5.07	7.03	1.72
2	K1+280	Tr = 100 Años	23.20	1390.48	1392.01	1392.35	1393.09	0.222897	4.61	5.04	5.55	1.54
1	K1+300	Tr = 100 Años	23.20	1386.53	1388.18	1388.38	1388.87	0.189250	4.28	8.13	22.02	1.37

B. Quebrada La Trinidad. Se modelaron 58 secciones transversales del cauce separadas cada 20 metros con el objetivo de cubrir toda la longitud del cauce que tiene incidencia en la zona afectada, lo que equivale a una longitud total de 1.140 m, en el cual cada abscisa se numera en orden descendente partiendo de la abscisa K0+000 hasta la K1+140.

Láminas de Agua y Características Hidráulicas.

Se obtuvieron las láminas de agua y las características hidráulicas para las secciones analizadas, siendo los atributos más significativos la velocidad de flujo, el número de Froude, el área hidráulica y el ancho superficial, los cuales serán empleados en el cálculo de socavación de las estructuras que se proyecten.

Como resultado de la modelación hidráulica se puede observar que las velocidades oscilan en un rango de 2.1 a 6.2 m/s con tirantes de 0.50 a 2.2 metros y números de Froude por encima de 1.0, es decir flujo supercrítico en la gran mayoría de las secciones analizadas, hecho que se justifica en que la pendiente promedio es del 19%. Además se observa que el ancho superficial (Top Width) que delimita la mancha de inundación no supera en ningún caso los 30 metros, razón por la que la definición de una franja de ronda hídrica constante de 15 metros a ambos lados del cuerpo hídrico resulta ser suficiente. Los resultados de la modelación se presentan en el cuadro 17.

Cuadro 17. Características hidráulicas para T=100 años, para la quebrada La Trinidad del casco urbano del Nuevo Gramalote

RESULTADOS HIDRAULICOS QUEBRADA LA TRINIDAD (n= 0.083)												
River Sta	Abscisa	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	(-)
58	K0+000	Tr = 100 Años	11.00	1571.62	1572.54	1572.70	1573.06	0.200376	3.19	3.45	7.32	1.48
57	K0+020	Tr = 100 Años	11.00	1565.92	1566.41	1566.54	1566.88	0.534653	3.08	3.73	20.88	2.16
56	K0+040	Tr = 100 Años	11.00	1561.06	1562.40	1562.42	1562.66	0.109585	2.29	4.79	19.17	1.08
55	K0+060	Tr = 100 Años	11.00	1554.81	1555.37	1555.79	1557.34	1.185298	6.23	1.77	5.26	3.43
54	K0+080	Tr = 100 Años	11.00	1549.36	1550.35	1550.45	1550.81	0.136246	3.00	3.67	6.22	1.25

Cuadro 17. Características hidráulicas para T=100 años, para la quebrada La Trinidad del casco urbano del Nuevo Gramalote. (Continuación)

53	K0+100	Tr = 100 Años	11.00	1544.52	1545.65	1545.96	1546.62	0.351635	4.36	2.52	4.73	1.90
52	K0+120	Tr = 100 Años	11.00	1539.41	1540.54	1540.69	1541.08	0.214117	3.26	3.38	5.71	1.35
51	K0+140	Tr = 100 Años	11.00	1533.84	1535.00	1535.29	1535.95	0.308316	4.32	2.55	4.25	1.78
50	K0+160	Tr = 100 Años	11.00	1529.01	1530.02	1530.25	1530.72	0.218195	3.73	2.95	5.03	1.55
49	K0+180	Tr = 100 Años	11.00	1524.12	1524.88	1525.12	1525.62	0.301697	3.82	2.88	6.33	1.81
48	K0+200	Tr = 100 Años	11.00	1520.28	1521.20	1521.27	1521.55	0.139407	2.63	4.18	8.60	1.21
47	K0+220	Tr = 100 Años	11.00	1514.89	1515.91	1516.25	1517.02	0.412213	4.66	2.36	4.59	2.08
46	K0+240	Tr = 100 Años	11.00	1511.61	1512.94	1512.96	1513.30	0.096018	2.67	4.12	6.23	1.05
45	K0+260	Tr = 100 Años	11.00	1508.74	1509.87	1510.07	1510.54	0.209177	3.65	3.02	5.10	1.51
44	K0+280	Tr = 100 Años	11.00	1506.64	1507.57	1507.87	1507.87	0.088551	2.39	4.59	7.97	1.01
43	K0+300	Tr = 100 Años	11.00	1503.12	1503.73	1503.96	1504.49	0.419599	3.87	2.84	8.00	2.07
42	K0+320	Tr = 100 Años	11.00	1498.62	1499.38	1499.47	1499.77	0.145387	2.79	3.95	8.17	1.28
41	K0+340	Tr = 100 Años	11.00	1494.08	1494.99	1495.23	1495.76	0.288759	3.89	2.83	5.77	1.77
40	K0+360	Tr = 100 Años	11.00	1490.95	1492.02	1492.06	1492.40	0.103563	2.74	4.01	6.35	1.10
39	K0+380	Tr = 100 Años	11.00	1487.58	1488.60	1488.83	1489.30	0.249891	3.71	2.97	5.62	1.63
38	K0+400	Tr = 100 Años	11.00	1482.46	1483.64	1483.89	1484.42	0.238000	3.91	2.81	4.53	1.58
37	K0+420	Tr = 100 Años	11.00	1478.04	1478.93	1479.13	1479.57	0.242925	3.52	3.13	6.44	1.61
36	K0+440	Tr = 100 Años	11.00	1473.07	1474.26	1474.48	1475.02	0.211666	3.88	2.84	4.13	1.49
35	K0+460	Tr = 100 Años	11.00	1469.34	1470.38	1470.56	1471.00	0.187673	3.49	3.15	5.34	1.45
34	K0+480	Tr = 100 Años	11.00	1464.75	1465.81	1466.08	1466.65	0.252016	4.07	2.70	4.32	1.64
33	K0+500	Tr = 100 Años	11.00	1460.48	1461.76	1461.93	1462.38	0.178141	3.48	3.17	4.83	1.37
32	K0+520	Tr = 100 Años	11.00	1457.42	1458.46	1458.60	1459.01	0.157249	3.31	3.32	5.31	1.34
31	K0+540	Tr = 100 Años	11.00	1454.06	1455.23	1455.38	1455.78	0.166100	3.30	3.33	5.55	1.36
30	K0+560	Tr = 100 Años	11.00	1450.11	1451.00	1451.21	1451.67	0.258789	3.64	3.02	6.33	1.68
29	K0+580	Tr = 100 Años	11.00	1445.93	1447.03	1447.19	1447.62	0.161237	3.39	3.24	4.99	1.34
28	K0+600	Tr = 100 Años	11.00	1442.39	1443.58	1443.75	1444.18	0.183902	3.44	3.20	5.37	1.42
27	K0+620	Tr = 100 Años	11.00	1439.86	1441.07	1441.11	1441.45	0.100849	2.72	4.05	6.29	1.08
26	K0+640	Tr = 100 Años	11.00	1437.68	1439.01	1439.05	1439.42	0.101652	2.83	3.88	5.48	1.08
25	K0+660	Tr = 100 Años	11.00	1435.60	1436.92	1436.97	1437.33	0.108020	2.82	3.90	5.84	1.10
24	K0+680	Tr = 100 Años	11.00	1433.76	1434.77	1434.82	1435.10	0.112219	2.55	4.31	8.32	1.13
23	K0+700	Tr = 100 Años	11.00	1431.00	1431.99	1432.10	1432.40	0.164671	2.85	3.85	8.23	1.33
22	K0+720	Tr = 100 Años	11.00	1427.15	1429.32	1429.39	1429.72	0.111025	2.86	4.19	7.10	0.91
21	K0+740	Tr = 100 Años	11.00	1425.08	1426.22	1426.45	1426.82	0.194349	3.41	3.23	5.79	1.44
20	K0+760	Tr = 100 Años	11.00	1421.88	1423.15	1423.25	1423.68	0.127787	3.22	3.41	4.43	1.17
19	K0+780	Tr = 100 Años	11.00	1416.46	1417.22	1417.60	1418.61	0.685280	5.22	2.11	4.84	2.52
18	K0+800	Tr = 100 Años	11.00	1411.59	1412.70	1412.81	1413.22	0.133253	3.18	3.46	4.93	1.21
17	K0+820	Tr = 100 Años	11.00	1406.88	1407.93	1408.33	1409.11	0.342230	4.80	2.29	3.17	1.80
16	K0+840	Tr = 100 Años	11.00	1401.48	1402.58	1402.84	1403.38	0.234189	3.96	2.78	4.22	1.56
15	K0+860	Tr = 100 Años	11.00	1398.00	1399.38	1399.43	1399.83	0.132250	2.97	3.70	4.96	1.10
14	K0+880	Tr = 100 Años	11.00	1391.92	1392.69	1393.18	1394.53	0.709562	6.01	1.83	3.52	2.66
13	K0+900	Tr = 100 Años	11.00	1386.20	1387.16	1387.29	1387.68	0.183704	3.19	3.45	5.57	1.29
12	K0+920	Tr = 100 Años	11.00	1382.37	1383.03	1383.21	1383.63	0.222972	3.43	3.21	6.49	1.56
11	K0+940	Tr = 100 Años	11.00	1379.31	1380.50	1380.50	1380.89	0.093203	2.78	3.95	5.07	1.01
10	K0+960	Tr = 100 Años	11.00	1376.40	1377.05	1377.27	1377.78	0.299911	3.80	2.90	6.31	1.79
9	K0+980	Tr = 100 Años	11.00	1372.48	1373.59	1373.68	1374.09	0.121173	3.12	3.53	4.73	1.15
8	K1+000	Tr = 100 Años	11.00	1369.86	1371.07	1371.18	1371.59	0.128803	3.19	3.44	4.56	1.17
7	K1+020	Tr = 100 Años	11.00	1367.08	1368.20	1368.30	1368.64	0.167708	2.92	3.77	7.21	1.29
6	K1+040	Tr = 100 Años	11.00	1364.77	1365.50	1365.55	1365.83	0.116506	2.54	4.32	8.49	1.14
5	K1+060	Tr = 100 Años	11.00	1361.04	1361.88	1362.10	1362.59	0.234375	3.73	2.95	5.35	1.60
4	K1+080	Tr = 100 Años	11.00	1359.47	1360.35	1360.35	1360.58	0.100179	2.13	5.17	11.62	1.02
3	K1+100	Tr = 100 Años	11.00	1357.02	1357.92	1358.00	1358.30	0.128718	2.74	4.02	7.63	1.20
2	K1+120	Tr = 100 Años	11.00	1354.83	1356.06	1356.06	1356.30	0.093694	2.18	5.05	10.62	1.01
1	K1+140	Tr = 100 Años	11.00	1352.68	1353.71	1353.79	1354.13	0.124847	2.89	3.80	6.17	1.18

C. Quebrada La Cristalina. Se modelaron 64 secciones transversales del cauce cada 20 metros con el objetivo de cubrir toda la longitud del cauce que tiene incidencia en la zona afectada, lo que equivale a una longitud total de 1.260 m, en el cual cada abscisa se debe numerar en orden descendente partiendo de la abscisa K0+000 hasta la K1+260.

Láminas de Agua y Características Hidráulicas

Se obtuvo las láminas de agua y características hidráulicas para las secciones analizadas, los características más significativos son la velocidad de flujo, el número de Froude, el área hidráulica y el ancho superficial; los cuales serán empleados en el cálculo de socavación de las estructuras que se proyecten.

Como resultado de la modelación hidráulica se puede observar que las velocidades oscilan en un rango de 1.7 a 7.5 m/s con tirantes de 0.40 a 1.9 metros y números de Froude por encima de 1.0, es decir flujo supercrítico en la gran mayoría de las secciones analizadas, esto se debe a que la pendiente promedio es del 17%.

Además se observa que el ancho superficial (Top Width) que delimita la mancha de inundación no supera en ningún caso los 30 metros, razón por la que la definición de una franja de ronda hídrica constante de 15 metros a ambos lados del cuerpo hídrico resulta ser suficiente. Los resultados de la modelación se presentan en el cuadro 18.

Cuadro 18. Características hidráulicas para T=100 años, para la quebrada La Cristalina del casco urbano del Nuevo Gramalote

RESULTADOS HIDRAULICOS QUEBRADA LA CRISTALINA (n= 0.083)												
River Sta	Abscisa	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	(-)
64	K0+000	Tr = 100 Años	16.00	1554.42	1555.11	1555.25	1555.60	0.200050	3.12	5.12	11.41	1.49
63	K0+020	Tr = 100 Años	16.00	1550.74	1551.59	1551.69	1551.98	0.161861	2.79	5.73	21.27	1.34
62	K0+040	Tr = 100 Años	16.00	1546.34	1546.82	1546.94	1547.24	0.380338	2.87	5.60	23.10	1.87
61	K0+060	Tr = 100 Años	16.00	1540.95	1542.21	1542.37	1542.78	0.145641	3.33	4.80	7.30	1.31

Cuadro 18. Características hidráulicas para T=100 años, para la quebrada La Cristalina del casco urbano del Nuevo Gramalote. (Continuación)

60	K0+080	Tr = 100 Años	16.00	1535.93	1537.04	1537.46	1538.34	0.363287	5.05	3.17	4.93	2.01
59	K0+100	Tr = 100 Años	16.00	1531.53	1532.59	1532.76	1533.14	0.180650	3.30	4.85	9.15	1.44
58	K0+120	Tr = 100 Años	16.00	1527.00	1527.53	1527.66	1527.97	0.394430	2.95	5.45	21.89	1.90
57	K0+140	Tr = 100 Años	16.00	1522.04	1523.35	1523.47	1523.87	0.124709	3.19	5.02	7.24	1.22
56	K0+160	Tr = 100 Años	16.00	1518.00	1519.19	1519.52	1520.19	0.290104	4.41	3.63	5.99	1.81
55	K0+180	Tr = 100 Años	16.00	1512.84	1514.16	1514.45	1515.05	0.226083	4.18	3.83	5.52	1.60
54	K0+200	Tr = 100 Años	16.00	1510.69	1511.87	1511.92	1512.18	0.089767	2.46	6.55	14.49	1.03
53	K0+220	Tr = 100 Años	16.00	1503.59	1504.49	1505.08	1507.37	1.357657	7.53	2.13	4.95	3.67
52	K0+240	Tr = 100 Años	16.00	1497.22	1498.58	1498.77	1499.23	0.171846	3.57	4.48	6.79	1.40
51	K0+260	Tr = 100 Años	16.00	1491.93	1493.12	1493.55	1494.44	0.343699	5.09	3.14	4.36	1.92
50	K0+280	Tr = 100 Años	16.00	1488.22	1489.59	1489.74	1490.22	0.131454	3.51	4.56	5.64	1.24
49	K0+300	Tr = 100 Años	16.00	1485.71	1487.34	1487.40	1487.83	0.105410	3.11	5.15	6.42	1.11
48	K0+320	Tr = 100 Años	16.00	1482.21	1483.62	1483.94	1484.61	0.266092	4.41	3.63	5.31	1.70
47	K0+340	Tr = 100 Años	16.00	1478.43	1479.90	1480.08	1480.56	0.152588	3.58	4.47	6.03	1.33
46	K0+360	Tr = 100 Años	16.00	1474.29	1475.53	1475.86	1476.51	0.276264	4.37	3.66	5.82	1.76
45	K0+380	Tr = 100 Años	16.00	1468.76	1470.12	1470.43	1471.08	0.266504	4.34	3.69	5.60	1.71
44	K0+400	Tr = 100 Años	16.00	1464.68	1466.50	1466.65	1467.12	0.145908	3.47	4.61	5.55	1.22
43	K0+420	Tr = 100 Años	16.00	1460.01	1461.33	1461.77	1462.72	0.352171	5.22	3.06	3.89	1.88
42	K0+440	Tr = 100 Años	16.00	1455.35	1456.93	1457.08	1457.48	0.186205	3.28	4.87	8.53	1.39
41	K0+460	Tr = 100 Años	16.00	1450.77	1451.97	1452.29	1452.94	0.276319	4.36	3.67	5.53	1.71
40	K0+480	Tr = 100 Años	16.00	1447.83	1449.31	1449.34	1449.77	0.094926	3.00	5.34	6.56	1.06
39	K0+500	Tr = 100 Años	16.00	1445.12	1446.50	1446.72	1447.21	0.177959	3.71	4.31	6.13	1.41
38	K0+520	Tr = 100 Años	16.00	1442.38	1443.91	1443.98	1444.41	0.108461	3.14	5.10	6.45	1.13
37	K0+540	Tr = 100 Años	16.00	1440.04	1441.36	1441.50	1441.89	0.147285	3.25	4.93	7.84	1.31
36	K0+560	Tr = 100 Años	16.00	1437.16	1438.33	1438.52	1438.83	0.158565	3.14	5.10	22.55	1.33
35	K0+580	Tr = 100 Años	16.00	1434.06	1434.82	1434.93	1435.19	0.205923	2.74	6.00	16.21	1.46
34	K0+600	Tr = 100 Años	16.00	1429.22	1431.07	1431.21	1431.75	0.143680	3.64	4.39	4.63	1.19
33	K0+620	Tr = 100 Años	16.00	1427.17	1427.57	1427.67	1427.91	0.252215	2.60	6.16	21.89	1.56
32	K0+640	Tr = 100 Años	16.00	1423.80	1424.91	1424.91	1425.24	0.084393	2.54	6.30	9.74	1.01
31	K0+660	Tr = 100 Años	16.00	1421.09	1422.13	1422.33	1422.78	0.187803	3.58	4.47	7.54	1.49
30	K0+680	Tr = 100 Años	16.00	1417.86	1418.78	1418.90	1419.15	0.168270	2.71	6.02	15.78	1.35
29	K0+700	Tr = 100 Años	16.00	1415.84	1417.10	1417.10	1417.43	0.082109	2.54	6.31	9.65	1.00
28	K0+720	Tr = 100 Años	16.00	1413.49	1414.51	1414.69	1415.12	0.168467	3.46	4.63	7.60	1.41
27	K0+740	Tr = 100 Años	16.00	1411.74	1412.97	1412.97	1413.32	0.082546	2.62	6.11	8.87	1.01
26	K0+760	Tr = 100 Años	16.00	1409.86	1410.98	1411.04	1411.36	0.117552	2.76	5.81	10.35	1.17
25	K0+780	Tr = 100 Años	16.00	1408.31	1409.79	1409.79	1410.09	0.085727	2.43	6.59	11.06	1.00
24	K0+800	Tr = 100 Años	16.00	1405.66	1406.62	1406.85	1407.34	0.244829	3.76	4.25	7.88	1.63
23	K0+820	Tr = 100 Años	16.00	1398.37	1399.47	1399.94	1401.00	0.413681	5.48	2.92	4.21	2.10
22	K0+840	Tr = 100 Años	16.00	1391.30	1392.10	1392.44	1393.22	0.355823	4.69	3.41	6.16	2.01
21	K0+860	Tr = 100 Años	16.00	1383.54	1385.15	1385.46	1386.08	0.352316	4.27	3.75	5.36	1.63
20	K0+880	Tr = 100 Años	16.00	1378.36	1379.41	1379.69	1380.29	0.240697	4.17	3.83	6.00	1.67
19	K0+900	Tr = 100 Años	16.00	1372.86	1374.21	1374.54	1375.19	0.269371	4.40	3.64	5.18	1.68
18	K0+920	Tr = 100 Años	16.00	1367.72	1367.37	1367.57	1368.05	0.481438	4.40	4.37	14.75	0.00
17	K0+940	Tr = 100 Años	16.00	1361.55	1362.96	1363.10	1363.54	0.129085	3.38	4.73	6.09	1.22
16	K0+960	Tr = 100 Años	16.00	1357.30	1358.45	1358.81	1359.60	0.325442	4.76	3.36	5.18	1.88
15	K0+980	Tr = 100 Años	16.00	1351.38	1352.90	1353.11	1353.51	0.270996	3.47	4.61	8.99	1.55
14	K1+000	Tr = 100 Años	16.00	1349.33	1350.56	1350.56	1350.96	0.084284	2.77	5.78	7.51	1.01
13	K1+020	Tr = 100 Años	16.00	1347.04	1348.36	1348.45	1348.96	0.117437	3.43	4.66	5.07	1.14
12	K1+040	Tr = 100 Años	16.00	1346.50	1347.57	1347.57	1347.93	0.082110	2.63	6.09	8.78	1.01
11	K1+060	Tr = 100 Años	16.00	1346.14	1346.96	1346.96	1347.21	0.089164	2.22	7.21	14.71	1.01
10	K1+080	Tr = 100 Años	16.00	1343.42	1344.69	1344.77	1345.22	0.108690	3.24	4.94	5.97	1.13
9	K1+100	Tr = 100 Años	16.00	1341.96	1343.20	1343.20	1343.62	0.083240	2.88	5.56	6.68	1.01
8	K1+120	Tr = 100 Años	16.00	1339.71	1340.61	1340.79	1341.24	0.179388	3.52	4.54	7.57	1.45
7	K1+140	Tr = 100 Años	16.00	1338.84	1339.61	1339.61	1339.83	0.090597	1.72	7.90	17.97	0.94
6	K1+160	Tr = 100 Años	16.00	1338.05	1339.17	1339.17	1339.53	0.081513	2.65	6.03	12.03	1.01
5	K1+180	Tr = 100 Años	16.00	1336.74	1338.10	1338.10	1338.29	0.049801	2.10	8.99	18.83	0.77
4	K1+200	Tr = 100 Años	16.00	1335.33	1336.34	1336.43	1336.76	0.126498	2.89	5.54	9.75	1.22
3	K1+220	Tr = 100 Años	16.00	1332.58	1333.63	1333.75	1334.16	0.133378	3.22	4.96	7.45	1.26
2	K1+240	Tr = 100 Años	16.00	1330.98	1332.05	1332.05	1332.37	0.083215	2.51	6.38	10.11	1.01
1	K1+260	Tr = 100 Años	16.00	1335.68	1336.39	1336.39	1336.63	0.069871	2.25	7.69	16.70	0.93

D. Quebrada La Zarza. Se modelaron 49 secciones transversales del cauce cada 20 metros con el objetivo de cubrir toda la longitud del cauce que tiene incidencia en la zona afectada, lo que equivale a una longitud total de 960 m, en el cual cada abscisa se numera en orden descendente partiendo de la abscisa K0+000 hasta la K0+960.

Láminas de Agua y Características Hidráulicas

Se obtuvo las láminas de agua y características hidráulicas para las secciones analizadas, los características más significativos son la velocidad de flujo, el número de Froude, el área hidráulica y el ancho superficial; los cuales serán empleados en el cálculo de socavación de las estructuras que se proyecten.

Como resultado de la modelación hidráulica se puede observar que las velocidades oscilan en un rango de 2.3 a 8.8 m/s con tirantes de 0.40 a 1.7 metros y números de Froude por encima de 1.0, es decir flujo supercrítico en la gran mayoría de las secciones analizadas, esto se debe a que la pendiente promedio es del 21%.

Además se observa que el ancho superficial (Top Width) que delimita la mancha de inundación total no supera en ningún caso los 30 metros, razón por la que la definición de una franja de ronda hídrica constante de 15 metros a ambos lados del cuerpo hídrico resulta ser suficiente. Los resultados de la modelación se presentan en el cuadro 19.

Cuadro 19. Características hidráulicas para T=100 años, para la quebrada La Zarza del casco urbano del Nuevo Gramalote

RESULTADOS HIDRAULICOS QUEBRADA LA ZARZA (n= 0.045)												
River Sta	Abscisa	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	(-)
49	K0+000	Tr = 100 Años	14.61	1547.71	1548.71	1549.20	1550.44	0.250172	5.84	2.50	4.33	2.45
48	K0+020	Tr = 100 Años	14.61	1543.50	1544.66	1545.12	1546.11	0.182736	5.35	2.73	4.15	2.10
47	K0+040	Tr = 100 Años	14.61	1537.48	1538.09	1538.57	1540.28	0.520021	6.55	2.23	6.15	3.47
46	K0+060	Tr = 100 Años	14.61	1531.89	1532.59	1532.86	1533.51	0.216079	4.24	3.45	9.25	2.22
45	K0+080	Tr = 100 Años	14.61	1527.28	1528.40	1528.82	1529.72	0.163786	5.09	2.87	4.33	1.99
44	K0+100	Tr = 100 Años	14.61	1522.44	1523.50	1524.09	1525.52	0.268720	6.29	2.32	3.43	2.44

Cuadro 19. Características hidráulicas para T=100 años, para la quebrada La Zarza del casco urbano del Nuevo Gramalote. (Continuación)

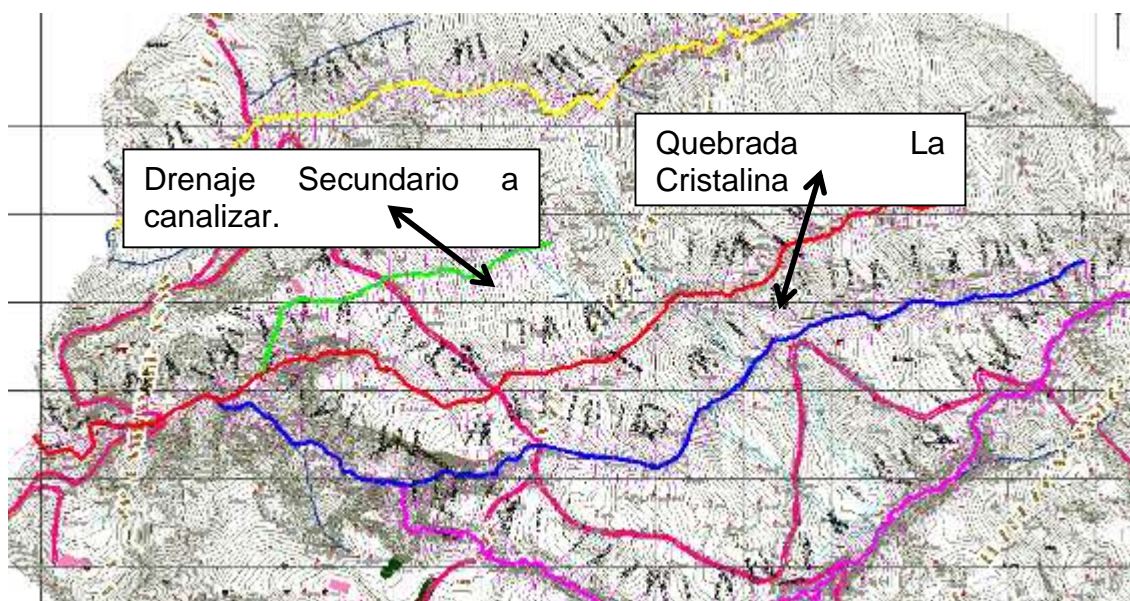
43	K0+120	Tr = 100 Años	14.61	1520.12	1521.03	1521.29	1521.83	0.113054	3.97	3.68	6.67	1.70
42	K0+140	Tr = 100 Años	14.61	1515.37	1516.18	1516.65	1518.06	0.346092	6.08	2.40	5.31	2.89
41	K0+160	Tr = 100 Años	14.61	1512.19	1513.60	1513.87	1514.51	0.094537	4.22	3.47	4.17	1.48
40	K0+180	Tr = 100 Años	14.61	1508.38	1509.41	1509.87	1511.15	0.348777	5.84	2.50	5.37	2.73
39	K0+200	Tr = 100 Años	14.61	1506.84	1508.46	1508.48	1508.84	0.043546	2.73	5.35	7.68	1.05
38	K0+220	Tr = 100 Años	14.61	1501.20	1502.30	1502.94	1506.27	0.666820	8.83	1.65	7.54	3.66
37	K0+240	Tr = 100 Años	14.61	1495.81	1496.45	1496.76	1497.58	0.258069	4.71	3.10	8.37	2.47
36	K0+260	Tr = 100 Años	14.61	1488.86	1489.73	1490.23	1491.68	0.330873	6.18	2.37	4.79	2.80
35	K0+280	Tr = 100 Años	14.61	1483.35	1484.28	1484.71	1485.80	0.251816	5.47	2.67	5.41	2.49
34	K0+300	Tr = 100 Años	14.61	1478.87	1479.50	1479.82	1480.63	0.253753	4.71	3.10	8.29	2.46
33	K0+320	Tr = 100 Años	14.61	1476.11	1476.85	1476.95	1477.19	0.110348	2.59	5.65	20.01	1.55
32	K0+340	Tr = 100 Años	14.61	1473.37	1474.60	1474.78	1475.18	0.089304	3.38	4.32	8.35	1.50
31	K0+360	Tr = 100 Años	14.61	1470.77	1471.84	1472.15	1472.82	0.157778	4.38	3.34	6.71	1.98
30	K0+380	Tr = 100 Años	14.61	1467.43	1468.47	1468.83	1469.63	0.159062	4.77	3.06	14.21	2.00
29	K0+400	Tr = 100 Años	14.61	1463.76	1464.44	1464.77	1465.62	0.259753	4.82	3.03	7.81	2.47
28	K0+420	Tr = 100 Años	14.61	1460.90	1462.58	1462.68	1463.06	0.066811	3.06	4.78	7.52	1.22
27	K0+440	Tr = 100 Años	14.61	1458.29	1459.17	1459.57	1460.60	0.262584	5.30	2.76	6.17	2.53
26	K0+460	Tr = 100 Años	14.61	1454.81	1455.70	1455.97	1456.55	0.148709	4.10	3.56	7.67	1.92
25	K0+480	Tr = 100 Años	14.61	1451.83	1452.58	1452.88	1453.54	0.151751	4.35	3.36	6.76	1.97
24	K0+500	Tr = 100 Años	14.61	1447.31	1448.15	1448.54	1449.56	0.265530	5.26	2.78	6.34	2.54
23	K0+520	Tr = 100 Años	14.61	1443.84	1444.83	1445.17	1445.86	0.129074	4.48	3.26	5.29	1.82
22	K0+540	Tr = 100 Años	14.61	1441.09	1442.04	1442.36	1443.07	0.150483	4.51	3.24	6.01	1.96
21	K0+560	Tr = 100 Años	14.61	1438.12	1439.23	1439.57	1440.18	0.136810	4.31	3.39	7.15	1.86
20	K0+580	Tr = 100 Años	14.61	1431.60	1432.45	1433.04	1435.25	0.507643	7.42	1.97	4.19	3.46
19	K0+600	Tr = 100 Años	14.61	1428.34	1429.11	1429.38	1429.95	0.135290	4.05	3.61	7.38	1.85
18	K0+620	Tr = 100 Años	14.61	1425.38	1426.26	1426.51	1427.07	0.152905	4.00	3.66	8.41	1.93
17	K0+640	Tr = 100 Años	14.61	1417.28	1418.08	1418.72	1421.35	0.624741	8.01	1.82	4.04	3.80
16	K0+660	Tr = 100 Años	14.61	1408.60	1409.06	1409.32	1410.17	0.421232	4.68	3.12	12.45	2.98
15	K0+680	Tr = 100 Años	14.61	1402.90	1403.47	1403.77	1404.46	0.203747	4.41	3.31	8.30	2.23
14	K0+700	Tr = 100 Años	14.61	1397.64	1398.30	1398.68	1399.67	0.281533	5.18	2.82	6.99	2.60
13	K0+720	Tr = 100 Años	14.61	1391.96	1392.62	1392.98	1393.96	0.288785	5.12	2.86	7.40	2.63
12	K0+740	Tr = 100 Años	14.61	1386.05	1386.92	1387.34	1388.41	0.265793	5.39	2.71	5.91	2.54
11	K0+760	Tr = 100 Años	14.61	1379.45	1379.87	1380.20	1381.32	0.494604	5.32	2.74	10.17	3.27
10	K0+780	Tr = 100 Años	14.61	1375.00	1375.81	1376.09	1376.69	0.126278	4.16	3.52	6.51	1.81
9	K0+800	Tr = 100 Años	14.61	1373.81	1374.95	1374.95	1375.29	0.038102	2.58	5.66	8.43	1.00
8	K0+820	Tr = 100 Años	14.61	1370.48	1371.09	1371.59	1373.27	0.462898	6.53	2.24	5.62	3.31
7	K0+840	Tr = 100 Años	14.61	1366.92	1368.31	1368.59	1369.17	0.099184	4.11	3.56	5.15	1.58
6	K0+860	Tr = 100 Años	14.61	1363.74	1364.44	1364.84	1365.94	0.290730	5.43	2.69	6.33	2.66
5	K0+880	Tr = 100 Años	14.61	1361.48	1362.31	1362.42	1362.73	0.086271	2.87	5.09	11.63	1.39
4	K0+900	Tr = 100 Años	14.61	1354.48	1355.39	1356.08	1358.81	0.595833	8.19	1.78	3.50	3.66
3	K0+920	Tr = 100 Años	14.61	1350.74	1351.74	1352.06	1352.74	0.151076	4.43	3.30	6.32	1.96
2	K0+940	Tr = 100 Años	14.61	1348.76	1350.06	1350.22	1350.67	0.068195	3.44	4.24	6.35	1.34
1	K0+960	Tr = 100 Años	14.61	1346.25	1347.08	1347.45	1348.35	0.221611	4.98	2.93	6.38	2.34

E. Drenaje Secundario. Este drenaje tiene una longitud aproximada de 400 m y desemboca sobre la quebrada La Cristalina. Este canal drena un caudal mínimo en época de verano (correspondiente a flujo subsuperficial) y en época de lluvias se estima que conduciría un caudal menor, por lo que se propone su canalización

que, a nivel de prediseño, contemplaría un canal rectangular de 1.0m de base y 1.0m de altura con gradas entre 0.50 m y 1.00 m, ajustándolo al perfil topográfico, con pendiente máxima del 2.0% para evitar erosión en el perímetro del canal, y la delimitación de una franja de retiro con un ancho mínimo de 2.00 m a lado y lado del canal, de manera que se articule adecuadamente con los planteamientos urbanísticos propuestos.

Según el estudio hidrológico, este drenaje evacúa un caudal de 3.60 m³/s como Q100, con pendientes en diferentes tramos de 10.50%, 18.30% y 45.60%, por lo que se debe considerar como canal de alta pendiente y diseñarse contemplando gradas disipadoras. En la figura 44, se muestra la ubicación del drenaje secundario.

Figura 44. Ubicación Drenaje Secundario



2.2.12.2 Análisis de amenaza de eventos de inundación

Dado que el terreno posee un relieve de alta pendiente, la principal amenaza no es por riesgo de inundación sino por procesos erosivos, principalmente sobre los taludes de las Quebradas. Frente a ello, se recomiendan medidas de mitigación orientadas a dos aspectos fundamentales: i) la intercepción de escorrentías superficial y subsuperficial para redireccionar el flujo hacia las quebradas perimetrales de la zona a urbanizar y; ii) la ejecución de obras de protección en los taludes de las Quebradas.

Debido a los procesos erosivos que se puedan presentar sobre los taludes de los cauces naturales, se recomienda realizar un estudio hidráulico detallado de obras de protección longitudinal con revestimientos como geotextil revegetalizado, muros, bolsacretos, flexocretos y geo colchón para buscar la mejor alternativa desde el punto de vista técnico y económico. Así mismo, se debe evitar en lo posible la invasión del cauce por las obras civiles que interactúen con los cauces de las quebradas, por ejemplo puentes y pontones, y en el caso de reducción de la sección transversal se debe analizar el cambio que puede producir en los tirantes de agua por el efecto de remanso agua arriba de la obra civil, así como la socavación local generada por la contracción del flujo.

De igual manera, y en correspondencia al alto nivel freático en épocas de lluvia, se recomienda especial cuidado en el manejo del agua sub-superficial. La consultoría en geotecnia puede recomendar las estructuras para el control de agua subsuperficial, con la idea de abatir los niveles freáticos (i.e. Filtros, Drenes, Galerías de Infiltración, Canales de corona, etc); además, es importante que el ingeniero especialista en estructuras considere el efecto del nivel freático en la cimentación de las edificaciones a construir a fin de realizar las previsiones y definir las condiciones técnicas adecuadas para cada caso.

De otra parte, y de acuerdo con las visitas de campo realizadas, se pudo establecer que el denominado “Pozo Largo” (ubicado en el sector de la Reserva Forestal de “El Bojoso”) originalmente drenaba hacia la Quebrada La Zarza; no obstante, vecinos del sector construyeron varios diques de cierre y actualmente “Pozo Largo” drena hacia la Quebrada La Miraflores (para beneficiar a un mayor número de usuarios en periodos de estiaje, según vecinos del sector). Se recomienda el reforzamiento de los diques para garantizar su estabilidad y reducir la amenaza por falla y desbordamiento de los mismos.

Finalmente, es de señalar que con base en los análisis realizados, todos los cauces naturales ubicados dentro del área prevista para la ubicación del nuevo casco urbano del municipio de Gramalote tienen capacidad hidráulica para transportar el caudal proyectado para un evento extraordinario de un período de retorno de 100 años, sin riesgo de inundación y dentro de la ronda hídrica de 15 metros propuesta por los estudios de Hidrología. Se recomienda sin embargo el diseño y construcción de una zanja de corona, para la captación y evacuación de la escorrentía superficial y subsuperficial, de acuerdo con el informe de la Sociedad Colombiana de Geotecnia (2012).

3 DEFINICIÓN DE LA NUEVA CABECERA MUNICIPAL – CAMBIOS EN EL COMPONENTE GENERAL DEL EOT VIGENTE

En correspondencia con el objetivo principal de permitir el traslado de la cabecera municipal de Gramalote al área determinada por el Gobierno Nacional mediante los estudios de selección adelantados por el Fondo Adaptación, se hace necesario adelantar una modificación en el contenido del componente general del Esquema de Ordenamiento Territorial vigente, en términos de señalar la nueva delimitación del suelo urbano, el establecimiento de los suelos de protección que conforman la estructura ecológica principal del nuevo emplazamiento, y generar – a partir de los estudios y análisis particulares del área – un modelo de ocupación del suelo urbano que permita el desarrollo adecuado del proceso de reasentamiento de la población.

En ese sentido, y en correspondencia con lo establecido en el artículo 16 del Decreto Nacional 879 de 1.998 *“Por el cual se reglamentan las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital y a los planes de ordenamiento territorial”*, a continuación se desarrollan estos aspectos para el área específica del nuevo suelo urbano del municipio de Gramalote.

3.1 MODIFICACIÓN EN LA CLASIFICACIÓN DEL SUELO MUNICIPAL (SUELO URBANO, SUELO DE EXPANSIÓN URBANA Y SUELO DE PROTECCIÓN)

En concordancia con lo establecido en los artículos 30 a 35 de la Ley 388 de 1.997, el suelo determinado por el Fondo Adaptación para adelantar el proceso de traslado de la cabecera municipal de Gramalote, y que en la actualidad se encuentra incluido en el suelo rural municipal, a partir de la adopción de la presente revisión excepcional, contendrá las siguientes clases de suelo:

Suelo urbano: Corresponde al área del territorio municipal destinada a los usos urbanos previstos para la nueva cabecera municipal, definida dentro del perímetro descrito en el numeral 3.2 del presente documento.

Suelo de expansión urbana: Constituido por la porción del territorio municipal destinada a la expansión urbana, que se habilitará para el uso urbano durante la vigencia del plan de ordenamiento, según lo determinen los Programas de Ejecución. La determinación de este suelo se ajustará a las previsiones de

crecimiento de la ciudad y a la posibilidad de dotación con infraestructura para el sistema vial, de transporte, de servicios públicos domiciliarios, áreas libres, y parques y equipamiento colectivo de interés público o social. Dentro de la categoría de suelo de expansión podrán incluirse áreas de desarrollo concertado, a través de procesos que definan la conveniencia y las condiciones para su desarrollo mediante su adecuación y habilitación urbanística a cargo de sus propietarios, pero cuyo desarrollo estará condicionado a la adecuación previa de las áreas programadas

Suelo de Protección: Constituido por las zonas y áreas de terreno localizados dentro de cualquiera de las anteriores clases, que por sus características geográficas, paisajística o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse.

Corresponden a esta categoría las áreas de rondas hídricas definidas para las Quebradas La Chuspa, Los Apios, La Miraflores, La Cristalina y La Trinidad, la zona de transición y amortiguación ambiental definida en el borde del perímetro urbano sobre las áreas no urbanizables y el suelo definido para la localización del tanque de almacenamiento de agua potable sobre la cota 1.560 m.s.n.m.

La identificación de las clases de suelo antes relacionadas se encuentra contenida en el plano 3 (Clasificación del suelo en el casco urbano).

3.2 MODELO DE OCUPACIÓN PROPUESTO

En concordancia con lo establecido en el parágrafo 1 del artículo 12 de la Ley 388 de 1997, el modelo de ocupación fija de manera general la estrategia de localización y distribución espacial de las actividades, determina las grandes infraestructuras requeridas para soportar estas actividades y establece las características de los sistemas de comunicación vial que garantizarán la fluida interacción entre aquellas actividades espacialmente separadas.

En ese sentido, y en correspondencia con las condiciones topográficas, hidrológicas, geotécnicas y ambientales, la nueva área urbana del municipio de Gramalote se ordena a partir de tres estructuras básicas: a) La estructura Ecológica Principal; b) la Estructura Funcional y de Servicios y; c) la Estructura

habitacional y productiva. A partir de ellas, se desarrolla un patrón de ubicación de las edificaciones que reinterpreta y adapta las condiciones de la retícula urbana clásica propia del anterior casco urbano, ajustándose a las pendientes del terreno y utilizando los cauces de las quebradas que atraviesan el nuevo emplazamiento como elementos ordenadores y ejes ambientales, en procura de consolidar corredores de conectividad ecológica entre el casco urbano y el área de la Reserva Forestal del Bojoso (ubicada muy por encima de la altura media de la nueva área urbana), empleando para ello las zonas de ronda hídrica y la definición de un área de transición o amortiguación ecológica ubicada en las áreas exteriores del perímetro urbano (borde), en aquellos espacios que por sus condiciones topográficas y geotécnicas no permiten su utilización como suelos urbanizables.

Teniendo en cuenta que el antiguo casco urbano era punto focal de comercio y prestación de servicios sociales de la subregión, el modelo de ocupación propuesto busca recuperar esta condición, facilitando usos compatibles con el desarrollo de actividades comerciales y productivas, permitiendo que las viviendas no sólo tengan un valor como unidades habitacionales sino como productivas.

Con este modelo de ocupación se espera reactivar la conexión del nuevo casco urbano con las veredas y municipios cercanos, la cual se vio interrumpida con el desastre ocurrido en diciembre de 2010.

El patrón de ocupación del territorio urbano propuesto permite la ubicación de la totalidad de las 1.100 unidades de vivienda previstas para el proceso de reasentamiento, así como también para la localización de equipamientos educativos, recreativos, de la administración pública, de culto y de abastecimiento, conectados a través de una malla vial interna jerarquizada en tres niveles (principal, local y peatonal) que articula las actividades y complementa la función de enlace de los espacios públicos verdes y de las zonas de encuentro como el nuevo parque principal. Con esto, se pretende asegurar que la población habitante cuente con niveles de vida que les permita superar la condición de vulnerabilidad que enfrentan, asegurando un relacionamiento con su entorno sostenible y de largo plazo. A continuación se desarrollan los componentes del modelo de ocupación propuesto.

3.2.1 Definición del Suelo de Protección asociado a la nueva área urbana municipal

De conformidad con la Política Nacional de Gestión ambiental urbana (2008), estructurada en concordancia con lo establecido por la Ley 388 de 1997, se tiene que los Planes de Ordenamiento Territorial, deben considerar las normas

ambientales nacionales y regionales de superior jerarquía relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la prevención de amenazas y riesgos naturales. En este sentido, y según la información analizada en el diagnóstico, para el caso del área prevista para la ubicación del nuevo casco urbano del municipio de Gramalote fue posible definir las siguientes unidades espaciales de uso y ocupación: a) Suelo de Protección y; b) suelo destinado a usos urbanos.

A fin de dar cumplimiento a las directrices, normas y reglamentos expedidos por las entidades del Sistema Nacional Ambiental en aspectos relacionados con el ordenamiento espacial del territorio, como las regulaciones expedidas sobre conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, a continuación se definen las unidades de clasificación resultantes, siendo el objetivo de conservación reforzar la estructura ecológica principal e integrar el tejido urbano a desarrollar, a partir de la continuidad de los corredores biológicos. Se persigue garantizar condiciones que permitan la interconexión de ambas unidades permitiendo así compensar las dimensiones reducidas de un espacio natural y disminuir la fragilidad de las comunidades y de las especies, manteniendo los flujos de energía y materia.

a) Suelo destinado a usos urbanos: Para el caso, se refiere a lo establecido en el artículo 31 de la Ley 388 de 1.997. Constituyen las áreas del territorio municipal destinadas a usos urbanos, que cuenten con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitándose su urbanización y edificación, según sea el caso. Corresponde así al área prevista para adelantar los procesos de urbanización y edificación de inmuebles que conformarán la nueva cabecera municipal de Gramalote. La reglamentación de los usos se establece en las condiciones del componente urbano incluidas en el presente documento.

b) Suelo de protección: Definido en el artículo 35 de la Ley 388 de 1997. En lo que respecta al proyecto de reasentamiento, refiere las zonas y áreas de terreno localizados dentro de las áreas urbana y rural (entendida en este contexto como aquella que constituye el borde del perímetro urbano y da paso al suelo rural), que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse.

Esta categoría tiene como objetivos:

- Mantener los espacios de mayor valor ambiental y paisajístico libres de la ocupación y alteración que degraden dichos valores o minen las posibilidades de la colectividad de ejercer el derecho a disfrutar de los mismos.
- Evitar la ocupación de zonas bajo distintas amenazas físicas, con actividades y en formas que impliquen la construcción de riesgo público al aumentar la exposición de vidas y estructuras.
- Reservar espacios necesarios para el desarrollo de los sistemas que proveen servicios fundamentales y que deben estar por tanto, por encima de los intereses particulares en el desarrollo del suelo.

3.2.2 Estructura Funcional y de Servicios

Corresponde a la estructura que permite el desarrollo de las actividades económicas y sociales propias de la cabecera municipal (usos urbanos) y a los sistemas generales que le sirven de soporte y articulación de esta estructura con la estructura ecológica principal. Se relaciona con la noción de espacios e infraestructuras públicas y agrupa los sistemas de espacio público, equipamientos colectivos públicos, vial y de movilidad y de prestación de servicios públicos domiciliarios. Las características de cada uno de estos sistemas se establecen en el aparte correspondiente al Componente Urbano de este documento.

3.2.3 Estructura habitacional y productiva

Esta estructura agrupa todos los espacios destinados a la ubicación de unidades de dominio privado, dentro de las cuales se encuentran los inmuebles destinados a la actividad residencial, comercial, industrial e institucional, cuando la misma se encuentre en cabeza de un agente privado. Los lineamientos y condiciones normativas aplicables para sus elementos constitutivos se desarrollan en el componente urbano de este documento.

4 DEFINICIÓN DEL COMPONENTE URBANO DEL EOT

En consonancia con lo establecido en el modelo de ordenamiento desarrollado en el numeral anterior, y de conformidad con lo establecido en el artículo 17 de la Ley 388 de 1.997 y 16 del Decreto Nacional 879 de 1.998, el componente urbano de los Esquemas de Ordenamiento Territorial deberá “ identificar y definir la estructura general del suelo urbano, en especial, los siguientes aspectos: 1. El plan de vías; 2. El plan de servicios públicos domiciliarios y; 3. La expedición de normas urbanísticas para las actuaciones de parcelación, urbanización y construcción.

En ese sentido, en el presente capítulo se desarrollan los contenidos antes referidos que resultarán aplicables a la nueva cabecera municipal de Gramalote.

4.1 SISTEMAS GENERALES

4.1.1 Sistema General Ambiental

El estudio desarrollado por “Conservación Internacional” (CI) tratado en el numeral 2.2.10 del presente documento, es uno de los estudios de soporte que sirvió para la selección del sector de Miraflores como el más apto para el reasentamiento. El análisis multicriterio realizado tuvo en cuenta aspectos ambientales, estabilidad del terreno, conectividad con las veredas y la región, así como, disponibilidad y acceso a los servicios públicos básicos, entre otros aspectos.

Uno de los argumentos, propuestos por CI, para recomendar la selección del lote de Miraflores, para la reubicación del casco urbano de Gramalote, fue la cercanía a la zona de protección de El Bojoso. Lo anterior podría generar una relación de mutuo beneficio, en donde la cercanía de un centro poblado a un área protegida genera un aprovechamiento responsable del capital natural a la vez que crea un mayor reconocimiento y responsabilidad del área protegida.

Con respecto a la cercanía del Lote Miraflores, al bosque de la reserva el Bojoso, se recomienda formular e implementar el plan de manejo del área enfocado, por una parte, a conservar la fauna y flora de las áreas de conservación y, por otra parte, a reducir los impactos del cambio de uso de suelo mediante la definición de la estructura ecológica principal acorde con las recomendaciones de manejo ambiental establecidas en dicho estudio. Esto, con el fin, de hacer de la cercanía de dicha reserva, una ventaja tanto para el casco urbano como para la reserva,

pues se configuraría, una relación similar a la que se presenta en Bogotá, entre el perímetro urbano y la Reserva Forestal Bosque Oriental de Bogotá. La cercanía de un área poblada a un área protegida ofrece un capital natural interesante para ofertar servicios ecosistémicos de provisión (agua, alimento, recursos ornamentales, etc), regulación (regulación climática, moderación de eventos extremos, mejoramiento de la calidad del agua, prevención de la erosión, entre otros), hábitats para mantener biodiversidad y servicios culturales dentro de los que se encuentra la belleza escénica del área protegida, que ofrece oportunidades de recreación pasiva para los pobladores y turistas.

Adicional a lo anterior, la ubicación del casco urbano en Miraflores generará un mayor reconocimiento y responsabilidad sobre el área protegida de tal forma que dentro del proceso de planificación del casco urbano deben quedar asociado las estrategias para mantener y mejorar las condiciones de esta reserva forestal. Entre las estrategias, se recomienda la inclusión de procesos de restauración ecológica de las áreas que fueron sembradas en pino, especie foránea que afecta los servicios de almacenamiento y regulación hídrica que oferta El Bojoso.

Dentro de los alcances del estudio adelantado por CI, se encuentran los siguientes productos, entre otros: i) el desarrollo de una propuesta de términos de referencia para diseñar la estructura ecológica principal del nuevo casco urbano, ii) un plan de manejo ambiental de la reserva El Bojoso, y iii) la recomendación de estudios que se deben desarrollar durante la fase de diseño para prevenir o mitigar los impactos ambientales antes y después de la construcción del nuevo casco urbano de Gramalote, y iv) lineamientos que permitan definir las áreas de compensación si se llegaran a afectar los servicios ecosistémicos de forma permanente y de protección y manejo de los mismos.

La caracterización realizada por “CI”, es el insumo para la definición de la estructura ecológica principal, en el marco del proceso de ordenamiento, a partir de la cual se implementaran los planes de manejo ambiental para la preservación del capital natural de la zona de Miraflores, y potencializará y permitirá el desarrollo de ejercicios de conservación y manejo, y disfrute de los servicios ecosistémicos en el nuevo casco urbano de Gramalote.

Se recomienda, la sectorización del área en unidades con características ecológicas y sociales similares que faciliten el diseño por tramos y permitan articular el diseño paisajístico y el modelo de ocupación con la estructura ecológica principal.

4.1.2 Identificación de suelos de protección y conformación de la Estructura Ecológica Principal

La Estructura Ecológica es parte fundamental para una Zonificación Ambiental del Territorio, debe orientar la formulación e implementación de políticas nacionales y negociaciones intersectoriales, que privilegien la “sustentabilidad de la vida”, entendiendo esto como la sostenibilidad del modelo de desarrollo actual desde un punto de vista ecológico, a mediano y largo plazo (IDEAM, 2011)

Además, como objeto, debe contener las áreas que aseguren la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica, así como incluir las áreas de mayor significancia en la oferta de servicios ecosistémicos que benefician a la población y soportan el desarrollo económico (IDEAM, 2011)

A partir de anterior es posible al identificar la síntesis de la dinámica del territorio, lo cual se logra a través de los resultados arrojados por el diagnóstico y valoración ambiental de los elementos biofísicos. Consiste entonces en la espacialización de los fenómenos que caracterizan el territorio, la delimitación con rasgos particulares y la obtención de una visión de los fenómenos y espacios geográficos que determinan la organización territorial.

Para este efecto, con base en el análisis de vegetación, y teniendo en cuenta la historia de transformación y dinámica del territorio, fueron usados los siguientes insumos para la construcción del mapa de estructura ecológica principal:

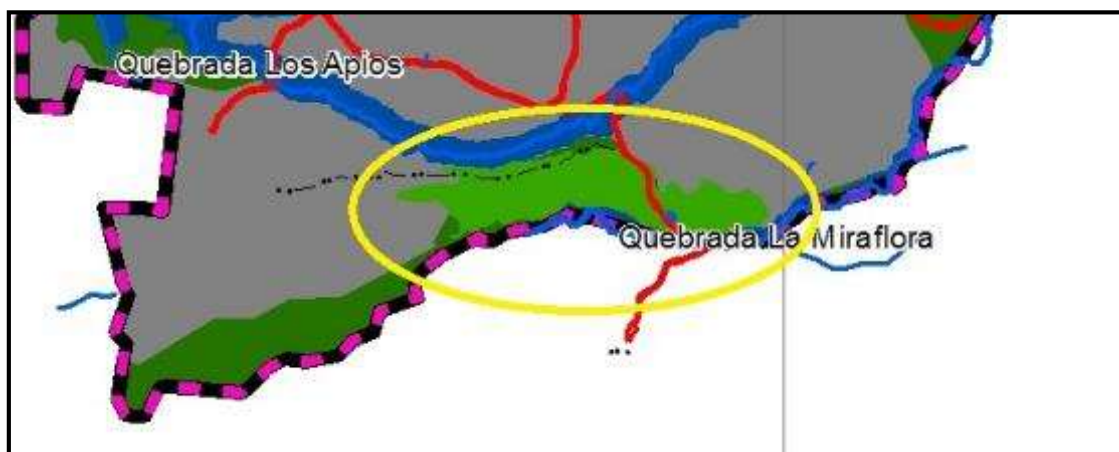
- Mapa de Coberturas Vegetales
- Mapa de valoración Ambiental
- Mapa de Amenaza por Remoción en masa
- Mapa hidrología y cuencas

El mapa resultante (Plano 5 - Estructura Ecológica Principal – EEP) está constituido por tres elementos importantes: a) El Área de Protección del Recurso Hídrico, el cual incluye el cauce de las quebradas y las respectivas rondas hídricas de quince metros (15 m) a cada lado, equivalentes a quince punto cuarenta y dos hectáreas (15,42 ha); b) Suelo de protección, que cubre una extensión aproximada de treinta y cinco punto veinticuatro hectáreas (35,24 ha) el cual se ubica – esencialmente - bordeando el área de estudio y constituye un elemento importante de protección y manejo ambiental y; c) el suelo de protección correspondiente al área denominada “bosque los Rampachos”, elemento rescatado por su valor

ecológico, cultural y de recordación en la zona, el cual presenta una extensión aproximada de dos punto cuarenta y un hectáreas (2,41 ha).

Este último elemento fue identificado como Bosque fragmentado con Vegetación secundaria, y es conocido por los habitantes como “el Parque los Rampachos”, (ver Figura 45, ubicación del área con un círculo), limita al norte con la Quebrada los Apios y al sur con la Quebrada Miraflora). Resulta de gran relevancia su protección e inclusión como elemento constituyente de la EEP pues presenta una alta amenaza de desaparecer por el desarrollo de las obras de infraestructura, hecho que generaría impactos en los servicios ecosistémico y en la dinámica faunística del área.

Figura 45. Ventana del Bosque “Los Rampachos”, predio Miraflores



Fuente: CCC - Guaya canal, 2014

La EEP del nuevo asentamiento deberá funcionar como eje estructurante de la malla urbana, generando corredores ecológicos que interconecten hacia la reserva hídrica de El Bojoso¹⁴ y el área rural municipal

El Bojoso es un sector importante ecológicamente, dado que, en el filo de la montaña se encuentra vegetación propia de bosque subandino (Ericaceas, Cluseaceas, Moraceas, Bromeliáceas, Orquidáceas, entre otras), la cual

¹⁴ Zona de protección del recurso hídrico de propiedad del municipio, ubicada en los límites con el municipio de Santiago en la parte más alta. Su adquisición se inició en el año 1992, con el objeto de proteger el área de infiltración de la quebrada Colorada fuente abastecedora del acueducto municipal

proporciona un escudo en la parte alta, reteniendo humedad, similar a bosques de niebla de alta montaña. (Conservación Internacional, 2013).

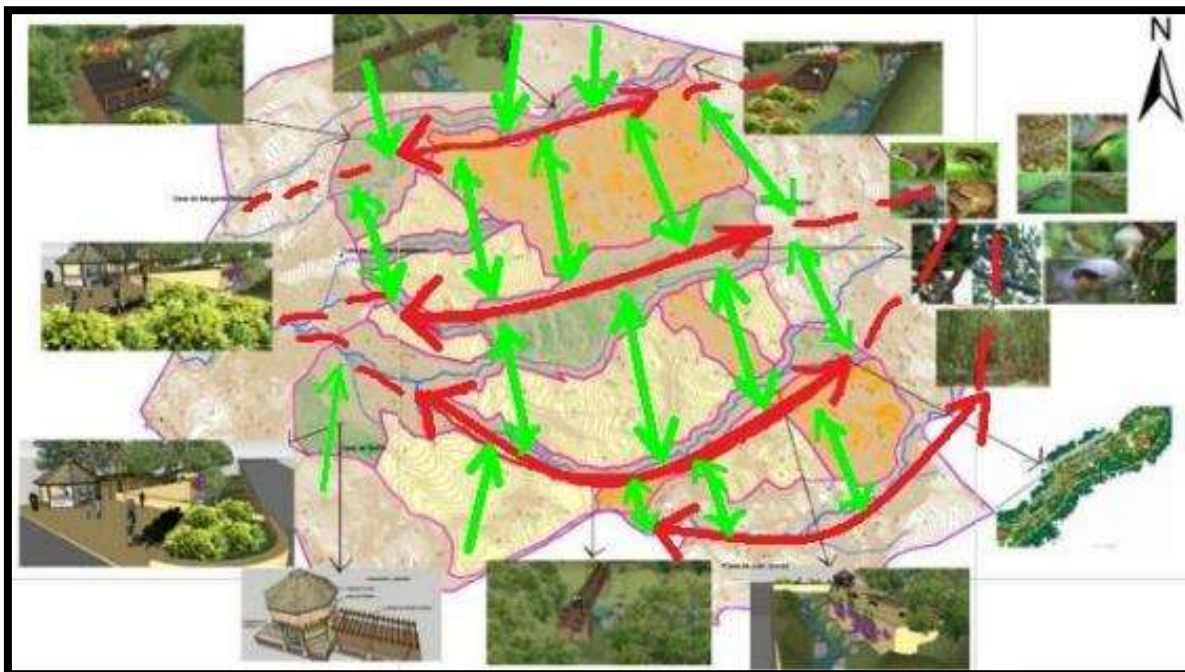
Además, las plantaciones forestales existentes de hace más de 20 o 25 años, pueden ayudar a generar vegetación pionera en el sotobosque, permitiendo la conectividad de los diferentes drenajes que atraviesan el área de estudio con sus zonas de descarga, siempre y cuando se busque el remplazo paulatino de estas por especies nativas que fortalezcan no solo la estructura ecológica principal y el mejoramiento paisajístico, sino además los procesos biológicos y funciones ecosistémicas.

Con los resultados de los estudios realizados por conservación internacional se ha establecido que, en términos generales, los diseños deben involucrar restauración ecológica y mejoramiento paisajístico, buscando que la implementación de estos diseños responda a los siguientes objetivos:

- Promover la recuperación de las riberas y zonas de protección de las quebradas, mediante el control de especies exóticas y la restauración de las áreas de ronda.
- Armonizar los componentes ambiental, físico y urbanístico, a través de actividades de revegetalización y mejoramiento paisajístico.
- Contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de la comunidad aledaña al cauce de las quebradas, al poner a su disposición nuevas áreas para su recreación pasiva y disfrute.
- Contribuir a los procesos de apropiación del territorio y participación ciudadana mediante la generación de espacios para interacción, la educación ambiental y la investigación.
- Facilitar la integración de las comunidades a través de espacios de esparcimiento compartidos.

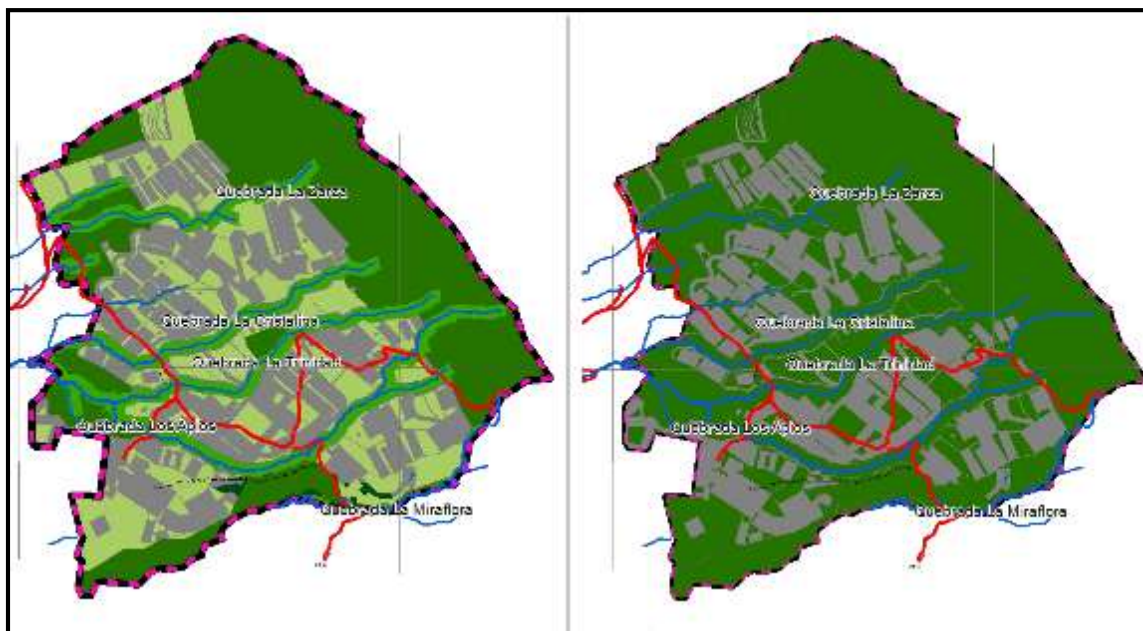
Así mismo, se ha establecido la importancia de generar conexiones en el predio - tales como corredores faunísticos y dispersores de semillas - que garanticen servicios ecosistémicos y viabilidad, al conectar la EEP del predio Miraflores con las áreas mejor conservadas (como la reserva “El Bojoso”) y, a su vez, generar conexiones entre estos mismos elementos por medio de los espacios urbanos verdes (parques urbanos, patios traseros, frutales, aceras, etc.), lo cual deriva en una mejor calidad ambiental y de vida de los futuros pobladores.

Figura 46. Corredores ecológicos estructurantes y transversales, predio Miraflores



En otras palabras al observar la figura 46, las flechas rojas indican las áreas importantes a conservar y a restaurar para garantizar la continuidad de la cobertura y así las conexiones, a lo largo del predio por medio de las rondas hídricas con la zona alta (Laguna artificial de Pozo Largo y El Bojoso), en tanto las líneas verdes hacen referencia a la conectividad transversal, que se da en términos de la Restauración Ecológica y el establecimiento de Bosques comerciales en las zonas aledañas a la nueva cabecera municipal, así como a través del manejo de los espacios de verde urbano.

Figura 47. Corredores Ecológicos Estructurantes y “Verde Urbano”



La figura 47, muestra en color verde claro el llamado “verde urbano” correspondiente a las zonas verdes y parques consideradas al interior de la nueva cabecera municipal, mientras que en la imagen de la derecha se encuentra integrado en un solo tono de verde todas las áreas verdes (tanto aquellas consideradas como suelos de protección como las que hacen parte del espacio público urbano), con el fin de identificar gráficamente las conexiones ecológicas que se pretenden generar para garantizar la continuidad de la cobertura vegetal a lo largo del predio.

Cuadro 20. Áreas EEP y Verde urbano, predio Miraflores

CLASIFICACIÓN DEL SUELO		HECTÁREAS	
Suelo de Protección	Suelo de Protección General		35,24
	Suelo de Protección “ Bosque Rampachos”		2,41
Área de Protección del Recurso Hídrico	Cauce y Ronda hídrica		15,42
Área Urbana	Infraestructura	29,01	50,82
	Verde urbano	21,81	
Predio Miraflores			103,89

Fuente: CCC, Guaya canal 2014

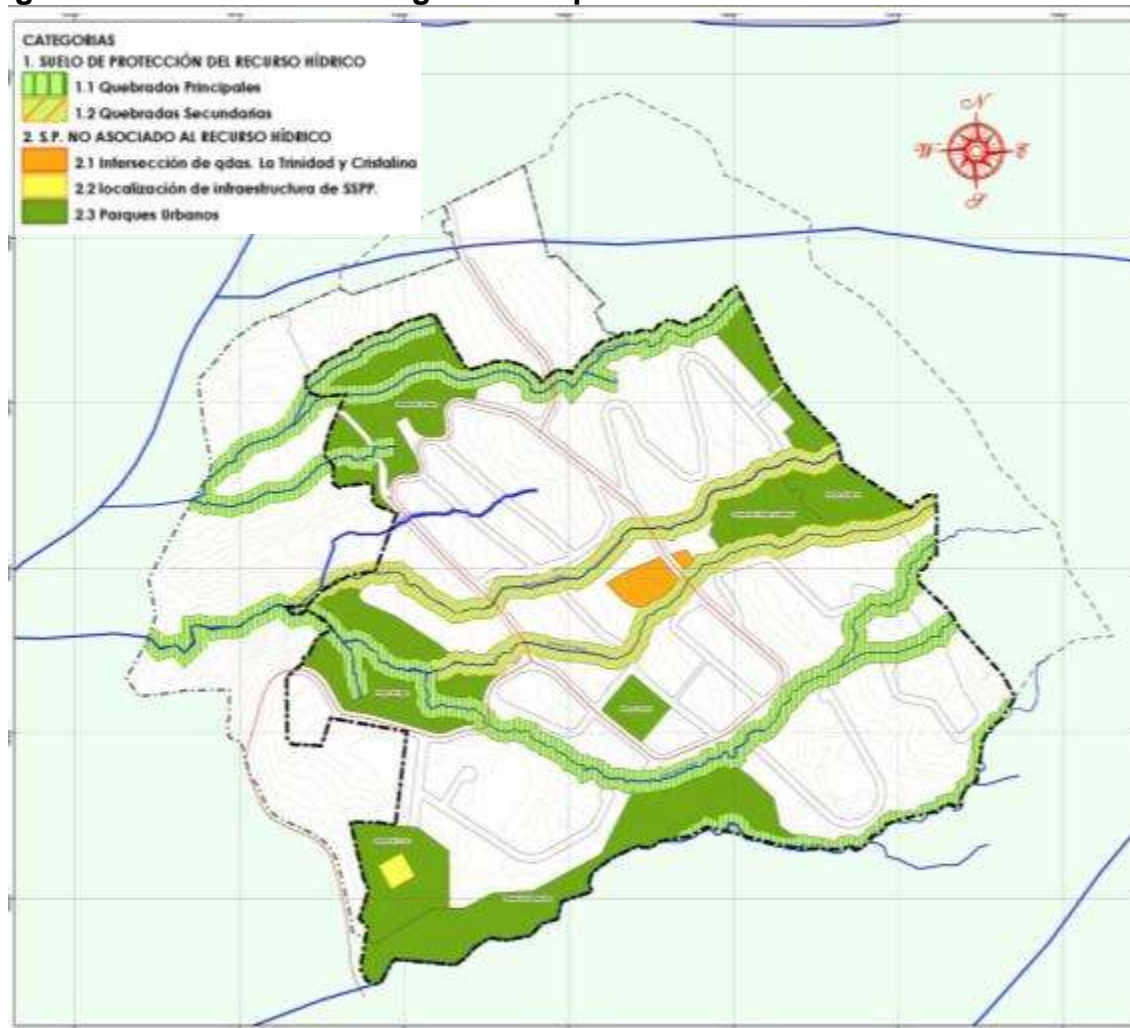
Así, al observar la figura 47 y el cuadro 20, se puede concluir que la cabecera municipal tiene un componente verde ecológico importante, ya que como suelo protegido se encuentran 53,07 ha y al incluir a estas el verde urbano (parques, zonas verdes) la sumatoria representa 74,87 ha del total del área del predio que corresponde a 103,89 ha. Es importante tener en cuenta que la categoría “verde urbano” no incluye las vías y patios residenciales que estarán arborizadas, así como la jardinería ecológica que acompañará la arquitectura, detalles que se verán reflejados en la propuesta paisajística.

Como índice de espacio público efectivo, el proyecto urbanístico de la cabecera municipal de Gramalote prevé un área de 30 metros cuadrados por habitante, superior al mínimo establecido en el artículo 14 del Decreto Nacional No. 1504 de 1998.

4.1.2.1 Estructura Ecológica Principal Propuesta

En cumplimiento a todas las recomendaciones de diseño realizadas por CI, se proyecta como resultado de esta Revisión Excepcional una Estructura principal coherente con dichos planteamientos, en donde los ejes de las quebradas existentes en el área clasificada como suelo urbano y los bosques El Bojoso y el Rampacho, son resaltados de manera estratégica para tener un rol predominante tanto paisajísticamente como elemento conector de flora y fauna; factor que se complementa con la Incorporación de los 6 parques urbanos.

Figura 48. Estructura Ecológica Principal



Tras establecer los ejes determinantes de la Estructura Ecológica Principal, se tomaron decisiones en la localización de elementos pertenecientes al sistema de Espacio Público y Equipamientos aportantes a la conectividad del sistema ambiental. Como se observa en la figura 49 -Sistema de Espacio Público-, la gran cantidad de equipamientos adyacentes a las quebradas La Cristalina, La Trinidad y Los Apios complementan la Estructura Ecológica Principal dada su tipología edificatoria en donde sobresale su bajo índice de ocupación.

Figura 49. Sistema de Espacio Público



4.1.3 Sistema de Espacio Público

Definición. En concordancia con lo dispuesto por los artículos 1 a 4 del Decreto Nacional 1504 de 1998, el espacio público es el conjunto de inmuebles públicos y los elementos arquitectónicos y naturales de los inmuebles privados destinados por naturaleza, usos o afectación a la satisfacción de necesidades urbanas colectivas que trascienden los límites de los intereses individuales de los habitantes. Este incluye, entre otros, los siguientes aspectos:

- a. Los bienes de uso público, es decir aquellos inmuebles de dominio público cuyo uso pertenece a todos los habitantes del territorio nacional, destinados al uso o disfrute colectivo;

- b. Los elementos arquitectónicos, espaciales y naturales de los inmuebles de propiedad privada que por su naturaleza, uso o afectación satisfacen necesidades de uso público;
- c. Las áreas requeridas para la conformación del sistema de espacio público en los términos establecidos en el Decreto 1504 de 1998.

Así mismo, en correspondencia a lo establecido en el artículo 5 de la norma en cita y atendiendo las condiciones previstas para la nueva área urbana del municipio de Gramalote, el sistema de espacio público estará conformado por el conjunto de los siguientes elementos constitutivos y complementarios:

I. Elementos constitutivos

1) Elementos constitutivos naturales:

- a. Áreas para la conservación y preservación del sistema orográfico o de montañas, tales como: cerros, montañas y colinas;
- b. Áreas para la conservación y preservación del sistema hídrico: conformado por:
 - i) Elementos naturales, relacionados con corrientes de agua, tales como: quebradas, arroyos, rondas hídricas, zonas de manejo, y relacionados con cuerpos de agua, tales como lagos, lagunas, pantanos, humedales, rondas hídricas, zonas de manejo y protección ambiental;
 - ii) Elementos artificiales o construidos, relacionados con corrientes de agua, tales como: canales de desagüe, alcantarillas, aliviaderos, diques, presas, represas, rondas hídricas, zonas de manejo y protección ambiental, y relacionados con cuerpos de agua tales como: embalses, lagos, rondas hídricas, zonas de manejo y protección ambiental;
- c. Áreas de especial interés ambiental, científico y paisajístico, tales como:
 - i) Parques naturales del nivel nacional, regional, departamental y municipal; y
 - ii) Áreas de reserva natural.

2) Elementos constitutivos artificiales o construidos:

- a. Áreas integrantes de los perfiles viales peatonal y vehicular, constituidas por:
 - i) Los componentes de los perfiles viales tales como: zonas de mobiliario urbano y señalización, cárcamos y ductos, puentes peatonales, escalinatas, bulevares, alamedas, rampas para discapacitados, andenes, malecones, sardineles, cunetas, ciclistas, ciclovías, bahías

- de estacionamiento, bermas, separadores, reductores de velocidad, calzadas, carriles;
- ii) Los componentes de los cruces o intersecciones, tales como: esquinas, glorietas orejas, puentes vehiculares, túneles y viaductos;
- b. Áreas articuladoras de espacio público y de encuentro, tales como: parques urbanos, zonas de cesión gratuita al municipio, plazas, plazoletas, escenarios deportivos, escenarios culturales y de espectáculos al aire libre;
- c. Áreas para la conservación y preservación de las obras de interés público y los elementos urbanísticos, arquitectónicos, históricos, culturales, recreativos, artísticos y arqueológicos, las cuales pueden ser sectores de ciudad, manzanas, costados de manzanas, inmuebles individuales, monumentos nacionales, murales, esculturales, fuentes ornamentales y zonas arqueológicas o accidentes geográficos;
- d. De igual forma se considera parte integral del perfil vial, y por ende del espacio público, los antejardines de propiedad privada.

II Elementos complementarios

- a. Componente de la vegetación natural e intervenida. Elementos para jardines, arborización y protección del paisaje, tales como: vegetación, herbácea o césped, jardines, arbustos, setos o matorrales, árboles o bosques;
- b. Componentes del amoblamiento urbano
 - 1. *Mobiliario*
 - a. Elementos de comunicación tales como: mapas de localización del municipio, planos de inmuebles históricos o lugares de interés, informadores de temperatura, contaminación ambiental, decibeles y mensajes, teléfonos, carteleras locales, pendones, pasacalles, mogadores y buzones;
 - b. Elementos de organización tales como: bolardos, paraderos, tope llantas y semáforos;
 - c. Elementos de ambientación tales como: luminarias peatonales, luminarias vehiculares, protectores de árboles, rejillas de árboles, materas, bancas, relojes, pérgolas, parasoles, esculturas y murales;
 - d. Elementos de recreación tales como: juegos para adultos juegos infantiles;

- e. Elementos de servicio tales como: parquímetros, bicicleteros, surtidores de agua, casetas de ventas, casetas de turismo;
- f. Elementos de salud e higiene tales como: baños públicos, canecas para reciclar las basuras;
- g. Elementos de seguridad, tales como: barandas, pasamanos, cámaras de televisión para seguridad, sirenas, hidrantes, equipos contra incendios.

2. Señalización

- a. Elementos de nomenclatura domiciliaria o urbana;
- b. Elementos de señalización vial para prevención, reglamentación, información, marcas y varias.

El Espacio Público del Municipio de Gramalote, está constituido por un conjunto de inmuebles públicos, elementos arquitectónicos y naturales y espacios privados abiertos al público que se interrelacionan entre sí, conformándose un tejido continuo de espacios públicos y equipamientos colectivos.

Los equipamientos están conformados por elementos construidos que garantizan las adecuadas relaciones funcionales entre asentamientos urbanos y rurales de carácter recreativo activo, cultural, educativo, de salud, deportivo o similares, orientados fundamentalmente al servicio y bienestar social de toda la comunidad.

Estos elementos que constituyen el espacio público se jerarquizan y se diferencian en el contexto, de acuerdo a las necesidades de los habitantes del sector y a los niveles de cobertura en las escalas urbana, zonal y barrial.

- **Equipamientos colectivos públicos.** La localización de los Equipamientos colectivos públicos busca responder a las necesidades de la población respecto a la prestación de servicios de salud, educación, cultura, recreación, seguridad y desarrollo económico, entre otros. La distribución de los equipamientos pretende la descentralización de estos servicios, de manera que los habitantes no tengan que recorrer grandes distancias para acceder a ellos.

Estos espacios buscan asegurar la calidad de las condiciones ambientales, físicas y espaciales en las cuales se prestan los servicios sociales, servir de espacios de

encuentro e integración ciudadana que se constituyan en lugares de referencia colectiva, contribuir con la disminución de los desequilibrios territoriales, aportar en la generación y consolidación de la estructura urbana y fortalecer el modelo de ordenamiento territorial del municipio (Ver Plano 7 – Sistema General de Espacio Público).

El sistema de equipamientos está compuesto por trece (13) instalaciones físicas, tanto públicas como privadas, las cuales conforman una red que responde a las necesidades de la población del municipio e incluye las siguientes áreas, tal como se muestra en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Sistema de equipamientos

EQUIPAMIENTOS		NATURALEZA JURÍDICA PROPUESTA
No.		
1	Colegio	Equipamiento público – bien fiscal
2	Hospital	Equipamiento público – bien fiscal
3	Plaza de Mercado	Equipamiento público de uso público
4	Casa de la cultura	Equipamiento público – bien fiscal
5	Casa del desarrollo rural	Equipamiento público – bien fiscal
6	Casa del Adulto Mayor	Equipamiento público – bien fiscal
7	Iglesia y Casa Cural	Equipamiento privado
8	Alcaldía	Equipamiento público - bien fiscal
9	Convento	Equipamiento privado
10	Estación de Policía	Equipamiento público - bien fiscal
11	Centro municipal de gestión del riesgo	Equipamiento público - bien fiscal
12	Cementerio	Equipamiento público de uso público
13	Polideportivo	Equipamiento público de uso público

El desarrollo económico del municipio hace necesario contemplar el establecimiento de un centro de servicios agropecuarios, para lo cual el municipio definirá las condiciones necesarias que permitan su desarrollo futuro y localización en el nuevo casco urbano. Así mismo, el municipio establecerá mecanismos e incentivos para facilitar el establecimiento de sedes para instituciones que presten servicios económicos y que aporten al desarrollo económico municipal y regional.

4.1.4 Sistema Vial y de movilidad

El Sistema Vial y de movilidad constituye un elemento estructurador de la trama urbana, la cual garantizará la articulación, integración y conectividad municipal y regional; constituye por tanto un elemento que promueve y, al mismo tiempo,

permite ejercer control sobre el desarrollo municipal, dando igualmente respuesta a las necesidades de movilidad y transporte de sus habitantes.

En ese sentido, el Sistema Vial y de movilidad del nuevo casco urbano municipal se configura a partir de tres mallas claramente definidas según su jerarquía funcional así: i) Vía principal; ii) Vías secundarias y; iii) Vías locales y red peatonal. Estas redes se articulan entre sí a través de elementos de enlace como cruces vehiculares y peatonales, glorietas, retornos, puentes vehiculares y recorridos peatonales conformados a partir de los elementos de protección del Sistema hídrico urbano (parques lineales de ronda).

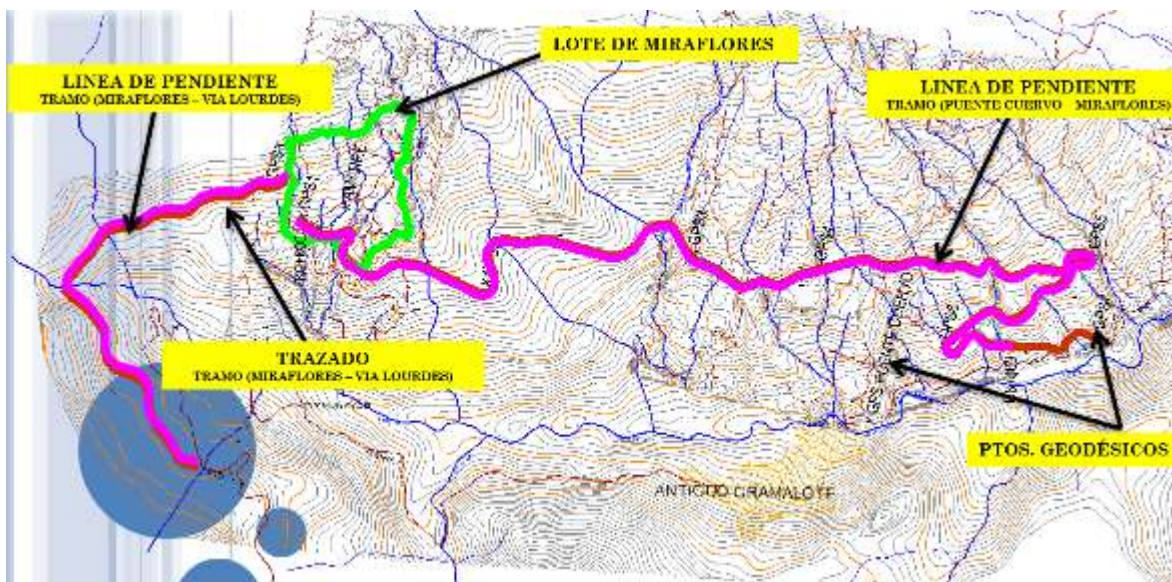
4.1.4.1 Vía de integración regional – nueva vía de acceso

La vía que conectará al nuevo casco urbano de Gramalote con el resto del departamento está dividida en dos tramos: Un primer tramo de 9,5 kilómetros (Miraflores - Vía actual puente Gómez - Puente Cuervo).

Longitudinalmente, el proyecto tiene una pendiente ponderada del 5.4% y no supera el 7.5% de pendiente longitudinal en los puntos con mayor pendiente, lo que indica que no hay sitios críticos en relación con éste parámetro y, por lo tanto, dicha pendiente permitirá una velocidad constante de 40 km/h.

El segundo tramo tiene una longitud de 2,5 kilómetros y corresponde a la conexión Miraflores - Vía a Lourdes. Longitudinalmente, el proyecto tiene una pendiente ponderada del 5.3% y no supera el 7.5% de pendiente longitudinal en los puntos con mayor pendiente, lo que indica que no hay sitios críticos en relación con éste parámetro, por lo tanto dicha pendiente permitirá una velocidad constante de 40 km/h. En la figura 50, se observa el trazado propuesto para la misma (Longitud = 12 Km).

Figura 50. Trazado de la vía de acceso al nuevo casco urbano de Gramalote



Fuente: Consorcio Miraflores, 2014.

4.1.4.2 Red vial intraurbana

Como se indicó, la red vial intraurbana se estructura funcionalmente a partir de los siguientes tres niveles: a. Vía principal; b. Vías secundarias y; c. Vías terciarias y red peatonal. La definición gráfica indicativa de las secciones transversales de cada una se encuentra contenida en el Plano 9 - Sistema vial y de movilidad. Ver figura

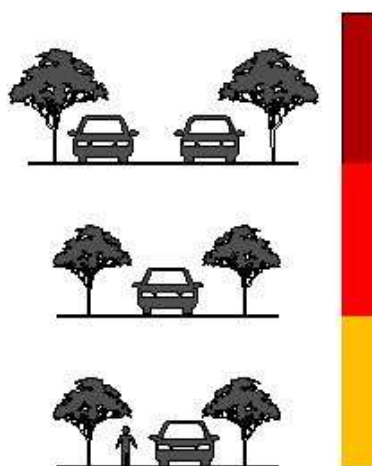
a. Vía principal: A este nivel pertenece el perfil vial denominado V – 1 de 15 metros de ancho. Corresponde al anillo vial, corredor vial principal de la nueva área urbana, el cual hace parte del Plan Regional Vial y que comunica los municipios de Cúcuta y Lourdes. Dado que atraviesa el nuevo perímetro urbano, generará oportunidades para el desarrollo económico y turístico del municipio pues se constituye en el corredor por donde se espera que se movilice la mayor parte del tránsito vehicular y peatonal, convirtiéndose así en el elemento estructurante de la movilidad urbana. Se destinarán bahías de parqueo sobre esta vía.

b. Vías secundarias: A este nivel pertenece el perfil vial denominado V – 2 de 12 metros de ancho. Son vías de menor jerarquía y baja velocidad cuya función primordial es la de soportar la movilidad y accesibilidad a escala sectorial o barrial, así como facilitar los desplazamientos al interior de éstos y el acceso directo a las manzanas y unidades privadas en que éstas se dividan. Se permite el

estacionamiento de vehículos de forma paralela a las vías secundarias de un solo sentido.

c. Vías terciarias: Estas vías permiten la permeabilidad del territorio, se caracterizan por su paso vehicular restringido, siendo principalmente para el uso peatonal. A este nivel pertenece el perfil vial denominado V – 3 con un ancho entre dos (2) y cuatro (4) metros.

Figura 51. Perfiles viales



4.1.5 Sistema de Servicios Públicos Domiciliarios

El sistema de Servicios Públicos Domiciliarios incluye todos los elementos de infraestructura necesarios para la adecuada prestación de aquellos por parte de los operadores. Corresponde a este Sistema los subsistemas de acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, telecomunicaciones y aseo.

A efectos de dimensionar la población a servir al interior de la nueva área urbana, se han tomado como parámetros los datos censales (independientemente de los problemas de cobertura frecuentes en algunos de ellos y de la no aprobación oficial en otros, en tanto las cifras censales señalan la tendencia de la población del área del estudio), así como parámetros como el clima, y estratificación socioeconómica entre otros, que han sido analizados en estudios elaborados previamente por consultores del Fondo Adaptación.

Durante las últimas seis décadas Colombia en su conjunto, y sus divisiones administrativas menores en particular, han venido experimentando el proceso conocido como de transición demográfica, esto es, después de mantener durante un largo período altas tasas de fecundidad y mortalidad, estas comenzaron a descender. Otro aspecto de gran importancia en el crecimiento es el fenómeno migratorio, que ha convertido a pequeños municipios como “expulsores” de gentes por diferentes motivos, como la búsqueda de oportunidades de trabajo o el alejarse de conflictos violentos y a que centros urbanos mayores se conviertan en “receptores” de estas gentes. Este como proceso social, hace parte del proceso global de la sociedad y por lo tanto tiene una gran injerencia en la distribución, así como en el crecimiento de los centros urbanos.

A pesar de la poca exactitud en algunas cifras, la tendencia en cuanto a crecimiento de la población del país se relaciona con el fenómeno de la urbanización en el que a consecuencia de circunstancias económicas, sociales y geopolíticas de distinto orden, se estimulan procesos migratorios hacia nuevos polos de desarrollo, con asentamiento de la población en las localidades más importantes del área de influencia, determinado por el rápido crecimiento de las principales ciudades del país.

Para el caso del municipio de Gramalote, aunque era notable el decrecimiento de la población según los censos del DANE (siendo más notoria en la población rural), en el EOT del año 2002 se estimó una tasa de crecimiento de 1,16% anual del casco urbano, quedando la población proyectada para el 2010 en 3.818 habitantes.

Según el estudio realizado por el Consorcio Miraflores - 2013 - para el acueducto del Nuevo Gramalote, basado en datos del DANE 2007, el SISBEN 2007, registro de damnificados del CLOPAD, censo realizado por la Universidad Simón Bolívar en el 2012 y utilizando poblaciones con tasas de crecimiento similares, se propuso una población de 3.394 habitantes para el año 2014 incluida la población flotante (Ver cuadro 22) , lo cual no dista mucho de la proyectada por el EOT 2002, además que mantuvo la misma tasa de crecimiento para la proyección de la población en el horizonte del proyecto.

Así las cosas, la base de las estimaciones poblacionales para el dimensionamiento de la infraestructura para la prestación de servicios públicos, en especial de acueducto y alcantarillado, corresponden a este mismo parámetro.

Cuadro 22. Proyección de la población. Nuevo Gramalote –dic. 2013

Año	Población flotante y atraída proyectada con una tasa de 1,16% anual a partir de 371 habitantes en el año 2012	Población urbana total para Gramalote proyectada con una tasa de 1,16% anual a partir de una población de 3316 habitantes en el 2012, utilizando el método geométrico del RAS 2000 (incluye población flotante y atraída)
2012	371	3316
2013	375	3355
2014	379	3394
2015	383	3434
2016	387	3474
2017	392	3514
2018	397	3555
2019	402	3596
2020	407	3638
2021	412	3680
2022	417	3723
2023	422	3766
2024	427	3810
2025	432	3854
2026	437	3899
2027	442	3944
2028	447	3990
2029	452	4036
2030	457	4083
2031	462	4131
2032	467	4179
2033	472	4228
2034	477	4277
2035	483	4327
2036	489	4377
2037	495	4428
2038	501	4480
2039	507	4532

Fuente: Estudio Consorcio Miraflores, 2013

4.1.5.1 Subsistema de Acueducto (Red Matriz y Sistema local)

El sistema de suministro de agua potable para la nueva área urbana se plantea considerando un nivel de cobertura del 100% de la población, con abastecimiento de la Quebrada La Caldera y con un diseño integral que comprende:

a. *Captación* mediante una de rejilla de fondo localizada sobre la quebrada La Calderera a una altura de 1.680 msnm;

b. *Aducción* bocatoma-desarenador a presión por gravedad;

c. Desarenador;

d. *Conducción a Planta*; la aducción desarenador a la Planta de tratamiento de agua potable por gravedad y;

e. *Planta de tratamiento de agua potable* (PTAP) localizada en la parte más alta del área prevista para la reubicación del área urbana municipal, sobre la cota 1.560 msnm y *Tanque de almacenamiento* superficial o semienterrado, cubierto y construido en concreto, en la zona inmediata a la PTAP. En el cuadro 23, se muestran los parámetros de diseño.

Cuadro 23. Parámetros de diseños. Nueva área urbana

Parámetro	Valor
Periodo de diseño	25 años
Población inicial (2014)	3394
Población final (2039)	4532
Dotación neta acueducto (D)	220.81 L/hab/día
Pérdidas técnicas en el sistema	10%
Dotación bruta de acueducto (D_{BRUTA})	245.34 L/hab/día
Caudal medio diario (Q_{md})	12.87 L/s
Coefficiente de consumo máximo diario	1.30
Caudal máximo diario (QMD)	16.73 L/s
Coefficiente de consumo máximo horario (QMH)	1.50
Caudal máximo horario	25.09 L/s
Pérdidas en la aducción (agua cruda)	5% del Qmd
Necesidades de planta de tratamiento	4% del Qmd
Pérdidas en la conducción (agua tratada)	0% del Qmd
Caudal de diseño de captación	17.89 L/s
Caudal para dimensionamiento de desarenador	12.87 L/s
Caudal para diseño hidráulico de desarenador	17.89 L/s
Caudal de diseño de aducción bocatoma-desarenador	17.89 L/s
Caudal de diseño de aducción desarenador - PTAP	17.89 L/s
Caudal de diseño de PTAP ($QMD + 4\%$ del Qmd)	17.24 L/s
Diámetro interno nominal mínimo aducción y conducción	2"
Velocidad mínima aducción y conducción	0.60 m/s
Velocidad máxima aducción y conducción	6.0 m/s
Pendiente mínima aducción y conducción aire en sentido del flujo de agua	0.04%
Pendiente mínima aducción y conducción aire en sentido contrario del flujo de agua	0.1%
Profundidad mínima a la cota clave conducción	0.60 m – 1.0 m

Fuente: Estudio Consorcio Miraflores, 2014

El sistema de distribución se encuentra conformado por redes matrices o primarias que conducen el agua potable desde el tanque de almacenamiento hasta las redes secundarias las cuales se tienen proyectadas a un costado de la malla vía

principal y secundaria. A partir de ellas, se derivarán para sectorizar circuitos cerrados y/o abiertos con redes terciarias trazadas por los andenes a efectos de sectorizar manzanas y garantizar el funcionamiento de la red tanto operacionalmente como técnicamente.

A su turno, la red local del subsistema de acueducto municipal - de la cual se derivarán las acometidas domiciliarias de los suscriptores proyectados - se ha considerado para los inmuebles que se construyan en la nueva área urbana del municipio, debiéndose tener presente que por regla general únicamente se permitirá realizar tomas directas de las redes terciarias y solo en el caso de grandes consumidores se harán tomas de las redes secundarias; en ningún caso se permitirán tomas directas desde la red principal.

Así mismo, y en concordancia con lo establecido en la Ley 1523 de 2012, todas las entidades públicas o privadas encargadas de la prestación de servicios públicos, que ejecuten obras civiles mayores o que desarrollen actividades industriales o de otro tipo que puedan significar riesgo de desastre para la sociedad, así como las que específicamente determine la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, deberán realizar un análisis específico de riesgo que considere los posibles efectos de eventos naturales sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia, así como los que se deriven de su operación. Con base en este análisis diseñará e implementarán las medidas de reducción del riesgo y planes de emergencia y contingencia que serán de su obligatorio cumplimiento.

Dentro de estos planes de emergencia está la protección de las redes de acueducto, las cuales no podrán pasar cerca de los drenajes superficiales sino preferiblemente fuera de la zona de protección hidrológica y de zonas de amenaza por remoción en masa; además, en tramos con pendientes superiores al 20% y/o de altas velocidades, la tubería deberá anclarse o empotrarse.

4.1.5.2 Subsistema de Alcantarillado Sanitario (Red Matriz y Sistema Local)

En términos tratamiento de aguas residuales producidas al interior del área urbana de Gramalote, se contará con un sistema que permitirá alcanzar el cubrimiento total de las unidades a edificar, es decir se alcanzará un indicador de cobertura del 100% para el suelo clasificado como urbano en la presente revisión excepcional del EOT municipal.

Se verificó la ubicación de pozos de alcantarillado pluvial y sanitario. En todos los casos se verificó que estuvieran localizados sobre vías, andenes, zonas verdes. Aquellos localizados en la franja de protección de ronda hídrica están por fuera de la lámina máxima para el periodo de retorno de 100 años.

La Planta de tratamiento de aguas residuales se encontrará ubicada en el suelo rural del municipio y estará conformada por un reactor UASB seguido de un filtro aerobio y emisario final del alcantarillado por gravedad que descarga sobre la quebrada La Calderera a una altura aproximada de 1.050 msnm. Los parámetros de diseño se encuentran especificados en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR-Nuevo Gramalote .Parámetros de Diseño- dic 2013

Parámetro	Valor
Población inicial (2014)	3394
Población final (2039)	4532
Dotación neta residencial acueducto	115 L/hab/día
Contribución doméstica (Q_D)	4.83 L/s
Contribución industrial (Q_I)	0.60 L/s
Contribución comercial (Q_C)	1.35 L/s
Contribución institucional (Q_{IN})	3.60 L/s
Caudal medio de aguas residuales (Q_{MD})	10.38 L/s
Conexiones erradas (Q_{CE})	3.74 L/s
Infiltración (Q_{INF})	3.74 L/s
Factor de mayoración (F)	3.28
Caudal máximo horario (Q_{MH})	34.05 L/s
Caudal de diseño de emisario final (Q_{DT})	41.53 L/s
Caudal de diseño de elementos hidráulicos PTAR (Q_{DT})	41.53 L/s
Caudal de diseño de procesos PTAR (Q_{DP})	17.86 L/s
Diámetro interno real mínimo	8"
Velocidad mínima	0.45 m/s
Velocidad máxima	5.0 m/s
Profundidad hidráulica máxima	85%
Profundidad mínima a la cota clave	0.75 m
Profundidad máxima a la cota clave	5.0 m

Fuente: Estudio Consorcio Miraflores

La red local del subsistema de alcantarillado municipal, de la cual se derivarán las conexiones domiciliarias para los inmuebles que se construyan en la nueva área urbana del municipio, se encuentra conformada por redes matrices o primarias en

tuberías que reciben el agua residual procedente de las redes secundarias y la transportarán hasta la planta de tratamiento de aguas residuales.

Es de carácter obligatorio para la empresa prestadora de servicio público dar viabilidad y disponibilidad de servicios públicos de alcantarillado sanitario a los urbanizadores y constructores que estén dentro del perímetro de servicios, así como también debe vigilar que no se realicen conexiones erradas del alcantarillado pluvial al alcantarillado sanitario y viceversa, según lo establecido en el Decreto 3050 del 2013 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

De igual forma, la empresa prestadora del servicio de alcantarillado sanitario debe tomar medidas de protección y contingencia para reducción del riesgo, siguiendo los lineamientos planteado anteriormente para las redes de acueducto.

4.1.5.3 Subsistema de Alcantarillado Pluvial (Red Matriz y Sistema Local)

En lo que corresponde a la red de alcantarillado pluvial se tendrán en cuenta las tomas o quebradas existentes que contribuyen a desaguar el terreno, pero considerando las variaciones que surgirán del pavimento en las calles y lo producido en las cubiertas de las construcciones.

Se proyectan redes matrices en tuberías y/o canales por el eje central de la malla vial principal y secundaria para descargar sobre la toma existente, además de realizar la recolección mediante sumideros de calzada y cuneta, conectados mediante tuberías secundarias para descargar sobre las redes matrices.

En síntesis, el nuevo casco urbano contará con dos redes de alcantarillado independientes, lo cual facilitará el tratamiento de las residuales en la PTAR y evita que se presenten conexiones erradas en estos dos sistemas.

Según el estudio de escorrentía superficial calculado para el nuevo casco urbano del municipio de Gramalote, el caudal vertido de aguas lluvias es de $10\text{m}^3/\text{s}$ sobre la confluencia de las quebradas La Cristalina, La Trinidad y Los Apios. Dicho caudal hace parte del aporte estimado por el componente de hidrología equivalente a $50\text{m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 100 años. Para este periodo de retorno se encontró que no hay posibilidad de desbordamiento, por lo cual no existe riesgo de inundación para los predios localizados aguas abajo.

El punto de vertimiento de aguas lluvias, en el lugar de confluencia de estas tres quebradas, se encuentra a un 1 km. aguas arriba de la desembocadura sobre la

quebrada La Caldera, cuyo caudal se estima en 409.78 m³/s para el mismo periodo de retorno¹⁵. Es decir que el aporte adicional del alcantarillado pluvial, al caudal natural que aportan las tres quebradas a La Calderera no es significativo. Sin embargo, sería conveniente realizar un estudio hidráulico detallado para determinar cotas de inundación de esta quebrada sobre el área rural del municipio. Aspecto que se recomienda sea incorporado en la revisión ordinaria.

En relación con los procesos erosivos que se puedan presentar sobre los taludes de los cauces naturales de las tres quebradas mencionadas, se recomienda realizar un estudio hidráulico en el tramo localizado entre el punto de confluencia de las mismas, donde vierten las aguas lluvias, y la desembocadura a La Calderera, mediante el cual se diseñen obras de protección longitudinal con revestimientos tales como muros, bolsacretos, flexocretos y geocolchón, para buscar la mejor alternativa desde el punto de vista técnico y económico.

4.1.5.4 Subsistema de Energía Eléctrica (Red Principal y Red Local)

La cobertura de prestación del servicio de energía eléctrica será del 100% para el área urbana empleando la red de alta tensión 34.5 kV aprobada como factible por el Operador de Red Departamental CENS S.A. E.S.P.

Para la distribución del servicio de energía, se diseñará una subestación eléctrica receptora a la intemperie (tipo patio) que transforme el nivel de voltaje a una relación de 34.5 kV a 13.2 kV. Posteriormente, este nivel de voltaje 13.2 kV, será reducido a 220V/127V mediante la instalación de subestaciones aéreas con transformadores monofásicos y/o trifásicos de 75 kVA, permitiendo que el servicio de energía para uso domiciliario, industrial, comercial e institucional responda a los requerimientos de tensión y/o potencia definidos según las necesidades de servicio requerido por el usuario.

La infraestructura eléctrica como redes eléctricas de media y baja tensión serán diseñadas sobre postería de concreto y/o fibra de vidrio de 12, 10 y 8 m dependiendo de factores como accesibilidad a la zona y condiciones del terreno. Donde se requiera, las redes de baja tensión serán diseñadas considerando subterranización, lo que en principio se aplicarían particularmente al perímetro

¹⁵ CALIXTO, Nelson. DISEÑO PARA OBRAS PARA LA RETENCIÓN DE LAVAS TORRENCIALES SOBRE LA QUEBRADA LA CALDERERA, MUNICIPIO DE GRAMALOTE, NORTE DE SANTANDER. 2014.

correspondiente al anillo central vial de la plaza principal del nuevo casco urbano de Gramalote.

Para las redes de alumbrado público, se diseñarán transformadores y redes eléctricas de uso exclusivo, ubicados sobre la postería de la red eléctrica. Por tal motivo, la postería de baja tensión será instalada de manera tal que permita que el servicio de alumbrado público sea adecuado y eficiente.

Toda la infraestructura eléctrica correspondiente a redes eléctricas, selección de conductores, transformadores, estructuras de media y baja tensión, entre otros estarán sujetas a las indicaciones y criterios descritos en las “Normas para el Diseño y Construcción de Sistemas de Distribución” de la Empresa Prestadora del Servicio de Energía Eléctrica - Centrales Eléctricas del Norte de Santander CENS S.A. E.S.P, o en su defecto, según lo establecido en el Código Eléctrico Nacional NTC 2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE y RETILAP.

4.1.5.5 Subsistema de Telecomunicaciones (Red Principal y Red Local)

La red que se proyecta para la nueva área urbana del municipio de Gramalote obedece al concepto de redes de nueva generación sobre el protocolo TCP/IP y permitirá el acceso e intercomunicación de ésta con las antiguas redes de conmutación de circuitos.

Así mismo, la nueva red tendrá la capacidad de recibir múltiples servicios generados al interior de la red y desde el exterior de múltiples prestadores, debiendo contar con la facultad de enrutar los servicios de manera lógica a uno cualquiera de los elementos de consumo desde la intersección principal hacia el interior de la red local del municipio y desde ésta hasta la intersección de los usuarios.

A. Cobertura, cantidades de elementos, volúmenes de uso, compatibilidad y escalabilidad. Tomando en consideración la información obtenida del documento del fondo adaptación “Proyecto de Reasentamiento del casco urbano de Gramalote” y los parámetros correspondientes al planteamiento urbanístico de la nueva cabecera municipal, la red proyectada se ha dimensionado para asegurar una cobertura del 100% del territorio correspondiente al perímetro urbano delimitado actualmente y considera la posibilidad de aumentar el indicador de cobertura a una tasa de hasta 7% anual, según el ritmo de crecimiento en la demanda de servicios de telecomunicaciones a nivel país.

Adicionalmente, dado que se proyecta el crecimiento en capacidad de la red para soportar el aumento de los volúmenes de uso para datos, voz, video, multimedia, texto, sonido, imagen, animación e interactividad, la red prevista responde al criterio de compatibilidad con diversas tecnologías y escalable según la tasa de crecimiento planteada.

B. Red principal para conectividad desde centro de abastecimiento de servicios de telecomunicaciones global hasta Gramalote. Se entiende por red principal los enlaces de microondas o cableados, accesorios de montaje y elementos de derivación que facultan la conexión de la intersección principal con diversos proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones.

En estos términos, el nuevo sistema permitirá la interconexión con las redes de comunicaciones de diferentes operadores sin importar la tecnología utilizada, (respetando el concepto de libre competencia) para lo cual, se diseñarán e incluirán las interfaces de hardware que faculden la integración con un número plural de operadores.

En esos términos, y con el objeto de garantizar condiciones adecuadas de prestación de los servicios de conectividad y telecomunicación, el nuevo sistema contempla las mejores calidades actuales en cuanto a antenas requeridas para enlaces principales (ancho de banda, alcance y frecuencia a utilizar), cables de fibra óptica para la red local (apantallamiento interior, chaqueta exterior, vanos máximos y atenuación), equipos de intersección principal (escalabilidad, número máximo de redes virtuales, calidad de servicio, memoria flash, velocidad de los puertos y administración centralizada) y equipos intersección de usuarios (configuración remota, velocidad de los puertos y tiempo de vida de soporte), garantizando plena compatibilidad de los equipos y las redes.

C. Red local para conectividad de voz, datos, video multimedia, texto, sonido, imagen, animación, video, interactividad. Se entiende por red local los cables, accesorios de montaje y elementos de derivación que facultan la conexión de todos los usuarios con la intersección principal.

Siendo evidente que las zonas de mayor demanda en comunicaciones suelen presentar dificultades tales como demoras, intermitencia, saturación de canales y cortes súbitos de comunicación, el sistema propuesto pretende superar estas anomalías, tanto en la etapa actual de uso como para la atención de crecimientos futuros en nuevos servicios y crecimiento de los elementos, razón por la cual se

deberán definir modelos de evaluación que permitan evidenciar el comportamiento de la red en condiciones críticas de uso.

4.1.5.6 Subsistema de Aseo (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIR)

En el marco de la visión de Gestión Integral de Residuos Sólidos para el nuevo casco urbano del municipio de Gramalote y su área de influencia, se define la prestación del Servicio Público de Aseo como uno de los elementos fundamentales de la gestión ambiental municipal, la cual deberá responder a las exigencias que conlleva la generación de residuos sólidos, desechos y basuras, en términos de atención y manejo, eficiente, efectivo y oportuno, con alta incidencia en la calidad de vida de la población.

En ese sentido, y como parte integral del presente documento técnico de soporte, se presenta como anexo No. 7 el documento de formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS 2014 - 2029 en el que se proponen las condiciones específicas de manejo, disposición, y aprovechamiento de los residuos que se generen en la nueva área urbana, así como también se evalúan los mecanismos de financiación, seguimiento y control a la gestión a cargo de la administración municipal y los entes de control.

De otra parte, el planteamiento urbanístico propuesto permitirá que la prestación del servicio de aseo en los componentes de recolección y barrido de vías y áreas públicas tenga una cobertura única del 100% del área urbana delimitada. Bajo ningún escenario de manejo y gestión de los residuos sólidos, se podrá dejar de tener acceso a la prestación del servicio público de aseo.

Los proyectos, actividades y acciones relacionadas con la recuperación, reúso, comercialización y reciclaje de residuos sólidos que se estructuren e implementen en el nuevo casco urbano deberán estar articulados y en armonía con la gestión integral de residuos sólidos y la prestación del servicio público de aseo del municipio.

La disposición final de los residuos sólidos se deberá realizar mediante su transporte en medios seguros hasta el Relleno Sanitario Regional Guayabal localizado en el Municipio de Cúcuta, acción que responde a las directrices de gestión ambiental tendientes a evitar o eliminar la contaminación del suelo.

La atención y manejo de los residuos o desechos de carácter especial o no común, no provenientes de la actividad residencial doméstica y que no son

atendidos por el Servicio Público de Aseo Municipal, tales como los residuos provenientes de la atención de salud humana y de animales, residuos de carácter infecciosos y peligrosos, y escombros producto de la construcción de infraestructuras de servicios y viviendas, deberán gestionarse por sí mismos o por empresas gestoras de residuos especializadas en el tema, bajo los parámetros y exigencias establecidos en las normas ambientales y de seguridad existentes, en completa armonía con el PGIRS, articulados al Servicio de Aseo y bajo la supervisión, vigilancia y control de la administración municipal.

A. Infraestructura para la implementación y operación del PGIRS.

Para la implementación y desarrollo del PGIRS del nuevo casco urbano se requiere de la siguiente infraestructura básica, que deberá ser provista de manera previa al inicio de operaciones:

- **Sede Administrativa.** Espacio físico (oficina) que podrá ubicarse al interior de la edificación que se destine o se defina para la administración municipal y/o para las dependencias de las empresas prestadoras de los Servicios Públicos Municipales.
- **Sede Operativa.** Espacio físico definido como patio, bodega, almacén y/o garaje que se establecerá como base de operaciones del servicio de aseo. En este espacio se deberá ubicar el vehículo o vehículos destinados a la recolección y transporte de los residuos sólidos generados y el equipo menor que se requiera para la prestación del servicio, así como las dotaciones e insumos del servicio. Corresponde igualmente al lugar en donde será posible realizar las labores de estacionamiento, mantenimiento y almacenamiento de vehículos, equipos y herramientas utilizadas, por lo que debe contar con conexión a las redes de servicios públicos de acueducto y alcantarillado.
- **Planta de Aprovechamiento de Residuos Sólidos.** Espacio físico, patio o bodega donde se llevarán a cabo actividades de selección, clasificación, recuperación, almacenamiento y bodegaje de residuos sólidos reciclables. Esta instalación debe estar ubicada en el suelo rural municipal, sobre el eje vial principal de acceso al nuevo casco urbano, por lo que se deberá definir e incorporar esta actividad al uso o los usos que se definan para la ocupación de esta clase de suelo.
- **Celda Transitoria de Contingencia:** Espacio físico para la disposición temporal de residuos sólidos comunes provenientes del servicio de aseo cuando se presenten situaciones o eventos que impidan el transporte de los residuos sólidos, desechos y basuras al Relleno Sanitario Guayabal ubicado en la ciudad de San José de Cúcuta, originadas en factores o causas externas y

de condición extrema que escapen a la capacidad operativa y de control del prestador del servicio de aseo, tales como desastres naturales que ocasionen el taponamiento prolongado de la vía, la pérdida de las bancas de la vía de acceso, la caída o destrucción de puentes y obras asociadas a la operación vial, o por acciones de orden público o delincuencia que coloquen en riesgo la seguridad de las tripulaciones y el equipo automotor.

- **Escombreras:** Espacio físico o áreas para la disposición de escombros, producto de la construcción de la infraestructura del nuevo casco urbano, correspondiente a la vía de acceso, vías urbanas, edificaciones e instalaciones del equipamiento urbano y de servicios, viviendas, parques, corredores, obras de mitigación y corrección. La ubicación de esta instalación corresponderá igualmente a una porción del suelo rural.

4.1.5.7 Subsistema de Gas Natural (Red Principal y Red Local)

El sistema de suministro del Gas Natural Domiciliario por medio de redes de distribución para la nueva cabecera municipal beneficiará a un alto porcentaje de la población urbana, sustituyendo los combustibles tradicionalmente utilizados (Carbón, GLP, Madera, Gasolina entre otros) por gas natural, implementado un combustible confiable, menos contaminante y de un valor asequible.

A. Descripción del Sistema de Distribución de Gas Natural. El sistema de distribución planteado para el suministro del Gas Natural en el nuevo casco urbano de Gramalote está compuesto por tuberías destinadas al abastecimiento domiciliario y la estación receptora (Estación de Regulación, odorización y Medición).

El diseño, construcción, operación y mantenimiento de un sistema de distribución de Gas está determinado por las normas NTC 3838 (sobre presiones), NTC 3728 (sobre Redes de Distribución Urbana) NTC 2505 (sobre Instalaciones en Edificaciones Residenciales y Comerciales) y NTC 3949 (sobre Estaciones de Regulación de Presiones para Redes de Distribución de Gas Natural).

Dicho sistema comprende:

- **Estaciones ERM** (Estación Regulación y Medición) es la estación encargada de recibir el gas de los sistemas de transporte, filtrarlo, medirlo, y regularlo, para entregarlo al sistema de distribución.
- **Líneas Primarias o Redes Troncales** Son sistemas de tuberías destinados a la distribución de gas hacia sectores puntuales de consumo en los centros

urbanos. Para el caso del Gas natural, están comprendidas entre la Estación ERM de la localidad y las Redes Troncales

- **Líneas Secundarias** Son sistemas de tuberías que se derivan de las Líneas Primarias o Redes Troncales en las estaciones ERM y se extienden hacia las instalaciones de los usuarios en un sector determinado de la red de distribución. Por lo general se componen de tuberías de materiales plásticos especiales.
- **Línea de Acometida o Acometida** Es la derivación de la línea secundaria que llega hasta la válvula (registro) de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

B. Selección de Rutas para el Tendido de las Redes. Para la selección de rutas en el tendido de las redes se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

- Infraestructura vial definida. Vías construidas o demarcadas.
- Nomenclatura urbana.
- Estratificación socioeconómica (expedida por la autoridad municipal).

A partir de la estación de regulación, se realizará un trazado preliminar de la red de distribución teniendo en cuenta:

- Atender el máximo número de unidades prediales.
- Tener el menor número de cruces especiales
- No interferir con los tendidos de las redes de otros servicios
- Buscar vías de poco tráfico vehicular
- Buscar trazados en forma de malla cerrada, en la medida en que las condiciones topográficas y urbanísticas así lo permitan.
- Buscar un trazado que permita la conexión de anillos de distribución a ambos lados de la red troncal de polietileno.

5 AJUSTE AL COMPONENTE RURAL

5.1 INCORPORACIÓN DEL SUELO DEL ANTIGUO CASCO URBANO AL SUELO DE PROTECCIÓN.

Como se estableció en el numeral 1.2 del presente documento, las condiciones morfodinámicas y geotécnicas que ocasionaron la destrucción del antiguo casco urbano del municipio de Gramalote se mantienen en la actualidad, a lo que se suma que las edificaciones existentes sobre el mismo no cumplen con los requisitos establecidos en el Código Colombiano de Construcción Sismorresistente (NSR – 10), lo que supone un nivel de riesgo alto para la población allí asentada.

En tanto los estudios técnicos realizados han demostrado la inconveniencia de permitir la ubicación de pobladores sobre esta área, la decisión de ordenamiento adoptada para su manejo se refiere a su incorporación a la categoría de suelo de protección, en los términos definidos en el artículo 35 de la Ley 388 de 1.997, así:

“Artículo 35º.- Suelo de protección. Constituido por las zonas y áreas de terreno localizados dentro de cualquiera de las anteriores clases, que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse”.

Así mismo, es preciso dar aplicación al contenido de la Ley 1523 de 2012 “Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones”, en especial en lo que corresponde al principio de precaución definido como sigue:

“8. Principio de precaución: Cuando exista la posibilidad de daños graves o irreversibles a las vidas, a los bienes y derechos de las personas, a las instituciones y a los ecosistemas como resultado de la materialización del riesgo en desastre, las autoridades y los particulares aplicarán el principio de precaución en virtud del cual la falta de certeza científica absoluta no será óbice para adoptar medidas encaminadas a prevenir, mitigar la situación de riesgo”.

En concordancia con lo anterior, y en virtud de la relocalización de la zona urbana del municipio hacia el sector de Miraflores, el suelo del anterior casco urbano se considerará parte del suelo de protección ubicado en suelo rural y sobre el mismo se adelantarán acciones tendientes a su recuperación y restauración ambiental.

Para el efecto, se adoptarán las condiciones normativas aplicables a los suelos de protección, en el entendido que las mismas deberán igualmente procurar por compatibilizar de manera regulada el interés de la comunidad de preservar parte de su memoria histórica. En ese sentido, se prevé la alternativa que a continuación se expone.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, ANYELET VALENCIA. CORTES GOMEZ, ANGELA MARIA. RUIZ AGUDELO, CESAR AUGUSTO. (2012). Servicios ecosistémicos brindados por los anfibios y reptiles del Neotrópico: una visión general. Capital Natural Colombia. REFLEXIONES SOBRE EL CAPITAL NATURAL DE COLOMBIA No. 2" En: Colombia. ed: Conservación Internacional Colombia ISBN: 978-958-57691-0-6. v. 0 pags. 26

ALCALDIA MUNICIPAL DE GRAMALOTE. (2007). Finca Reserva El Bojoso: Por: León David Peñaranda. En: SESQUICENTENARIO. Gramalote, N. DE S. 1857-2007. Alcaldía Municipal De Gramalote 2004-2007 "Todos Por Gramalote". 25 p.

CAMARGO, P.G. 2007. Guía Técnica Para Proyectos Piloto de Restauración Ecológica participativa. Bogotá D.C. – junio.

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL COLOMBIA. (2013a). Estudio regional para la identificación de las áreas estratégicas para la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con agua, carbón y turismo y su incidencia en la selección del sitio de reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote bajo escenarios actuales y futuros de cambio climático. Tomo I. Fondo Adaptación & Conservación Internacional Colombia. Bogotá, Colombia.

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL COLOMBIA. (2013b). Estudio regional para la identificación de las áreas estratégicas para la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con agua, carbón y turismo y su incidencia en la selección del sitio de reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote bajo escenarios actuales y futuros de cambio climático. Tomo II. Fondo Adaptación & Conservación Internacional Colombia. Bogotá, Colombia.

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL COLOMBIA. (2013c). Estudio regional para la identificación de las áreas estratégicas para la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con agua, carbón y turismo y su incidencia en la selección del sitio de reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote bajo escenarios actuales y futuros de cambio climático. Tomo III. Fondo Adaptación & Conservación Internacional Colombia. Bogotá, Colombia.

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL COLOMBIA (2014). Aclaración matriz multicriterio ambiental y caracterización faunística en el sector de Miraflores” del “Estudio regional para la identificación de las áreas estratégicas para la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con agua, carbono y biodiversidad y su incidencia en la selección del sitio de reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote bajo escenarios actuales y futuros de cambio climático. Conservación Internacional Colombia. Bigotá, Colombia.

DERLY CONSTANZA YARA ORTIZ & DIANA KARINA ROJAS BRIÑEZ. (2008). Pequeños mamíferos no voladores. En: REINOSO-FLOREZ, G., VILLA-NAVARRO, F.A., ESQUIVEL, H. E., GARCIA-MELO, J.E. y VEJARANO-DELGADO, M.A. 2008. Biodiversidad Faunística Y Florística de la Cuenca del río Lagunillas - Biodiversidad Regional Fase IV. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

GONZALEZ, DIEGO. (2013). Flora. En: Aportes a la consolidación de lineamientos para el manejo ambiental del proceso de reubicación del casco urbano del municipio de gramalote. Biodiversidad asociada a la vertiente oriental de la cuenca del río la calderera. Tomo II. Fondo de Adaptación & Conservación Internacional Colombia.

IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.

IDEAM, 2011. Aportes del IDEAM para la definición y aplicación de la Estructura Ecológica Nacional. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 43 p.

IGAC. 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento de Norte de Santander. República de Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. P Ingeominas, 2012. Estudios de geología y geomorfología escala 1:25 000 para la reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote, Departamento Norte de Santander. Volumen 1. República de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá D.C., Colombia. 66 p.

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2010-2014 “PROSPERIDAD PARA TODOS”. En: <https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=4-J9V-FE2pl%3D&tabid=1238>

PLAN REGIONAL DE COMPETITIVIDAD DE NORTE DE SANTANDER, en:
<http://www.comisionesregionales.gov.co/publicaciones.php?id=923>

REGIONALIZACIÓN DEL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN. DNP. En:
https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=dq_gZbxWrFw%3D&tabid=1544

RUDAS G., MARCELO D., ARMENTERAS D., RODRÍGUEZ N., MORALES M., DELGADO L.C. Y SARMIENTO A. (2007). Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 128 p.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. 2012. Zonificación de estabilidad de los sectores Pomarroso y Miraflores escala 1: 5000 para la reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote en Norte de Santander. Volumen 2. República de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá D.C., Colombia. 340 p.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA-SCG (2013). "Zonificación por remoción en masa y términos de referencia para diseño y construcción de obras de mitigación en el predio Miraflores, para el reasentamiento del casco urbano de Gramalote (Norte de Santander)", Bogotá D.C.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA. (2013). Zonificación Por Remoción En Masa Y Términos De Referencia Para Diseño Y Construcción De Obras De Mitigación En El Predio Miraflores, Para El Reasentamiento Del Casco Urbano De Gramalote (Norte De Santander) Ajuste Informe Final.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA. 2013. Zonificación por remoción en masa y términos de referencia para diseño y construcción de obras de mitigación en el predio Miraflores, para el reasentamiento del casco urbano de Gramalote (Norte de Santander). Ajuste informe final. Informe presentado a Fondo Adaptación. Sociedad Colombiana de Geotecnia. Bogotá D.C., Colombia. 210 p.

SUAREZ, ANDRÉS FELIPE. (2013). Mamíferos. En: Aportes a la consolidación de lineamientos para el manejo ambiental del proceso de reubicación del casco urbano del municipio de gramalote. Biodiversidad asociada a la vertiente oriental de la cuenca del río la calderera. Tomo II. Fondo de Adaptación & Conservación Internacional Colombia.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. REASENTAMIENTO DE GRAMALOTE.
Acompañamiento social fase II. En:
http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_76/recursos/julio2013/14082013/mesadegramalote.jsp

VITORA, C. Fdez. (1997). Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental, 3ª edición, Madrid.