



INFORME FINAL

**ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD)
Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PIEDRA
LARGA, SECTOR EL PLAN, MUNICIPIO DE CIENEGA, JURISDICCIÓN DE LA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).**

**CONVENIO
Nº 038 DEL 2012
UPTC - CORPOCHIVOR
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA**

Tabla de Contenido		pag.
<i>INTRODUCCION</i>		12
1	<i>GENERALIDADES</i>	13
1.1	PRESENTACION (JUSTIFICACION Y ALCANCE)	13
1.2	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	14
1.2.1	Objetivo General.....	14
1.2.2	Objetivos Especificos	14
1.3	LOCALIZACIÓN.....	16
1.4	PERSONAL.....	16
1.5	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS	17
1.5.1	Trabajo de campo.....	18
1.5.2	Análisis de Laboratorio	19
1.5.3	Trabajos de Oficina	20
1.5.4	Descripción del problema y sus posibles causas	20
1.5.5	Recopilación de Información secundaria.....	21
1.6	ESTADO DE LA INFORMACIÓN	22
2	<i>ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS</i>	23
2.1	MORFOMETRÍA DE LA CUENCA	23
2.2	DENSIDAD DE DRENAJE (Dd).....	25
2.3	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC)	25
2.4	ANÁLISIS HIDROLÓGICO	29
2.5	BALANCE HÍDRICO.....	29
	2 30	
2.5.1	Tipos de Recarga	30
2.6	ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA	32
2.6.1	Estimación de la precipitación.	38
3	<i>GEOLOGIA</i>	41
3.1	GEOLOGÍA HISTÓRICA	41
3.1.1	Periodo Cretáceo.....	42
3.2	MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	43
3.3	ESTRATIGRAFÍA.....	43
3.3.1	Formación Conejo (Kscn).....	44
3.3.2	Depósitos Cuaternarios.	45
4	<i>GEOMORFOLOGÍA</i>	47

4.1	GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	47
4.2	ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO.....	48
4.3	PROCESOS MORFODINÁMICOS.....	49
4.3.1	Los deslizamientos compuestos.....	49
4.3.2	Reptaciones.....	51
4.4	INCLINACIÓN DE LAS PENDIENTES.....	53
4.5	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	55
4.5.1	Geoformas de Origen Denudacional.....	56
4.6	MORFODINÁMICA - INTENSIDAD DE EROSIÓN.....	59
4.7	USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO.....	60
4.7.1	Descripción regional.....	62
4.7.2	Cobertura y uso de suelo para el área de influencia del estudio.....	66
4.7.3	Áreas y porcentajes de las coberturas en el área de estudio.....	104
4.7.4	Unidades de cobertura vegetal.....	105
5	<i>HIDROGEOLOGÍA</i>	109
5.1	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	109
5.1.1	Acuífero de alta productividad.....	109
5.1.2	Acuífero promedio.....	109
5.1.3	Acuitardo.....	109
5.1.4	Acuicierres.....	110
6	<i>GEOELECTRICA</i>	111
6.1	ESTUDIO GEOELECTRICO (TOMOGRAFIA ELECTRICA RESISTIVA).....	111
6.1.1	INTRODUCCION.....	111
6.2	OBJETIVO.....	114
6.3	PRINCIPIO DEL METODO GEOFISICO.....	114
6.3.1	Resistividad Aparente:.....	114
6.3.2	Dispositivos:.....	117
6.4	METODOLOGIA.....	118
6.4.1	TOMOGRAFIA N°1.....	120
6.4.2	RESULTADOS.....	124
3	125
7	<i>GEOTECNIA</i>	125
7.1	EXPLORACIÓN DE CAMPO.....	125
7.1.1	Exploración indirecta del sub suelo.....	125
7.1.2	Sondeos geotécnicos.....	126
7.1.3	Exploración indirecta del sub suelo.....	126
7.2	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO.....	129
7.2.1	Trabajos de Laboratorio.....	129

7.3	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO	131
7.3.1	Trabajos de Laboratorio	131
7.3.2	Trabajos de Laboratorio	131
7.3.3	Propiedades mecánicas de las rocas	137
7.3.4	Resumen de resultados.....	138
7.4	Clasificación del Macizo Rocosos.	141
7.4.1	Índice de Calidad de la Roca (RQD):	141
7.4.2	Clasificación Según el RMR:	142
	Fuente: resultados del estudio	144
7.4.3	Clasificación Según el Índice Geológico de Resistencia (GSI):.....	145
7.5	CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS	146
7.6	CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA.....	147
7.6.1	Causas Reales	147
7.6.2	Causas Inmediatas.....	147
7.7	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA	148
7.7.1	Análisis estructuralmente controlado.....	151
7.7.2	Análisis estructuralmente no controlado	153
8	<i>ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 160</i>	
8.1	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE AMENAZAS	160
8.2	EVALUACION DE AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA 162	
8.3	ANALISIS DE AMENAZA	164
8.4	EVALUACION Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD POR FRM.....	166
8.5	INVENTARIO DE VIVIENDAS.....	167
8.6	VULNERABILIDAD SOCIAL.....	168
8.7	PERCEPCION DEL PELIGRO	169
8.8	ORGANIZACIONES CIVICAS	169
8.9	CAPACIDAD ECONOMICA DE LOS POBLADORES	169
8.9.1	Cobertura de Servicios Públicos.....	170
8.10	TIPOLOGIA DE LAS VIVIENDAS.....	170
8.11	VULNERABILIDAD FISICA	172
8.12	INDICE DE EXPOSICION (IE).....	173
8.13	INDICE DE RESISTENCIA (IR).....	174
8.14	INTENSIDAD E INDICE DE DAÑO	177
8.15	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA	179
8.16	EVALUACION Y ANALISIS DE RIESGO POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA	181

8.17	GENERACION DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	182
9	<i>ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.....</i>	<i>186</i>
9.1	ANÁLISIS Y GRAFICAS ESTADÍSTICAS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL MUNICIPIO DE CIENEGA, VEREDA PIEDRA LARGA SECTOR EL PLAN.	187
9.1.1	Tipo de sector evaluado.....	188
9.1.2	Las viviendas.....	188
9.1.3	Servicios básicos.....	188
9.1.4	Acueducto.....	188
9.1.5	Alcantarillado.....	189
9.1.6	Seguridad social.....	189
9.1.7	Discapacidad.....	190
9.1.8	Genero.....	190
9.1.9	Presencia de menores de edad.....	191
9.1.10	Niños escolarizados.....	191
9.1.11	Adultos mayores.....	191
9.1.12	Estratificación de las viviendas.....	192
9.1.13	Tipo de vivienda.....	192
9.1.14	Área aproximada de las viviendas.....	192
9.1.15	Número de pisos tiene las viviendas.....	192
9.1.16	Edad de las construcciones.....	192
9.1.17	Armazón de las viviendas.....	193
9.1.18	Cubierta de las viviendas.....	193
9.1.19	Muros de las viviendas.....	193
9.1.20	Acabado de los pisos.....	194
9.1.21	Estado de las construcciones.....	194
9.1.22	Daños en las construcciones.....	194
9.1.23	Tipos de daño de las viviendas.....	195
9.1.24	Parte de la construcción más afectada.....	195
9.1.25	Inestabilidad del suelo.....	196
9.1.26	Ingresos económicos de las familias.....	196
9.1.27	Hogares con apoyo de familia extensa.....	196
9.1.28	Acciones de mitigación implementadas.....	197
9.1.29	Capacidad de afrontamiento del riesgo.....	197
9.1.30	Actuaciones de las personas frente a un evento catastrófico.....	198
9.1.31	Tiempo que lleva el fenómeno de remoción en masa.....	198
9.1.32	Conocimiento del fenómeno de remoción en masa.....	199
9.1.33	Afectación emocional familiar.....	199
9.1.34	Economía familiar.....	199
9.1.35	Uso del suelo.....	200
9.1.36	Capacitación en prevención de riesgos.....	200
9.1.37	Reubicación de las familias.....	201
9.1.38	Consejo municipal de gestión del riesgo.....	201
9.1.39	Peticiones a los entes municipales.....	202
10	<i>OBRAS RECOMENDADAS.....</i>	<i>203</i>

11	<i>CONCLUSIONES</i>	204
12	<i>RECOMENDACIONES</i>	206
13	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	208

Listas de Fotografías.	Pág.
Fotografía 1. Tejido urbano discontinuo presente en la zona de estudio	72
Fotografía 2. Red vial presente en la zona de estudio	73
Fotografía 3. Cereales.....	74
Fotografía 4. Cultivos herbáceo	77
Fotografía 5. Cultivo De Zea Mays.....	78
Fotografía 6. Cultivo De Arracacia Xanthorrhiza Bancroft (Hoker, 1831 y Muñoz, 1968).....	80
Fotografía 7. Cultivos herbáceos.....	85
Fotografía 8. Acca sellowiana.....	87
Fotografía 9. Cultivos arbóreos permanentes.....	88
Fotografía 10. Cultivos agroforestales.....	89
Fotografía 11. Pastos limpios presente en la zona de estudio.....	91
Fotografía 12. Bosque denso bajo presente en la zona de estudio	95
Fotografía 13. <i>Cupressaceae</i> presente en la zona de estudio	97
Fotografía 14. <i>Myrtaceae</i> presente en la zona de estudio	98
Fotografía 15. Arbustal mesofilo presente en la zona de estudio	100
Fotografía 16. Sucesión vegetal secundaria.....	101
Fotografía 17. Áreas abiertas.....	103
Fotografía 18. Parte media del deslizamiento.	122
Fotografía 19. Equipo TERRAMETER LS 04-064-250.....	122
Fotografía 20. Perforación realizada en la zona de estudio	127
Fotografía 21. Punto de rocas aflorantes en la cercanía del deslizamiento y zona de mapeo geológico.	128
Fotografía 22. Medición de volumen de la muestra para establecer propiedades físicas de la roca.	135
Fotografía 23. Muestra fallada en el ensayo de compresión no confinada.....	136
Fotografía 24. Muestras a las que se les realizo la prueba de corte directo.	137
Fotografía 25. Ensayo de Tilt Test	137
Fotografía 26. Ensayo de carga por punta o ensayo Franklin.	138
Fotografía 27. Vereda Piedra Larga, Sector El Plan. Ciénega	165
Fotografía 28. Tipo de construccion viviendas del sector	171
Fotografía 29. Tipo de construccion viviendas del sector	172
Fotografía 30. Vista del deslizamiento desde la parte alta.....	187
Fotografía 31. Vivienda habitada en terreno inestable.....	189
Fotografía 32. Vivienda de adulta mayor discapacitada.....	190
Fotografía 33. Vivienda adulta mayor en abandono	191
Fotografía 34. Vivienda de niños con discapacidad.	193
Fotografía 35. Vivienda visiblemente afectada por el movimiento en masa.	194
Fotografía 36. Muros con grietas de más de dos centímetros.	195
Fotografía 37. Adulta mayor habitante del sector evaluado.	197

Fotografía 38.	Habitante del sector con su vivienda afectada por el deslizamiento.	198
Fotografía 39.	Vegetación del sector.....	200
Fotografía 40.	Vista del área evaluada.	201

Listas de Tablas.	Pág.
Tabla 1. Valores de parámetros morfométricos para la microfrecuencia 1.	27
Tabla 2. Valores de parámetros morfométricos para la microfrecuencia 2.	28
Tabla 3. Tabla general para la determinación de número de curva (CN).	34
Tabla 4. Escorrentía Estación Ciénega, suelo tipo ML.....	36
Tabla 5. Estaciones pluviométricas utilizadas en la estimación de la precipitación para el área de estudio.....	39
Tabla 6. Clasificación de las pendientes.	54
Tabla 7. Descripción geomorfológica.	58
Tabla 8. Porcentaje de coberturas sector puente Camacho.	105
Tabla 9. Unidades de cobertura vegetal.	107
Tabla 10. Resistividades de algunos suelos y rocas.	117
Tabla 11. Resistividad e interpretación geológica de la zona de estudio	123
Tabla 12. Coordenadas de los sondeos realizados	126
Tabla 13. Puntos de tomas de muestras de rocas aflorantes.....	128
Tabla 14. Resumen de resultados ensayos de laboratorio	140
Tabla 15. Resumen de Resultados de la Clasificación RMR	144
Tabla 16. Puntos de Control para realizar la clasificación geomecánica.....	144
Tabla 17. Coeficientes de aceleración sísmica para el departamento Boyacá.....	150
Tabla 18. Coeficientes de reducción de coeficientes de aceleración sísmica	150
Tabla 19. Resultado análisis estructuralmente estructurado.....	151
Tabla 20. Factores de seguridad para el modelo perfil B-B'.....	155
Tabla 21. Factores de seguridad para el modelo perfil B-B'.....	157
Tabla 22. Factores de seguridad para el modelo perfil C-C'.....	158
Tabla 23. Parámetros físicos y naturales estimados para la Identificación de Zonas Inestables (Deslizamientos)	162
Tabla 24. Calculo de Amenaza para distintos periodos de retorno	164
Tabla 25. integrantes por familia	168
Tabla 26. Índice de Exposición.....	174
Tabla 27. Factores de Ponderación	177
Tabla 28. matriz para la determinación intensidad de daño.....	178
Tabla 29. determinación índice de daño	179
Tabla 30. relación entre intensidad de daño y el índice de daño	180
Tabla 31. categorización de la vulnerabilidad.....	181
Tabla 32. categorización del riesgo	182
Tabla 33. matriz para escenarios de riesgo	183

Listas de Figuras.	Pag.
Figura 1. localización.....	16
Figura 2. ORGANIGRAMA.....	17
Figura 3. Imagen ilustrativa de la microcuenca Cienega.....	26
Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual.....	40
Figura 5. Mapa Geológico.....	46
Figura 6. Fotografías pertenecientes al vuelo 2804- 79,80 tomadas por el IGAC, durante los años 90.	49
Figura 7. Esquema del movimiento compuesto.	50
Figura 8. Esquema del movimiento, perfil movimiento compuesto	51
Figura 9. Esquema del movimiento, reptación 1.....	52
Figura 10. Esquema del movimiento, perfil reptación 1.....	53
Figura 11. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes.....	54
Figura 12. Imagen del Mapa geomorfológico.....	55
Figura 13. Imagen del Mapa erosión.....	60
Figura 14. Posiciones aproximadas de las Líneas gula de las regiones latitudinales y las fajas altitudinales del sistema mundial de zonas de vida de Holdridge, (basado en una tasa de cambio de .6°C por,cada 1000m).....	64
Figura 15. criterios para la clasificación de los bosques	93
Figura 16. Cobertura vegetal y uso de suelo	104
Figura 17. Mapa hidrogeológico de Cienega.....	110
Figura 18. Principio teórico de operación de las TER's.	112
Figura 19. Rangos de resistividad para diferentes materiales.....	113
Figura 20. Dispositivo Wenner.....	118
Figura 21. Imagen mapa topográfico Ciénega.....	121
Figura 22. Perfil 1 tomografía.....	123
Figura 23. Perfil litológico 1.....	124
Figura 24. Perfil Geotécnico S2.....	130
Figura 25. Límites de Atterbeg	132
Figura 26. Manera de establecer las fases de la roca	134
Figura 27. Guía para la definición del Índice geológico de resistencia (GSI).....	145
Figura 28. Cinemática del Movimiento de falla planar.	146
Figura 29. Análisis cinemático, falla por volcamiento.....	152
Figura 30. Análisis cinemático falla planar	152
Figura 31. Análisis cinemático falla por cuña	153
Figura 32. Perfil geológico A-A'.....	154
Figura 33. Modelo de análisis perfil A-A'	155
Figura 34. Perfil geológico B-B'	156
Figura 35. Modelo de análisis perfil B-B'.....	156
Figura 36. Perfil geológico C-C'	157
Figura 37. Modelo de análisis perfil C-C'	158

Figura 38. indicadores de vulnerabilidad social.....	170
Figura 39. porcentaje de ocupación y calidad de vivienda.....	175

Listas de Anexos

ANEXO 1 - MAPAS TEMÁTICOS

MAPA 1 GEOLÓGICO

MAPA 2 GEOMORFOLÓGICO

MAPA 3 SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN

MAPA 4 DE PENDIENTES

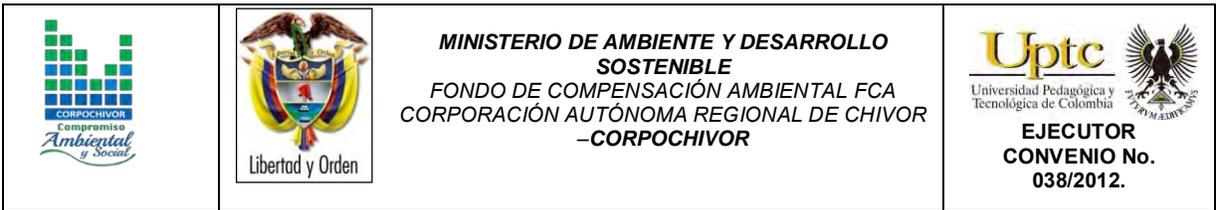
MAPA 5 COBERTURA Y USO DEL SUELO

MAPA 6 HIDROGEOLÓGICO

ANEXO 2 - RESULTADOS DE LABORATORIO Y PERFORACIONES

ANEXO 3 – RESULTADOS DE LA TOMOGRAFIA

ANEXO 4 – ANALISIS HIDROLOGICO



INTRODUCCION.

El departamento de Boyacá fue uno de los más azotados por la ocurrencia de amenazas geoclimáticas detonadas por inusuales montos de precipitación por evento y acumulados, que evidenciaron una falencia en la especialización de tales amenazas, y por tanto una marcada limitación en el ordenamiento territorial y en la gestión del riesgo.

Algunos eventos de ocurrencia estacional, se vieron incrementados en su capacidad de daño, por el incremento de las precipitaciones, dando lugar a movimientos en masa de grandes proporciones que afectaron laderas de la mayoría de los municipios, resaltándose lo ocurrido en las provincias de Occidente, Norte, Gutiérrez, Valderrama y Sugamuxi. La ocurrencia de "enjambres" de deslizamientos, permite datar relativamente por memoria histórica y evidencias geomorfológicas, periodos de retorno de 40 o 45 años. De igual forma, las precipitaciones por eventos y acumuladas, ocurridas en las mismas provincias, sumadas las de Ricaurte, Centro, Márquez y Tundama, con llevaron a picos de escorrentía que provocaron desbordes e inundaciones de los valles intermontanos del territorio boyacense, siendo los más afectados los valles de Ubaté – Chiquinquirá, Tundama y Sugamuxi.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

1 GENERALIDADES

1.1 PRESENTACION (JUSTIFICACION Y ALCANCE)

Ante la permanente ocurrencia de Fenómenos de Remoción en Masa y Eventos Torrenciales en diferentes puntos del país, el Gobierno Nacional, emitió la Ley 99 de 1993, referente a los principios ambientales generales, responsabilidades y funciones de las Corporaciones Regionales y su Numeral 23 que contempla entre otros, el realizar actividades de análisis, seguimiento y control de desastres; en coordinación con las demás autoridades competentes y asistenciales, en los aspectos medioambientales, para la Prevención y Atención de Emergencias y Desastres.

En concordancia con la Ley 1523 de 2012, en la cual se adopta la política Nacional de gestión del Riesgo, sus Decretos reglamentarios, el Decreto 919 de 1998, dispone que dentro del Sistema Nacional para la Atención de Emergencias o Desastres; corresponde al Comité Regional de Prevención y Atención de Desastres CREPAD el manejo de la cobertura departamental y al CLOPAD, cuando trata de eventos municipales.

Siendo las amenazas por movimientos en masa, las más representativas en la generación de riesgos y desastres en 25 zonas de interés delimitadas previamente por parte de la Corporación Autónoma Regional de Chivor CORPOCHIVOR, se requiere una integración de los procesos geológicos exógenos (amenazas), por ser los que mayores impactos han tenido sobre las comunidades, evaluando su ocurrencia antes del Fenómeno de La Niña y durante el mismo, a fin de establecer nuevas áreas involucradas, vulnerabilidades y elementos en riesgo.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

Se aclara que, la metodología de evaluación de amenazas propuesto, involucra como detonantes, las precipitaciones, la actividad sísmica y antrópica, por lo que igualmente se hará una revisión de aspectos endógenos como la ocurrencia, magnitud y posibles áreas de afectación de los sismos asociados.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Realizar el estudio de riesgo (amenaza y vulnerabilidad) y diseño de obras en la Vereda Piedra larga, sector el Plan, Municipio de Ciénega, área afectada por fenómenos de remoción de masa. Municipio de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor CORPOCHIVOR.

1.2.2 Objetivos Específicos

Realizar el estudio diagnóstico físico y de cobertura y uso del suelo con el fin de identificar las amenazas geoclimáticas en zona de afectación.

Realizar un estudio geomorfológico detallado con el propósito de apoyar la identificación y la posterior zonificación de las principales amenazas naturales, en particular las relacionadas con los eventos de remoción en masa, erosión, socavación, represamientos e inundaciones.

Evaluación de Información histórica y memoria colectiva sobre los eventos de FRM y sísmicos ocurridos en la zona de estudio.



Desarrollar la caracterización geotécnica de los diferentes materiales involucrados en los diferentes sectores del deslizamiento.

Evaluar las tomografías a fin de determinar la superficie de falla actual.

Establecer el grado de vulnerabilidad social y la percepción de la comunidad ante el desarrollo de eventos de alta peligrosidad, mediante la toma de encuestas con la comunidad afectada, potencialmente susceptible y de moderada a baja susceptibilidad.

Establecer vulnerabilidades y escenarios de riesgos de las áreas de mayor importancia dentro de la zona de estudio.

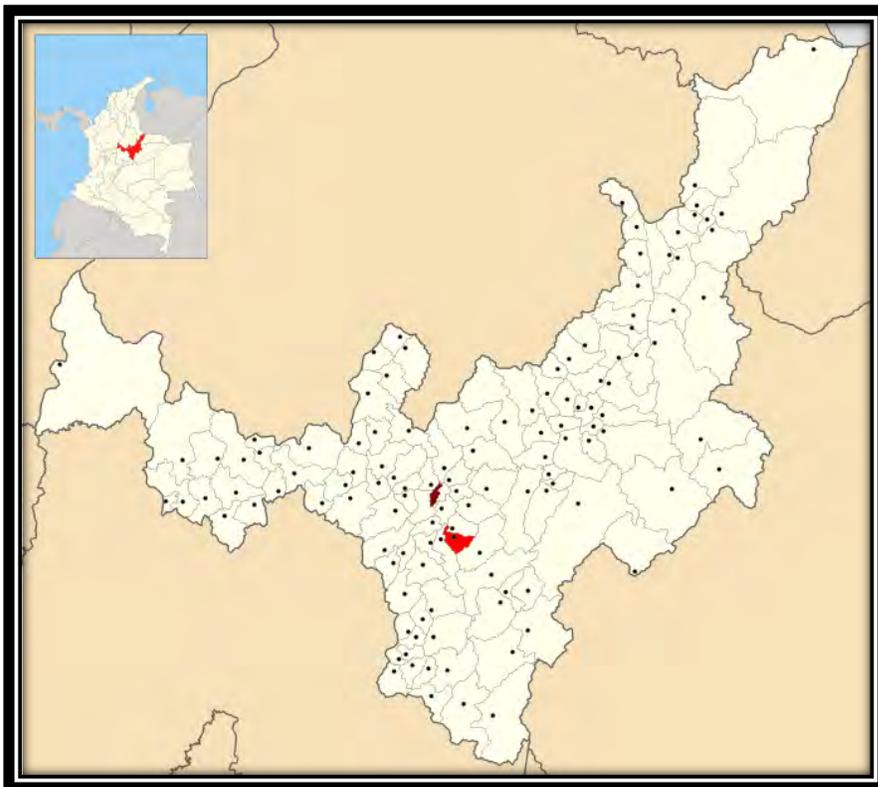
Estructurar un sistema de información geográfica que permita visualizar y manipular los datos y cartografía temática integrados, con el fin de ser actualizada y retroalimentada.

Recomendar medidas de reducción de riesgos de desastres a nivel puntual.

Establecer medidas de estabilización mediante la evaluación de diferentes escenarios y el grado de confiabilidad ante la implementación de medidas estructurales.

1.3 LOCALIZACIÓN.

Figura 1. localización

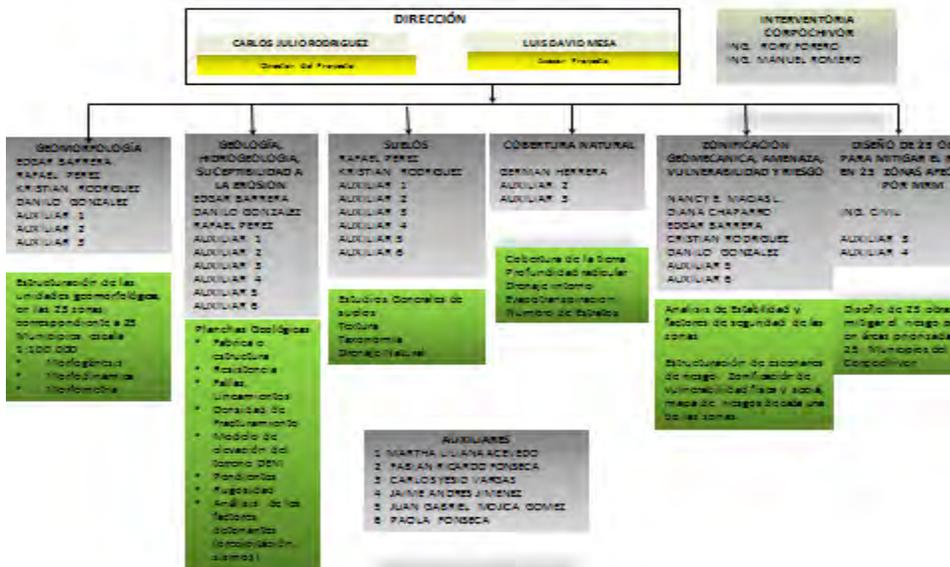


Fuente: EOT del municipio de Ciénega

1.4 PERSONAL

Para el desarrollo de éste proyecto, la UPTC contó con la dirección del Ingeniero Geólogo Carlos Julio Rodríguez, y los profesionales M.s.c. en Geotecnia, Rafael H. Pérez E y así como por los Ingenieros Geólogos, Luis D. Mesa, Edgar Barrera, Danilo H. González, Nancy E. Macías Leguizamón, Kristian Rodríguez, Biólogo German Saavedra, Socióloga Diana Chaparro, El Ingeniero topógrafo Jorge Mesa. Por parte de Corpochivor la interventoría los Ingenieros Rory Forero y Manuel Romero

Figura 2. Organigrama



Fuente: Los autores

1.5 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

En la primera fase de la investigación se hizo el reconocimiento de la zona inestable, estableciendo aspectos geológicos y sectores con similares patrones de desplazamiento, buscando definir la evolución cronológica de la inestabilidad, al igual que su dinámica y una clasificación preliminar de los eventos. Esto sirvió de base para proyectar la exploración del terreno (directa e indirecta) y demás actividades necesarias.

A continuación se relacionan las distintas actividades adelantadas para recopilar toda la información posible y que es la base de los análisis correspondientes.



1.5.1 Trabajo de campo

La exploración del subsuelo y reconocimiento de campo se ejecutó con un procedimiento de exploración directa para conocer las características litológicas y geomecánicas de los materiales removidos con el fin de diseñar los modelos de análisis. Durante la visita de campo al área afectada se llevó a cabo un recorrido con el fin de delimitar el fenómeno de remoción en masa (FRM), a partir de esta recopilación de información definir la zona mediante topografía. De acuerdo con lo observado en relación con la dinámica del movimiento, y los posibles mecanismos de falla, se establecieron los sitios adecuados para realizar la exploración directa del subsuelo, al igual que la exploración geoelectrica (SEV).

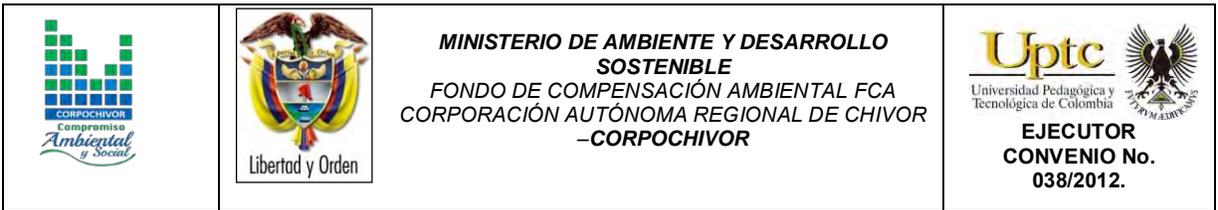
El trabajo de campo consistió en:

Apiques y Sondeos Geotécnicos. En total, se realizaron 1 apique, 1 trinchera y 2 sondeos manuales por SPT (standar penetration test), en los que se tomaron muestras para análisis, cuya profundidad de exploración varió de los 2 a los 10 m.

Levantamiento topográfico: Altimetría y Planimetría de cada uno de los sectores de estudio mediante uso de una estación total. Se incluyó: localización de viviendas, infraestructura visible y en general todo detalle de interés para el estudio delimitación de los deslizamientos.

El trabajo topográfico detallado, se elaboró en escala 1: 2.000.

Levantamiento Geológico y Geotécnico de la zona: Comprende el reconocimiento del lugar, haciendo el levantamiento geológico que permitió conocer la litología, rasgos estructurales, grado de alteración de la roca, depósitos no consolidados y demás detalles de utilidad que sirvieron para crear el modelo geológico local



(Escala 1: 2.000). Con el fin de conocer en detalle la naturaleza del subsuelo, y la caracterización de cada uno de los FRM se realizó la exploración del subsuelo mediante la realización de apiques, perforaciones (anexo 2).

Sondeos Geoeléctricos Verticales. En el área del estudio se realizaron tres (2) tomografías, que se ubicaron dentro de zona afectada por el Fenómeno de Remoción en Masa (FRM) y el área periférica; los que permitieron identificar parámetros de resistividad del subsuelo, interpretar la litología, definir algunas características hidrogeológicas y geotécnicas (anexo 3).

Diagnóstico Estructural De Viviendas. Se realizó un inventario de tres (10) viviendas, cualificando la afectación del fenómeno de remoción en masa (FRM), en aspectos estructurales, en donde se resaltó la presencia de fisuras en pisos y paredes. Se averiguó con los habitantes del sector acerca de la manifestación y evolución en el tiempo del fenómeno de remoción en masa (FRM), al igual que su relación con la ocurrencia de lluvias intensas o eventos sísmicos.

1.5.2 Análisis de Laboratorio

En los laboratorios de Petrografía y Mecánica de Suelos y Rocas de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron los ensayos necesarios para clasificación de suelos a las muestras recogidas en los apiques y sondeos. Los ensayos ejecutados fueron: Caracterización Petrográfica, límites de Atterberg, granulometría, humedad natural, peso unitario, compresión inconfiada, Corte Directo, Coeficiente de Permeabilidad.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

1.5.3 Trabajos de Oficina

Los trabajos de oficina incluyeron las actividades que se relacionan a continuación:

1. Recopilación y revisión de información,
2. Procesamiento y análisis de resultados,
3. Concepción del modelo de secuencia cronológica de los distintos eventos ocurridos.
4. Definición del mapa de Amenazas por movimientos en masa.
5. Análisis de estabilidad para las zonas homogéneas definidas.
6. Planteamiento de obras de control, manejo y recuperación del área afectada.

Las planchas geológicas del IGAC tomadas en cuenta, fueron la 191 y 210, a escala 1:100.000.; las fotografías aéreas de las líneas de vuelo C-2804, No. 79. Los datos de pluviometría del IDEAM de los años de 1959 a 2011, de las estaciones de Ramiriquí, Villa Luisa, Puente Adriana, Tibana y Ciénega.

1.5.4 Descripción del problema y sus posibles causas

En el área de la jurisdicción de CORPOCHIVOR se registran situaciones de amenaza en sitios que presentan evidencias de condiciones de riesgo inminente, para lo cual la Corporación Autónoma Regional de Chivor - CORPOCHIVOR ha hecho un reconocimiento de sitios críticos de riesgo por fenómenos naturales y antrópicos, para intervención con medidas de mitigación de riesgo. Por tal motivo, se requiere disponer de conceptos técnicos de ingeniería geológica que garanticen la aplicación de criterios necesarios para realizar el diseño de obras de protección, mitigación y corrección de los efectos de los fenómenos de remoción en masa existentes.



El estudio incluye análisis geológicos y geotécnicos necesarios para realizar el análisis de ingeniería y el diseño detallado de la alternativa seleccionada junto con los cálculos de cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas.

1.5.5 Recopilación de Información secundaria

A partir de la recopilación bibliográfica de estudios realizados en la zona en años anteriores por entidades del orden nacional, regional y local (EOT, POMCA) informes de visitas de emergencia, cartografía geológica y fotografías aéreas se adelantaron las siguientes actividades:

Revisión y análisis de la información fotogeológica, con el fin de determinar estructuras, formaciones estratigráficas regionales y características litológicas generales de las áreas de estudio.

Verificación, ajuste y complementación de la información de Unidades Geológicas Superficiales mediante trabajo de campo, haciendo una descripción y cartografía de las geoformas asociadas a las unidades geológicas. En el trabajo de campo se identificaron las características litológicas (composición, tamaño de grano, textura, compactación, color, etc.), su disposición estructural (afectación por fallamiento, grado de fracturamiento y plegamiento) y grado de meteorización, entre otros aspectos, a partir de los cuales se clasificaron las Unidades Geológicas Superficiales que se describirán posteriormente.

Evaluación y procesamiento de la información de campo, elaboración de mapas de Unidades Geológicas Superficiales, Geomorfología y movimientos en masa.

Digitalización de mapas.

Elaboración de la memoria técnica explicativa.



1.6 ESTADO DE LA INFORMACIÓN

Mediante la evaluación de estudios suministrados por parte de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Seccional Sogamoso, Escuela de Ingeniería Geológica, así como por la Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR) se logró identificar información primaria, de diferentes temáticas necesarias para el desarrollo de análisis y procesamiento básico de parámetros en aras de dar cumplimiento a los objetivos propuestos para el presente estudio.

- La información recopilada tuvo en cuenta aspectos tales como:
- Localización del estudio.
- Geología, Geomorfología.
- Hidrología y Climatología.
- Suelos y uso actual del suelo.
- Información Geofísica: sísmica, geoeléctrica, tomografías, perfiles y registros eléctricos.
- Hidrogeológica: Inventario de puntos de agua, niveles de agua, cartografía hidrogeológica, balance hídrico, modelos numéricos, caracterización hidrogeológica.

Después de llevar a cabo la identificación de la información base de apoyo se procedió a evaluar y calificar el grado de confiabilidad de la misma; de tal manera que se realizó procesos de depuración y de selección

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

2 ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS

En esta parte no se pudo realizar el estudio respectivo, ya que no se cuenta con información hidrológica, debido a que no hay estaciones ubicadas en este municipio.

2.1 MORFOMETRÍA DE LA CUENCA

Los parámetros morfométricos de una cuenca permiten establecer las características geométricas de la misma, la cual determina en alto grado la susceptibilidad que ésta tiene para presentar, en sucesos eventuales o con el transcurso del tiempo, inundaciones y Avenidas Torrenciales; por ejemplo: una microcuenca alargada muestra una amenaza baja por avenidas torrenciales, porque permite disipar con facilidad una precipitación abundante de corta duración, lo inverso sucede con una microcuenca redonda. Para objeto de este estudio, se analizarán únicamente las Avenidas Torrenciales, ya que por las características topográficas de la región, es poco posible que se presentes inundaciones propiamente dichas. Los parámetros morfométricos determinados para todas las cuencas de la jurisdicción se enuncian a continuación:

- Área de la Cuenca (A)
- Perímetro de la cuenca (P)
- Coeficiente de compacidad (C).
- Coeficiente de redondez (K).
- Densidad de drenaje (Dd)
- Pendiente media de la corriente (IC)
- Área de la Cuenca (A)

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

El área de la cuenca se obtiene de acuerdo al promedio de las mediciones realizadas con el Planímetro, AutoCAD, o cualquier otro método para su medición, está limitada por divisorias de aguas, hasta la desembocadura del río o quebrada y está dada en Km².

Perímetro de la cuenca (P)

Longitud medida del contorno de la cuenca, es decir por las divisorias de aguas que la limitan, y está dada en Km.

Coeficiente de compacidad (C). Esta variable compara el perímetro de la cuenca con la longitud o perímetro asociado.

$$C = \frac{P}{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}$$

C= 1: Cuenca de forma compacta redonda.

C= 1.20: Cuenca semicompacta semiojal redonda

C= 1.50: Cuenca semicompacta oblonga

C >1: Cuenca semicompacta rectángulo – oblonga

Coeficiente de redondez (K). Relaciona la longitud de la cuenca, con el área de la misma.

$$K = \frac{Lb^2}{4A}$$

K = 1: Redonda

K > 1: Semiredonda

K < 1: Irregular

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR -CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

2.2 DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)

Es la medición de la longitud acumulada de todas las corrientes (Ld) y el área (A)

$$Dd = \frac{Ld}{A}$$

Dd < 0.5: Baja

Dd = 0.5: Media

Dd > 1 : Alta

2.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC)

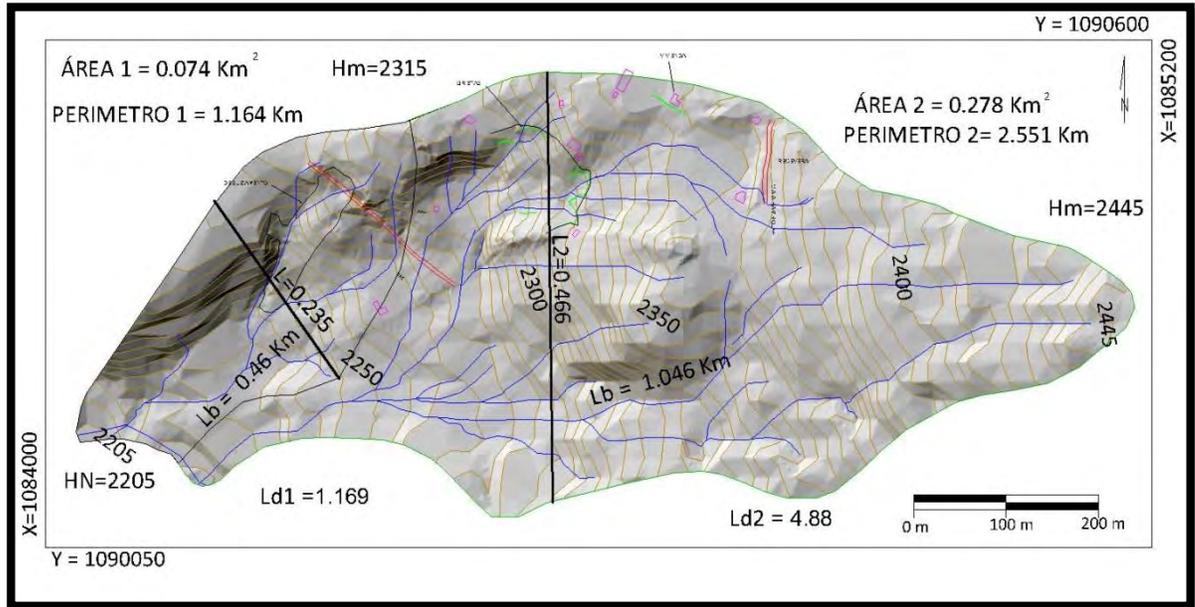
Es el tiempo que gasta una gota de agua en recorrer el sitio más lejano de la cuenca a la desembocadura del cauce principal.

$$Tc = 0.0663 \left(\frac{Lb}{\sqrt{A}} \right)^{0.07}$$

Con base al análisis anterior sus parámetros morfométricos indican las microcuencas analizadas presentan de media a alta susceptibilidad a la torrencialidad, ver tabla de resultados.

A continuación resumimos en una tabla resumen el resultado de los cálculos morfométricos a la microcuenca de Ciénega analizadas para el presente estudio.

Figura 3. Imagen ilustrativa de la microcuenca Ciénega



Fuente: Resultado del estudio

Tabla 1. Valores de parámetros morfométricos para la microcuenca 1.

NOMBRE MICROCUENCA	Área de la Cuenca en Km (A)	Perímetro de la cuenca Km (P)	longitud de la cuenca Km (Lb)	el ancho mayor Km (l)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)
Ciénega	0,07	1,16	0,46	0,24	1,17	2315
Cota Mínima de la Cuenca(Hn)	Diferencia de Altura Km (Hc)	Razón de Relieve (Rr)	Número de Corrientes(Nc)	Frecuencia de Corrientes (Cauces/Km2)	Pendiente media de Corriente Ic % (Ic)	Índice de Alargamiento (Ia)
2205	4	0,24	2	27,03	23,91	1,96
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (C). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		COEFICIENTE DE REDONDEZ (K). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN en horas (TC)
0,71	REDONDA	0,71	Irregular	15,8	Densidad Muy Alta	0,07
AMPLITUD DE LA CUENCA (W). TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE ESCORRENTÍA		ELONGACIÓN DE LA CUENCA (RE). FORMA		ÍNDICE DE HOMOGENEIDAD (IH). FORMA		SUSCEPTIBILIDAD
0,16	crítico	0,67	SEMIREDONDA	0,68	Irregular	4

Fuente: Resultado del estudio

Tabla 2. Valores de parámetros morfométricos para la microcuenca 2.

NOMBRE MICROCUENCA	Área de la Cuenca en Km (A)	Perímetro de la cuenca Km (P)	longitud de la cuenca Km (Lb)	el ancho mayor Km (l)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)
Ciénega	0,28	2,55	1,05	0,47	4,88	2445
Cota Mínima de la Cuenca(Hn)	Diferencia de Altura Km (Hc)	Razón de Relieve (Rr)	Número de Corrientes(Nc)	Frecuencia de Corrientes (Cauces/Km2)	Pendiente media de Corriente Ic % (Ic)	Índice de Alargamiento (Ia)
2205	4	0,23	2	7,19	22,94	2,24
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (C). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		COEFICIENTE DE REDONDEZ (K). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN en horas (TC)
0,98	REDONDA	0,98	Redonda	17,54	Densidad Muy Alta	0,07
AMPLITUD DE LA CUENCA (W). TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE ESCORRENTÍA		ELONGACIÓN DE LA CUENCA (RE). FORMA		ÍNDICE DE HOMOGENEIDAD (IH). FORMA		SUSCEPTIBILIDAD
0,27	crítico	0,57	SEMIREDONDA	0,57	Irregular	4

Fuente: Resultado del estudio

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

De la anterior tabla se concluye que por sus morfometría la microcuenca presenta susceptibilidad alta a la torrencialidad.

2.4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

El análisis hidrológico tiene como punto de partida la delimitación de subcuencas de tal manera que se determinen los parámetros morfométricos correspondientes, para posteriormente establecer la relación directa con datos pertenecientes al balance hídrico dentro del contexto mensual multianual. De esta forma es posible establecer aspectos básicos indicativos y preliminares para determinar las áreas de mayor interés respecto a la relación de infiltración y evapotranspiración.

2.5 BALANCE HÍDRICO.

Para estimar las reservas del agua subterránea de los sistemas acuíferos que se extienden subsuperficialmente y en el subsuelo dentro del área de estudio perteneciente al municipio de Ciénega y sus alrededores, se debe evaluar la magnitud de la recarga potencial proveniente de la precipitación a través de los suelos teniendo en cuenta espacial y temporalmente la magnitud de la escorrentía, la evapotranspiración y la variaciones de contenido de humedad de los suelos de cada una de las cuencas y/o subcuencas involucradas en el área de estudio. Por tal razón se hace necesaria la estimación de la escorrentía superficial, evapotranspiración y valores de precipitación media mensual multianual en cada una de las subcuencas, lo que permitirá estimar el Balance Hídrico con el fin de obtener la oferta total de agua subterránea y superficial.

La información obtenida puede ser utilizada para evaluar los recursos hídricos del área de trabajo (calidad, cantidad y distribución en tiempo y espacio), además de



la capacidad para el suministro y satisfacción de la demanda; así mismo se pueden proyectar y diseñar proyectos relacionados con el agua, planificar buenas estrategias de gestión del recurso hídrico; de la misma forma es de gran importancia que exista una actualización de las redes de datos en las estaciones en la zona de trabajo que permitan tomar los datos reales del comportamiento de las diferentes variables que se utilizan para la estimación del balance hídrico.

La recarga a un acuífero puede definirse como el agua que alcanza las reservas subterráneas. Este concepto es importante para estudios de recursos hídricos y para determinar el comportamiento de ciertos contaminantes que puedan llegar a presentarse en un momento dado.

2.5.1 Tipos de Recarga

La recarga a un acuífero puede darse naturalmente debido a la precipitación, a las aguas superficiales, es decir, a través de ríos y lagos, o por medio de transferencias desde otras unidades hidrogeológicas o acuíferos; pero también puede darse de manera artificial producto de actividades como la irrigación, fugas de redes de abastecimiento o por infiltraciones de embalses y depósitos (Balek, 1988; Custodio, 1997; Simmers, 1990; Lerner, 1990; Samper, 1997).

Lerner propone una clasificación similar pero un poco más completa sobre las fuentes de recarga:

Recarga directa o recarga difusa, proveniente del agua lluvia.

Recarga concentrada o indirecta, producto de cauces permanentes, estacionales y efímeros.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

Flujos laterales, procedentes de otros acuíferos.

Retorno de riegos, excesos de riegos o las pérdidas en los canales de distribución.

Recarga Urbana, producto de fugas de redes de desabastecimiento y redes de alcantarillado.

Lerner (1990) y luego Simmers (1997) definen la recarga localizada como una categoría intermedia la cual implica un movimiento horizontal del agua antes de que termine el proceso de recarga.

La recarga puede determinarse por varios métodos, y se clasifican en 5 grupos:

Medidas Directas: La recarga se mide directamente mediante la construcción de lisímetros. Un lisímetro es un bloque de suelo dotado de dispositivos que permiten medir el flujo que drena hasta el acuífero.

Balance Hídrico: Se determinan los flujos de entrada y de salida de un sistema, y la recarga al acuífero constituye el residuo de la ecuación de balance; hacen parte de este grupo los balances de humedad del suelo, de agua en canales, el método de fluctuaciones del nivel freático y el que iguala la descarga a la recarga.

Trazadores: Su principal uso es determinar fuentes de recarga y zonas de descarga aunque se utilizan para cuantificar la recarga a través de un balance de masa del trazador.

Aproximaciones de Darcy: Se encuentran valores de cabezas hidráulicas a partir de las ecuaciones de flujo de Richards y Boussinesq y luego se determina la velocidad de filtración. Si se asumen condiciones estables la recarga se determina directamente de la ecuación de Darcy.

Empíricos: Consiste en el desarrollo de ecuaciones empíricas que relacionan la recarga con alguna variable como la precipitación.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

2.6 ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA

La escorrentía superficial se estima con el fin de conocer las variaciones espaciales y temporales de los caudales que drenan por los cauces de las cuencas o subcuencas delimitadas para el área de estudio, y su magnitud está condicionada por la precipitación, las características físicas y estructurales del suelo, además de la influencia de otros factores como son la pendiente, el tipo de uso asociado a éste, la densidad y tipo de cobertura vegetal.

Para tal fin el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica (USSCS) desarrolló un método directo de estimación del escurrimiento que integra la interceptación, infiltración y el almacenamiento en pequeñas depresiones, excepto la evapotranspiración potencial, en una sola abstracción. El método, conocido como Número de Curva, establece que la relación lluvia-escurrimiento es una función del tipo de suelo, uso del suelo y de condiciones hidrológicas (Chow et al., 1964; USDA, 1986).

La estimación del escurrimiento superficial por el método de Número de Curva se realiza con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$



Dónde:

S= (25400/CN)-254

P= Precipitación

CN= Número de curva (tablas)

Q= Escorrentía

En el método de la Curva Numérica cada tipo o clase de suelo es asignado a un grupo hidrológico. Los grupos hidrológicos se basan fundamentalmente en la capacidad de infiltración, la cual puede relacionarse con la conductividad hidráulica saturada de la superficie del suelo. La información cartográfica de suelos, y los mapas de cobertura vegetal y uso de suelo fueron reclasificadas. La cobertura vegetal y uso del suelo se reclasificó como cobertura/tratamiento y condición hidrológica. La información de suelos se reclasificó con objeto de generar el mapa de grupos hidrológicos de suelo.

La información anteriormente descrita constituye los principales insumos del método de Sistema de Clasificación de Suelos (SCS), para la estimación del número de curva, que representa un coeficiente de escurrimiento para una zona, o una cuenca hidrológica (ver Tabla 3) (Chow et al., 1994; USDA, 1986).

Tabla 3. Tabla general para la determinación de número de curva (CN).

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición Hidrológica	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
	C + T + CR	Buena	61	70	77	80
	Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	76	84
R		Buena	63	75	83	87
R + CR		Pobre	64	75	83	86
R + CR		Buena	60	72	80	84
C		Pobre	63	74	82	85
C		Buena	61	73	81	84
C + CR		Pobre	62	73	81	84
C + CR		Buena	60	72	80	83
C + T		Pobre	61	72	79	82
C + T		Buena	59	70	78	81
C + T + CR		Pobre	60	71	78	81
C + T + CR	Buena	58	69	77	80	
Cultivos densos de leguminosas o prados en	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85

alternancia	C	Buena	55	69	78	83
	C + T	Pobre	63	73	80	83
	C + T	Buena	51	67	76	80
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	56	70	77
	-	Buenas	≤30	48	65	73
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con pastos (aprovechamiento silvopastorales)	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
Caminos con firme	-	-	74	84	90	92

Fuente: Chow et al., 1994; USDA, 1986

Dónde:

CR= Con cubierta de residuos vegetales que ocupe al menos el 5% de la superficie del suelo durante todo el año.

R= Si las labores de la tierra (labrar, gradear, sembrar, etc.) se realizan en línea recta, sin considerar la pendiente del terreno.

C= Si el cultivo se realiza siguiendo las curvas de nivel.

T= Si se trata de terrenos aterrazados (terrazas abiertas con desagüe para la conservación de suelos).

Tabla 4. Escorrentía Estación Ciénega, suelo tipo ML

P	R	I
75,1833333	3,83135276	67,2622035
56,2898611	0,63520168	51,5648823
62,5423611	1,41822865	57,0343554
51,2286111	0,22130078	46,9175333
70,0969444	2,73430789	63,2728594
74,6379583	3,70599104	66,8421902
74,6061139	3,69872756	66,8176093
85,4616667	6,52100426	74,8508854
72,4557403	3,22279084	65,1431724
85,0560556	6,40356018	74,5627183
72,7485556	3,28589977	65,3728788
85,1763333	6,43829324	74,648263
71,9879611	3,12309602	64,775088
84,7950222	6,32845147	74,3767937
74,3816055	3,6476958	66,6441326
77,1609278	4,30107646	68,7700743
79,4703167	4,87909768	70,5014419
75,2786667	3,85345323	67,3354364

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR -CORPOCHIVOR</p>	 <p align="center">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	--	--

74,4495556	3,66310841	66,3276773
77,4783889	4,37866788	68,6409511
62,1724028	1,36392138	56,3497115
78,2329583	4,56549322	69,2086952
56,9333333	0,70226213	51,7723013
55,3416667	0,54221494	50,3406819
46,9444444	0,03546505	42,4502095
63,9777778	1,6381315	57,8808764
54,3388889	0,45151879	49,4286002
64,2419444	1,6801804	58,1029941
54,0091667	0,4234306	49,1269662
59,4194445	0,99089636	53,9697783
68,7694445	2,47521483	61,8354598
44,1072222	2,2079E-06	39,6484501
26,3066667	1,56611771	20,2817791
23,5972222	2,10662472	17,0318276
30,0916667	0,95375857	24,6791383
32,1088889	0,69257941	26,9575396
27,6055556	1,33759674	21,4300244
34,9944444	0,3945195	29,7619905
22,7138889	2,30194794	15,5740065
36,1583333	0,29874713	31,0216517
32,2333333	0,67790905	26,7174898
33,8972222	0,49756706	28,5617207
25,8166667	1,65742064	19,3213116
31,3611111	0,78424001	25,7389367
32,0444444	0,70024181	26,5062682
30,6916667	0,87143869	24,9822936
27,6805556	1,32499496	21,5176262
35,6888889	0,33571341	30,5152411
29,6777778	1,01285841	23,826985

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PIEDRA LARGA, SECTOR EL PLAN, MUNICIPIO DE CIENEGA, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



36,1805556	0,29705266	31,0455685
24,8861111	1,83859986	18,2095768
37,4	0,21168653	32,350379
42,9027778	0,00685598	38,0579874
28,4972222	1,19192429	22,4673635

Fuente: Resultado del estudio

2.6.1 Estimación de la precipitación.

El conocimiento de la variación espacial y temporal de la precipitación y su magnitud se realiza con el fin de evaluar las observaciones cuando se toman muestras de un evento de precipitación o de una serie de eventos. La evaluación de la muestra observada incluye el examen de influencias externas, como pueden ser las influencias que puedan tener los instrumentos de medición, y también se debe tener en cuenta la interpretación de los efectos del medio ambiente físico, como la fisiografía.

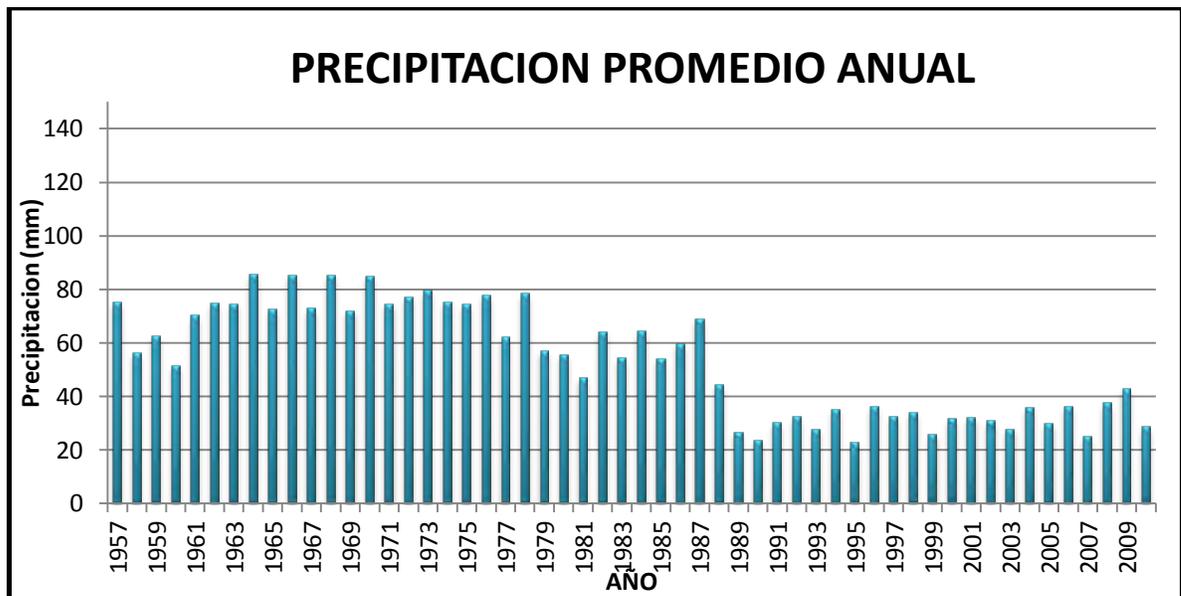
Con el fin de conocer el comportamiento de este parámetro hidroclimatológico se utilizaron los datos de 6 estaciones climatológicas (Tabla 5) las cuales se encuentran ubicadas dentro y en áreas colindantes del área de estudio del presente convenio. Con el propósito de obtener el valor (mm) de precipitación media mensual multianual de la zona de estudio se utilizaron los datos mensuales de las estaciones seleccionadas para un periodo de 29 años (1982-2011), estos se utilizaron junto con los datos promedio mensuales multianuales de escorrentía y evapotranspiración para estimar el balance hídrico de las subcuencas del área de estudio.

Tabla 5. Estaciones pluviométricas utilizadas en la estimación de la precipitación para el área de estudio.

CODIGO	NOMBRE ESTACION	CORRIENTE	NOMBRE DEPARTAMENTO	NOMBRE MUNICIPIO
35070030	VILLA LUISA	RIO TEATINOS	BOYACA	CIENEGA
35070010	RAMIRIQUI	RIO JENESANO	BOYACA	RAMIRIQUI
35077090	PUENTE ADRIANA	RIO JENESANO	BOYACA	JENESANO
35070040	TIBANA	RIO TIBANA	BOYACA	TIBANA
35075010	NUEVO COLON	RIO TURMEQUE	BOYACA	NUEVO COLON
35070030	TURMEQUE	RIO TURMEQUE	BOYACA	TURMEQUE

Fuente: Resultado del estudio

Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual.



Fuente: Resultado del estudio

El comportamiento de la precipitación promedio anual, para los años 1974, 1978, 1983, 1984, 1985, 1996 (Figura 4.) se encuentran valores que varían entre los 20 - 60 mm, en los años 1964-1965-1967-1969-1994-1998-2000-2001-2008-2010 se encuentran valores que varían entre los 80-100 mm y los años restantes se presentan valores que varían entre 60-90 mm.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

3 GEOLOGIA

El área de estudio se encuentra cubierta por rocas sedimentarias depositadas en un ambiente marino durante el cretácico. Plegados y fallados, en la orogenia Andina la cual inicia el levantamiento de la cordillera oriental en el Mioceno y ha sido afectada por cambios climáticos que han producido procesos erosivos y de remoción en masa, tanto por efecto de las glaciaciones que actuaron hasta el Pleistoceno inferior como las precipitaciones fuertes que han modelado la superficie terrestre estableciendo formas denudativas y/o gradacionales.

Los procesos tectónicos y denudativos han generado depósitos cuaternarios.

3.1 GEOLOGÍA HISTÓRICA

La cordillera oriental a la cual pertenece la zona estudiada a través de su historia geológica ha sido sometida a grandes movimientos tectónicos como los ocurridos en la mitad del periodo Terciario entre el oligoceno y el mioceno en donde se produjeron levantamientos y hundimientos. Estos movimientos originaron varios plegamientos y también fallas paralelas y transversales. El ambiente de depositación de las diferentes formaciones aflorantes en el área, ha sido producto de la transgresión que sucedió a principios del cretáceo desde el Turoniano hasta el Maestrichtiano y se caracteriza por la ocurrencia de un mar profundo dando origen a depósitos de sedimentos de facies marinas y la acumulación de restos de seres vivos que darían lugar a la formación de fosforita, posteriormente el tectonismo y la orogénesis tiene marcada importancia sobre las diferentes formaciones hasta el momento conformadas en el Mesozoico.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

3.1.1 Periodo Cretáceo

Durante el Cenomaniano superior, Turomaniano y Cenomaniano inferior se presenta una invasión marina que origino la depositación de sedimentos arcillosos, organismos marinos y areniscas de grano fino, dando origen a la secuencia aflorante en la zona de estudio correspondiente a la alternancia de arenisca y caliza lumaquélica correspondiente a la formación Churuvita.

La formación conejo se deposita en un ambiente típicamente marino durante el Cretáceo superior (Coniaciano) debido a la transgresión marina que se originó a comienzos del mismo período.

Sobre las arcillas que se depositaron y dieron origen a la Formación Conejo, se depositaron sedimentos marinos correspondientes a la Formación Plaeners, constituidos por areniscas intercaladas con niveles de shales amarillos y carbonosos y chert, ocurrido a principios del Maestrichtiano.

Durante el Maestrichtiano medio se depositaron areniscas blancas y shales grises pertenecientes a la Formación Labor Y Tierna.

A finales del Maestrichtiano medio (inicios del cretáceo superior) se produjo una regresión marina dejando una cuenca de transición formándose una ambiente parálico en donde se forman capas carboníferas dando origen a la Formación Guaduas; por esta razón en el tope se encuentran manifestaciones de carbón datadas del Maestrichtiano superior en el Cenozoico.

3.1.1.1 Terciario

Durante el terciario hubo una orogénesis del continente y posterior plegamiento, cuyo cuento más importante es la orogenia andina, sucediéndose el levantamiento de la cordillera oriental durante el Mioceno, por causas de las fuerzas tectónicas,

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

los estratos existentes en la zona sufren plegamientos formando sinclinales (La Fragua Agua, Blanca, Pantanolargo, Cruz Blanca, Bocatoma El Encanto) y fallas (Quinteros, Naguatá, Escobar, Única, Ramiriquí) y otra de tipo local en el Cuaternario.

Posterior al levantamiento y fallamiento viene la erosión de los estratos superiores, transporte y depositación dando origen a los depósitos recientes cuaternarios de tipo aluvial.

3.2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La geología regional está enmarcada por el área comprendida en el cuadrángulo J-12 (Tunja) del Ingeominas, estructuralmente se presentan las fallas de Soapaga y Boyacá, las cuales influyen notoriamente en el plegamiento de rocas Cretácicas y Terciarias. Los pliegues y Fallas menores presentan una dirección preferencialmente Noreste, los pliegues se caracterizan por ser asimétricos con buzamientos mayores en su flanco oriental. La geología regional es claramente apreciable debido al gran número de afloramientos que se observan, principalmente en cortes de vía.

3.3 ESTRATIGRAFÍA

Las rocas aflorantes en el área concerniente al municipio de Ciénega son principalmente de tipo sedimentario, con edades entre el Cretáceo, Terciario y depósitos cuaternarios recientes de tipo coluvial y aluvial.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

3.3.1 Formación Conejo (Kscn)

Definida por Renzoni y Ospina (1969). “Está localizada en el camino que conduce a la vereda San Rafael, bordeando el alto del conejo y que se desprende del carretable entre Oicatá y Chivata (Boyacá). Suprayace concordante a la formación Churuvita, conjunto observado en el río Juyasia, donde hay un brusco cambio litológico y contraste morfológico.”

Es suprayacida de manera concordante por la Formación Plaeners que es morfológicamente diferente de la Formación Conejo por su topografía de escarpes fuertes.

Su contacto es transicional y se localiza en el tope de un conjunto lutitas negras con intercalaciones de areniscas blanco amarillentas de grano fino de 10 m y en la base un banco de lutitas claras de 8 m de espesor que constituye la base de la formación Plaeners, (Villalobos y Balaguera, 1978).

La formación conejo está formada por ocho niveles de areniscas intercaladas con niveles de arcillas principalmente grises oscuras arcillolitas y limolitas.

La arenisca se presenta en bancos gruesos a medios, llegando a ser muy dura en algunas localidades (Villalobos y Balaguera, 1978), es friable y porosa, en algunos sitios.

Algunos de estos bancos presentan laminación ondulada, laminación paralela o estratificación gradada. Generalmente la arenisca es de color claro, gris, blanca,



amarillenta, siendo común la oxidación, el grano es fino a muy fino y en pocas ocasiones medio.

Hacia la parte superior, las arenas se interstrafican con arcillolitas fisiles grisáceas a gris oscuro y en otros casos con limolitas sílceas gris oscuro. Aflora en el extremo norte del área donde se presentan varios escarpes pequeños.

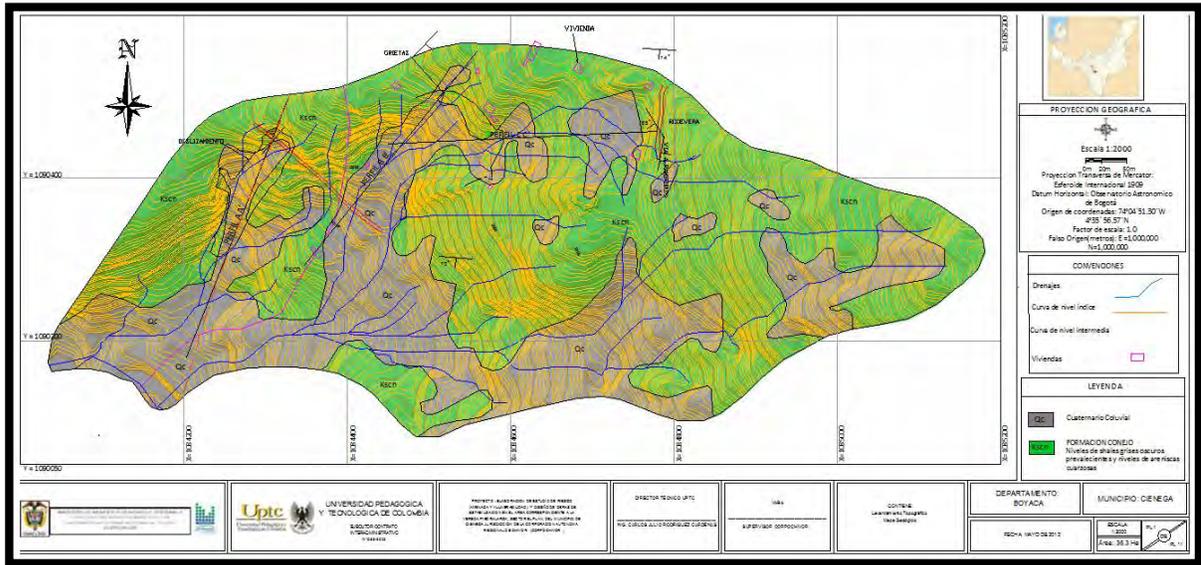
3.3.2 Depósitos Cuaternarios.

En el municipio de Ciénega se encuentran un tipo de depósito cuaternario: Coluvial.

3.3.2.1 Cuaternario Coluvial (QC)

Está conformado principalmente por materiales sílceos con tamaños que van desde los 30 a los 50 cm en promedio; “proviene de la Formación Plaeners”. En una matriz arcillosa y arenosa. Localizada entre los límites de las veredas de Guatareta y Manzanos.

Figura 5. Mapa Geológico



Fuente: Resultado del Estudio



4 GEOMORFOLOGÍA

Se entiende como geomorfología el análisis o estudio de las formas del relieve, los procesos que condujeron a su formación y su interrelación con su entorno paisajístico. Las geoformas y procesos involucrados para el municipio de Ciénega se pueden distinguir claramente 5 unidades geomorfológicas, diferenciadas por su relieve y procesos geodinámicos, las cuales son; lomas bajas, taludes mixtos, contrapendiente estructural y deposito; aluvial tal como se muestra en la figura.

4.1 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

La geomorfología describe las formas del relieve, tanto estructural como superficial, y estudia su origen y evolución.

En este numeral, se realiza un análisis de las fotografías aéreas y se describen los procesos morfodinámicos cartografiados en la zona de estudio y las unidades geomorfológicas establecidas de acuerdo a las necesidades de los análisis de estabilidad y amenaza por fenómenos de remoción en masa.

Igualmente, se aclaran los criterios utilizados para definir las unidades geomorfológicas. Como resultado final, se elaboró el Plano **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** geomorfológico del área de estudio y las fichas de los Inventarios de los procesos.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	---	---

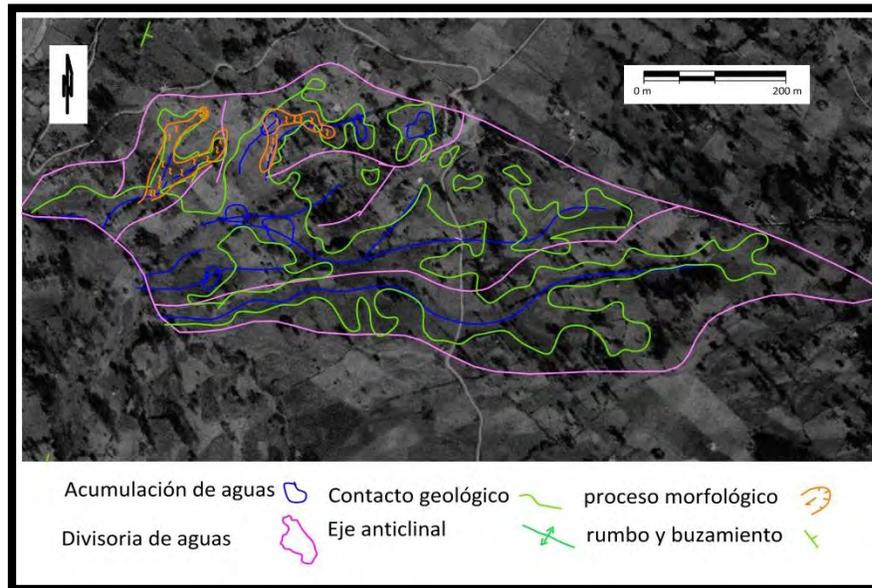
4.2 ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO

Revisión y fotointerpretación de fotografías aéreas del área de estudio, para determinar las Unidades Geológicas Superficiales (unidades de roca, suelos residuales y transportados) y geoformas asociadas a éstas, así como los procesos morfo dinámicos y rasgos estructurales, entre otros.

En el análisis se define el área de influencia del proceso dada por las divisorias de aguas, se identifica los materiales duros y blandos, las zonas de infiltración, acumulación de aguas.

Como conclusión, se puede afirmar que las condiciones naturales o iniciales del terreno muestran dinámicas de acumulación de material y estancamiento de aguas en dichas áreas. Los problemas de inestabilidad que se presentan en base a esta dinámica, disparada por lluvias intensas y la intervención antrópica en el área por cortes en la vía y desforestación.

Figura 6. Fotografías pertenecientes al vuelo 2804- 79,80 tomadas por el IGAC, durante los años 90.



Fuente: Resultado del estudio.

4.3 PROCESOS MORFODINÁMICOS

En el Plano de Geomorfología se localizaron los diferentes procesos morfodinámicos observados en la zona. A continuación, se describe en forma general las características de estos de acuerdo a la clasificación de Varnes. Las Fichas de Inventario de procesos se presentan en el anexo de estas.

4.3.1 Los deslizamientos compuestos

4.3.1.1 Deslizamientos compuesto 1

Se clasifica el proceso como deslizamiento compuesto ya que su control estructural resultando en superficies de ruptura irregulares incluye movimiento rotacional a lo largo de un escarpe principal seguido de un desplazamiento a lo

largo de una superficie de debilidad casi horizontal, paralela a la estratificación, el proceso es activo remontante, y su velocidad es lenta, presenta un área aproximada de 11649,6 m² con una profundidad promedio de 4 m, las causas posibles pueden ser, por material plástico débil detonado por lluvias, por el mal manejo del suelo relacionado con matorrales, cultivos, uso agrícola, ganadería; los daños presentes en el área de las viviendas, áreas agrícolas y para pastoreo, erosión y deforestación son producto del desarrollo del deslizamiento. Se presenta entre la Formación Conejo (Kscn) y el Deposito Coluvial (Qc) (Ver Figura 7.).

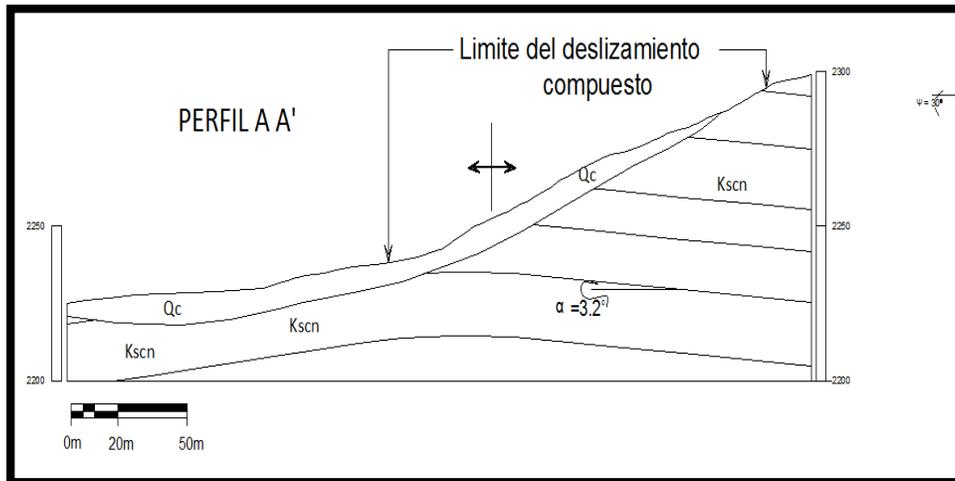
Figura 7. Esquema del movimiento compuesto.



Fuente: Resultado del estudio.

En el perfil (Ver Figura 8.) se ilustra el cuerpo del proceso y la geoforma en la cual se encuentra, siendo favorable a su movimiento.

Figura 8. Esquema del movimiento, perfil movimiento compuesto



Fuente: Resultado del estudio.

4.3.2 Reptaciones

4.3.2.1 Reptación 1

Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación es de tipo estacional asociada a cambios climáticos, o de humedad del terreno, el proceso es activo remontante, presenta un área aproximada de $5656,4 \text{ m}^2$ con una profundidad promedio de 4 m, sus causas posibles por material plástico débil detonado por lluvias, por su uso dado matorrales, cultivos, agrícola, ganadería, los daños presentes en el área de las viviendas, áreas agrícolas y para pastoreo, erosión y deforestación.

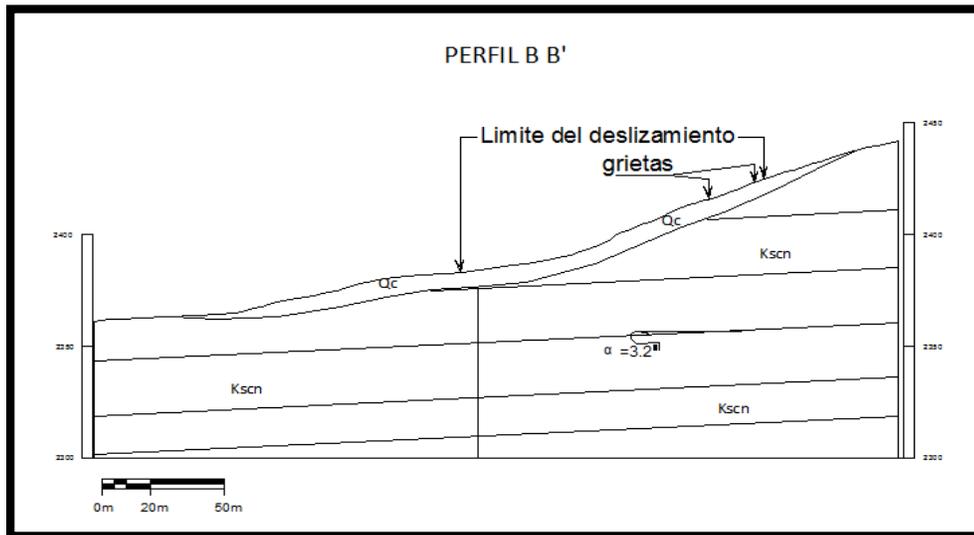
Figura 9. Esquema del movimiento, reptación 1



Fuente: Resultado del estudio.

En el perfil (Ver Figura 10.) se ilustra el cuerpo del proceso y la geoforma en la cual se encuentra, siendo favorable a su movimiento.

Figura 10. Esquema del movimiento, perfil reptación 1

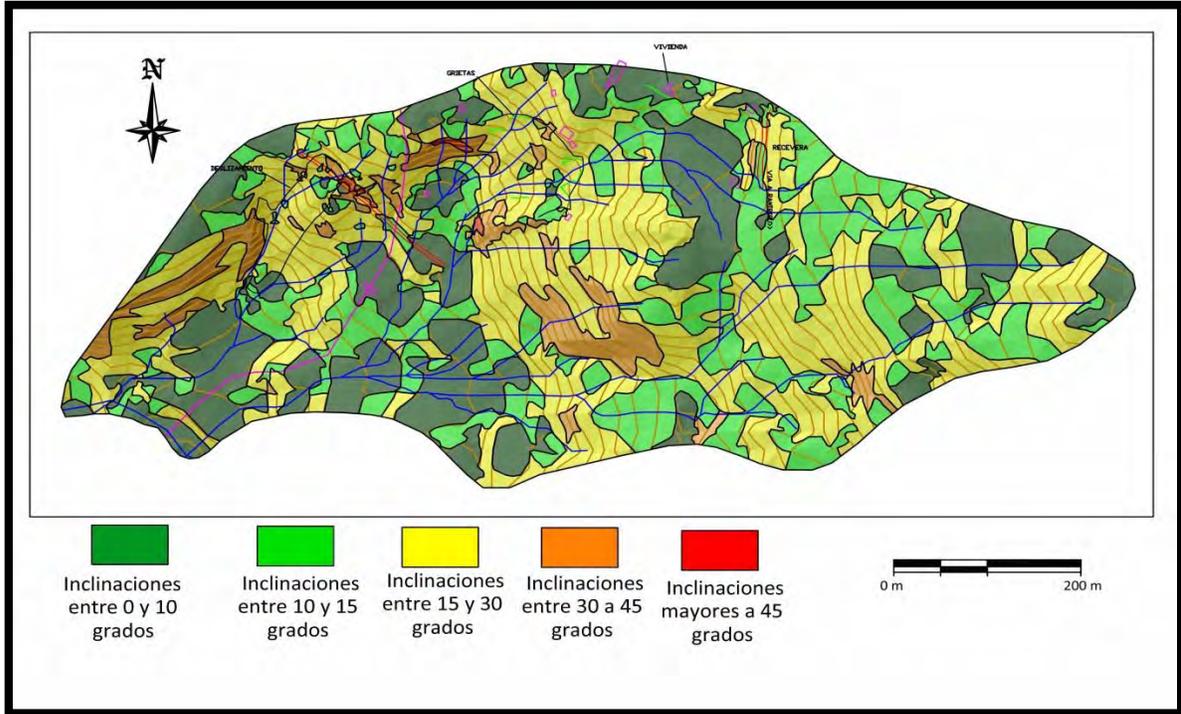


Fuente: Resultado del estudio.

4.4 INCLINACIÓN DE LAS PENDIENTES

A partir de un modelo digital de terreno generado tras la digitalización de curvas de nivel a una escala 1:25.000, se generó el mapa de pendientes con cinco clases para el área de estudio. Los valores de susceptibilidad de este parámetro o variable son presentados en la Figura 11.

Figura 11. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes.



Fuente: Resultado del estudio.

Tabla 6. Clasificación de las pendientes.

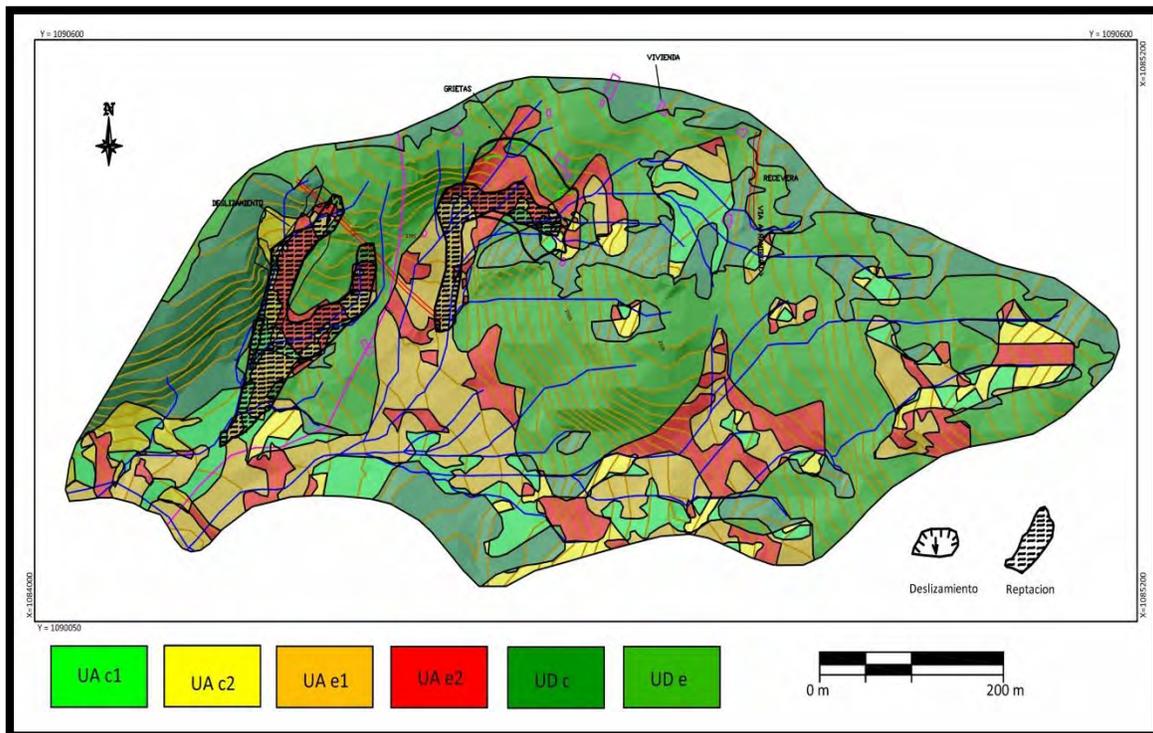
CLASIFICACIÓN DE LAS PENDIENTES	
UNIDAD CARTOGRÁFICA	GRADOS
Suavemente inclinada	0-10
Inclinada	10 15
Abrupta	15-30
Escarpada	30 - 45
Muy Escarpada	> 45

Fuente: Resultado del estudio.

4.5 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Teniendo en cuenta, las necesidades de los análisis de estabilidad y amenaza por fenómenos de remoción en masa y la relación de estas con los procesos de inestabilidad, se delimitaron seis (6) unidades geomorfológicas de carácter local denominadas como:

Figura 12. Imagen del Mapa geomorfológico.



Fuente: Resultado del estudio.

4.5.1 Geformas de Origen Denudacional.

Dentro de las unidades de origen Denudativo en la zona se evidenciaron las siguientes unidades

4.5.1.1 Unidad agradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera en contra pendiente (UA c1)

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 2,82 ha, de las cuales el 5.10 % presenta inestabilidad. Siendo su susceptibilidad a reptaciones y desprendimientos.

4.5.1.2 Unidad agradacional con inclinaciones mayores a 30 grados en ladera en contra pendiente (UA c2)

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 1.78 ha, de las cuales el 5.16 % presenta inestabilidad.

4.5.1.3 Unidad agradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera estructural (UA e1)

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

5.71 ha, de las cuales el 11.5 % presenta inestabilidad. Siendo la más susceptible a movimientos en masa, presenta reptaciones y desprendimientos.

4.5.1.4 Unidad agradacional con inclinaciones mayores 30 grados en ladera estructural (UA e2)

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 3.9 ha, de las cuales el 15.9 % presenta inestabilidad.

4.5.1.5 Unidad degradacional con inclinaciones mayores a 30 grados en ladera en contra pendiente (UD c)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 7,0 ha, de las cuales el 0.7 % presenta inestabilidad.

4.5.1.6 Unidad degradacional con inclinaciones mayores a 30 grados en ladera estructural (UD e)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 14.0 ha, de las cuales el 2.6 % presenta inestabilidad.

A continuación describimos en la Tabla 1, la descripción y análisis de las unidades geomorfológicas.

Tabla 7. Descripción geomorfológica.

ORIGEN	ESTRUCTURA	MORFOMETRIA	MORFODINAMICA	SÍMBOLO
Unidad agradacional	ladera en contra pendiente	con inclinaciones entre 0 y 30 grados	Presenta reptaciones y desprendimientos	UA c1
		con inclinaciones mayores a 30 grados		UA c2
	ladera estructural	con inclinaciones entre 0 y 30 grados	Es la unidad que presenta más afectación, presenta reptaciones y desprendimientos.	UA e1
		con inclinaciones mayores a 30 grados		UA e2
Unidad degradacional	ladera en contra pendiente	con inclinaciones mayores a 30 grados		UD c
	ladera estructural	con inclinaciones mayores a 30 grados		UD e

Fuente: Resultado del estudio.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

4.6 MORFODINÁMICA - INTENSIDAD DE EROSIÓN

El enfoque de este estudio se orienta hacia la caracterización y cartografía de las unidades de cobertura de los suelos como factor de resistencia o favorecimiento de los procesos erosivos y de remoción en masa.

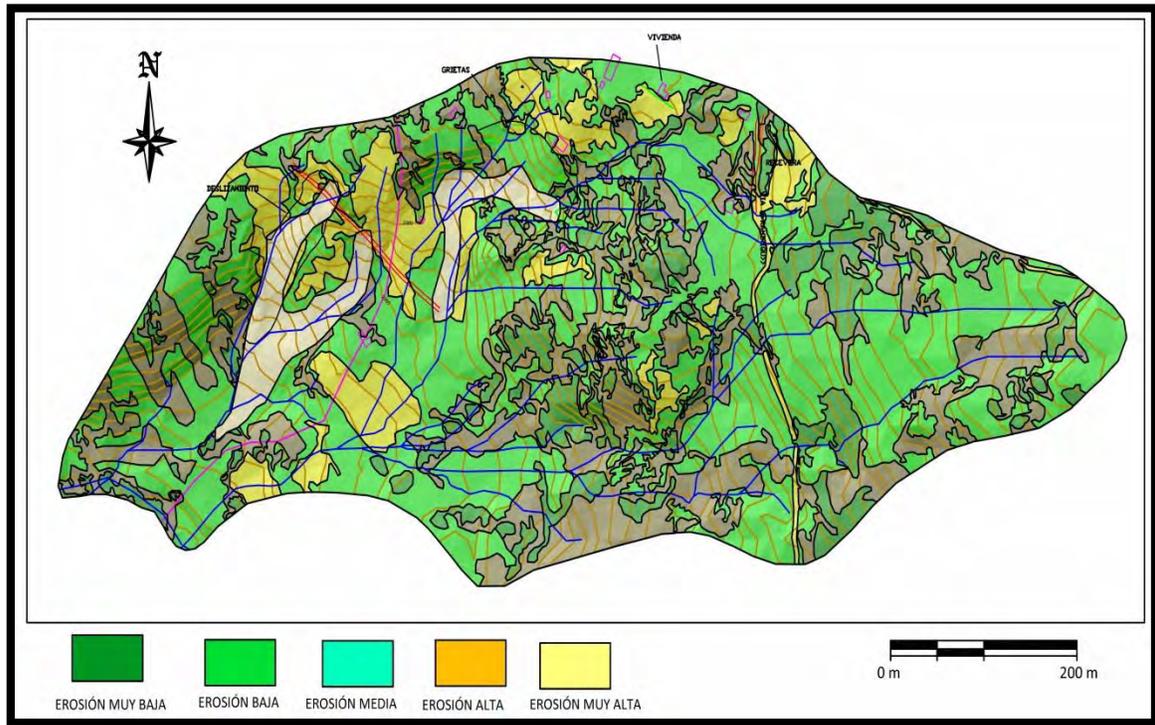
El mapa de erosión fue realizado con el procesamiento digital de imágenes mediante una clasificación supervisada, resultado de un agrupamiento en la distribución de los píxeles hechos en una clasificación resultado de la mayor o menor cobertura vegetal presente en el área.

Posteriormente para cumplir con los objetivos del estudio y conocer la dinámica del área, realizamos la suma en un SIG (utilizando los mapas densidad de drenaje, geomorfológico y de cobertura) junto con los levamientos en campo y la ubicación de procesos morfodinámicos obteniendo un mapa final de erosión.

La morfodinámica es la parte de la geomorfología que trata el estudio de los procesos morfodinámicos presentes y pasados.

El mapa de intensidad de erosión describe unidades de intensidad de erosión así: erosión muy baja, erosión baja, erosión media, erosión alta y erosión muy alta. (Ver Figura 13.)

Figura 13. Imagen del Mapa erosión.



Fuente: Resultado del estudio.

4.7 USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO

Ecosistemas terrestres son aquellos que se dan sobre la capa de tierra superficial de la Biosfera. Los ecosistemas terrestres ocupan, proporcionalmente, menos superficie que los ecosistemas acuáticos. Mientras que a estos últimos les corresponde aproximadamente un 75 %, los ecosistemas terrestres dominan el 25 % restante.

El grupo más numeroso de individuos de los ecosistemas terrestres son los insectos representado por unas 900.000 especies. Dentro de los animales el



segundo grupo más significativo serían las aves, con aproximadamente 8500 especies y en tercer lugar los mamíferos con unas 4100 especies. Dentro del mundo de las plantas, existen numerosos tipos, las angiospermas son las más abundantes, con unas 224000 especies frente a las 24000 especies de briofitos.

Los ecosistemas terrestres presentan una variedad mayor que el resto de ecosistemas dado que son muchos los factores que limitan las especies que en ellos habitan. Todos estos factores han producido una gran variedad de ecozonas o regiones biogeográficas en donde los elementos animados e inanimados presentan sus características peculiares.

El uso del suelo y el cambio en la cobertura vegetal asociados al fraccionamiento de la biósfera es uno de los más severos efectos de las acciones directas e indirectas del hombre sobre la tierra, lo cual ha generado un incremento de las tasas de extinción de especies en las décadas recientes.

Todas las estimaciones de la superficie afectada por estos fenómenos, son indicadores de un severo problema que se está marcando y que tiene que ver directamente con el cambio en la cobertura vegetal hacia otro uso del suelo y el deterioro ambiental.

Investigaciones aplicadas a los cambios en la cobertura vegetal están teniendo un mayor grado atención debido esencialmente a las implicaciones de la deforestación. A nivel regional, dicho mecanismo ocasiona la disminución e incluso la pérdida de la cobertura vegetal, el detrimento de los recursos forestales, el deterioro físico y químico del suelo, alteración del balance hídrico y la desestabilización de cuencas.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

4.7.1 Descripción regional

4.7.1.1 Geología

El área de estudio se encuentra cubierta por rocas sedimentarias depositadas en un ambiente marino durante el Cretácico. Plegados y fallados, en la Orogenia Andina la cual inicia el levantamiento de la cordillera Oriental en el Mioceno y ha sido afectada por cambios climáticos que han producido procesos erosivos y de remoción en masa, tanto por efecto de las glaciaciones que actuaron hasta el Pleistoceno inferior como las precipitaciones fuertes que han modelado la superficie terrestre estableciendo formas denudativas y/o gradacionales. Los procesos Tectónicos y denudativos han generado depósitos cuaternarios.

4.7.1.2 Hidrografía

Con sistemas de drenajes consecuentes de tipo sub paralelo en algunos sitios, pero en la gran mayoría del área es de tipo paralelo. Hace parte de la cuenca de río Ciénega con quebradas, afluentes como: La Isla, San Vicente, El Guamo, Delicias, Tapias, Cebadal, Manzanos, entre otras.

En la parte alta de la zona de estudio, se observan un sistema de lagunas alineadas que se pudieron formar durante el último evento glacial (12.000 años) y el levantamiento de la Cordillera Oriental.

4.7.1.3 Geomorfología

En la geomorfología se presentan factores que modelan el paisaje como la geología, topografía, clima y factores antrópicos como deforestación, mal uso de la tierra y falta de control sobre las aguas superficiales. Se encuentran unidades morfológicas Denudacionales, fluviales, estructurales y unidades periglaciares y glaciares.

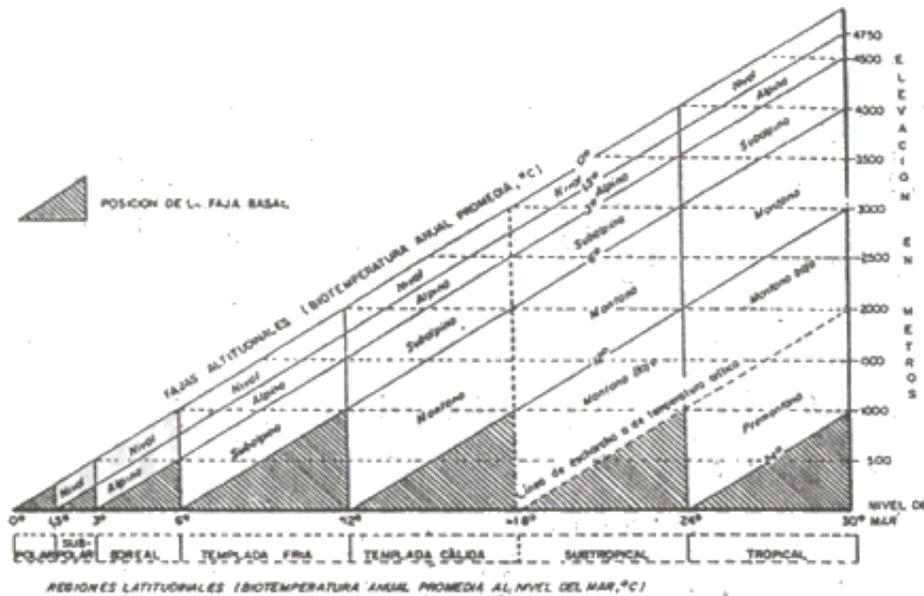
		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	---	---

4.7.1.4 Vegetación

Se presenta una descripción del sistema basado en las zonas de vida desarrollado desde 1947 por L.R. Holdridge. La descripción tiene un carácter anatómico; es decir, se describe la estructura, las partes del sistema y sus conexiones, sin detenerse en aspectos fisiológicos ni las bases filosóficas que se describen en el final de este capítulo en una caracterización vegetal general. Se describe la estructura de las zonas de vida (primer nivel del sistema), refiriéndose para ello a los elementos del diagrama respectivo. Se describen también asociaciones, que constituyen asociaciones del segundo nivel del sistema, y se mencionan el uso de la tierra, trabajado con la nomenclatura Corine Land Cover.

Para la descripción regional el sistema de clasificación basado en zonas de vida contempla regiones latitudinales y, dentro de cada región, se contemplan fajas o pisos altitudinales como se observan a continuación:

Figura 14. Posiciones aproximadas de las Líneas guía de las regiones latitudinales y las fajas altitudinales del sistema mundial de zonas de vida de Holdridge, (basado en una tasa de cambio de .6°C por cada 1000m).



Fuente: Holdridge, L., 1987.

La vegetación es de clima frío muy húmedo, es de porte muy bajo y se encuentra intervenida en gran medida. En algunas zonas se conservan, especialmente los frailejones y pajonales que son especies dominantes. Según la clasificación de L.R. Holdridge en el municipio existen las siguientes unidades bioclimáticas:

4.7.1.4.1 Bosque húmedo montañoso (bm- mb)

La mayor parte de esta zona de vida se encuentra en las estribaciones de la Cordillera Central, entre el Bosque húmedo Subtropical (bh-S) y el Bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB), sobre terrenos con topografía accidentada y suelos de baja productividad, Las temperaturas tienen poca variación durante el



día y en cualquier época del año. Entre diciembre y febrero pueden descender hasta $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que da lugar a heladas eventuales. Sin embargo, la temperatura tiene una media anual que varía entre 18° y 12° C. La biotemperatura media anual para esta zona de vida tiene valores próximos a los de la temperatura media anual, debido a que ésta nunca llega a ser mayor de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, y esporádicamente inferior a $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las condiciones térmicas que posee esta zona constituyen un factor limitante para el desarrollo de la mayoría de los cultivos sensibles a las temperaturas bajas.

La evapotranspiración potencial, en promedio, es de un porcentaje igual a la cantidad de lluvia total anual. El porcentaje de agua evapotranspirada es igual a la cantidad de lluvia que cae, lo que da por resultado que los cauces de las quebradas que nacen en esta zona de vida lleven agua solamente en los meses de máxima precipitación.

Los terrenos de esta zona de vida tienen, mayormente, una topografía accidentada. Las áreas con pendiente moderada son pequeñas y están dispersas formando valles angostos, carentes de vías de comunicación. La elevación varía desde los 800 m hasta los 2,200 m de altura. , 1000-1800 mm/año, 2400-2600 msnm, algunas especies vegetales como: Cedro (*Cebrela sp*), Laurel (*Munca sp*), Chuchero (*Myrsiathes Leucoxylla*), Aliso (*Almus Acuminara*), Tunos (*Miconia sp*). Veredas: Manzanos, Calabazal, Piedra Larga, Espinal, Cebadal, Tapias, Reavita, Plan, Albañil y San Vicente.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

4.7.1.4.2 Bosque seco montañoso bajo (bs-mb)

Temperatura promedio anual de 14°C, 800-1000 mm/año, 2100-2400 msnm algunas especies vegetales como: Espino (*Durantha sp*), Hayuelo (*Dodonea Viscosas Morga Aguve Americana*), Penco (*Opuntia sp*), Tabe (*Xilesma sp*), Pasto (*Andropogon bicornis*). Veredas: Manzanos, Guatareta, Calabazal y Piedra larga.

4.7.1.4.3 Bosque pluvial montañoso (bp-mb)

Temperatura promedio anual 12°C-18°C >2000 mm/año 2800-3000 msnm Veredas: San Vicente, Albañil, Plan, Reavita, Tapias, Cebadal.

4.7.1.4.4 Páramo pluvial subandino (pp-sa)

Temperatura promedio anual 3°C-6°C >2000 mm/año 3000-3400 msnm Veredas: San Vicente, Albañil, Plan, Reavita, Tapias y Cebadal

4.7.2 Cobertura y uso de suelo para el área de influencia del estudio

Dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea fue desarrollado el proyecto de cobertura de la tierra “CORINE Land Cover” 1990 (CLC90), el cual definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. Actualmente, su base de datos constituye un soporte para la toma de decisiones en políticas relacionadas con el medio ambiente y el ordenamiento territorial, aceptada por la Unión Europea. Hoy en día se aplica sobre la totalidad del territorio europeo a través del proyecto CLC2000.

La base de datos de CORINE Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media



(Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a escala 1:100.000. En Colombia existen actualmente múltiples metodologías y sistemas de clasificación para levantar información de las coberturas de la tierra.

El proyecto “CORINE Land Cover Colombia” se propuso estandarizar un sistema de clasificación, con categorías jerárquicas definidas de acuerdo con la información que pueden proporcionar las imágenes de satélite Landsat TM, conforme con las condiciones locales del territorio nacional. La adaptación y validación de la metodología CLC permitirá comparar estadísticas de ocupación de la tierra, crear líneas de comunicación entre las diferentes instituciones que adopten el sistema, y, además, facilitar la homologación de información.

La metodología empleada para el levantamiento de las coberturas de vegetales dentro de la zona fue la Corine Land Cover adaptada, desarrollada y abalada para Colombia por instituciones del orden nacional y regional como IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA, SINCHI y UAESPNN, Esta metodología tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica, junto con los siguientes procedimientos generales.

- Procesamiento digital de imágenes satelitales.
- Definición de la leyenda.
- Distribución de la zona de estudio a los intérpretes.
- Interpretación visual sobre pantalla.
- Controles de calidad: temática y topológica.
- Trabajo de campo: caracterización vegetal y verificación de coberturas.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

- Ajustes a la cobertura digital definitiva.
- Estructuración de la información.

Los productos del proyecto, representados en el mapa de las coberturas vegetales y usos de suelos de la zona de estudio, en la metodología y en leyenda adaptadas al territorio colombiano y en este caso para la jurisdicción de Corpochivor, proveerán las características temáticas y cartográficas que la región requiere para el conocimiento, la evaluación de las formas de uso, ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como para satisfacer las necesidades de información de sectores científicos, económicos, académicos y ambientales, entre otros, esperando que se conviertan en insumos básicos para los tomadores de decisiones en el país.

La metodología CORINE Land Cover, adaptada a las condiciones del territorio colombiano, se convierte en una herramienta para avanzar en el conocimiento de las coberturas de la tierra en otras cuencas y para la actualización permanente de la información, con lo cual se espera que se faciliten los procesos de seguimiento y evaluación de la dinámica de los cambios de las coberturas terrestres.

Finalmente, se espera que este producto, sea usado como una herramienta de apoyo para la gestión sostenible de los recursos naturales y para construir las bases para el ordenamiento ambiental y territorial del país, y unificación de las metodologías de coberturas de la tierra que se aplican actualmente en Colombia.

4.7.2.1 Estudio de la flora

La flora es el conjunto de especies vegetales que pueblan un territorio o una región geográfica, consideradas desde el punto de vista sistemático. La flora será



rica o pobre según que la región geográfica considerada posea muchas especies vegetales o escaso número de ellas. El conjunto de flora es de muy variable amplitud, según el punto de vista desde el que se considere.

Para las áreas de estudio indirecto (AEI) se analizarán los siguientes aspectos:

Identificar, sectorizar y describir las zonas de vida o formaciones vegetales.

Identificación, sectorización y descripción de los diferentes tipos de cobertura vegetal existente.

Identificación de especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

Presentar un plano de cobertura vegetal y uso del suelo a partir de sensores remotos y control de campo, en caso de requerirse. Las unidades cartografiadas se deben describir, teniendo en cuenta su localización, distribución e importancia ecológica y social. El análisis para el área de estudio directo (AED) se estudiara entre otras las siguientes variables:

- Descripción florística: Con identificación de endemismos, importancia económica y cultural.
- Diversidad florística
- Índices de calificación e importancia ecológica.
- Importancia económica y cultural de algunas especies.

Identificación de áreas que por sus características ecológicas deben conservarse en su estado actual, determinando espacialmente las áreas de restricción y conservación.

Para el proyecto se deberá realizar un muestreo detallado de la vegetación en cada una de las formaciones vegetales identificadas, con el objetivo de determinar



biodiversidad, cobertura y abundancia. Se indicarán las especies con valor ecológico, cultural y comercial. Aplica para áreas de influencia directa. Se realizó un análisis de:

Localización de las diferentes unidades de cobertura vegetal y uso actual del suelo, que incluya su identificación respecto a actividades pecuarias, agrícolas, agropecuarias, forestales, agrosistemas, eriales, zonas protectoras, etc.

Descripción fisionómica de las diferentes coberturas vegetales, perfil y estructura de estratos (arbóreo; arbustivo: herbáceo; epigeo; entre otros).

Identificación de los usos y/o destinos específicos dados por las comunidades, incluyendo los usos culturales.

4.7.2.2 Identificación y descripción de coberturas

Mediante el sistema de clasificación de coberturas de tierra metodología Corín Land Cover adaptada para Colombia que establece una leyenda nacional de manera jerárquica, derivando las unidades de coberturas de la tierra con base en criterios fisionómicos de altura y densidad, claramente definidos y aplicables a todas las unidades consideradas para un grupo de coberturas del mismo tipo.

De esta manera, se garantiza que sea posible la inclusión de nuevas unidades o la definición de nuevos niveles de unidades para estudios más detallados, permitiendo su ubicación y definición rápidamente. Se establecieron las siguientes zonas en el área de estudio:

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

4.7.2.2.1 Tejidos artificiales

Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización a de cambia del usa del suela hacia fines comerciales, industriales, de servicias y recreativas.

4.7.2.2.1.1 Zonas urbanas

Las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano.

4.7.2.2.1.1.1 Tejido urbano discontinuo

Incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano. Presenta una unidad de tejido urbano discontinuo que son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas de tipo natural o seminaturales se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas.

Fotografía 1. Tejido urbano discontinuo presente en la zona de estudio



Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación

Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad.

4.7.2.2.1.2.1 Red vial

Comprende las áreas cubiertas por la infraestructura vial, tales como carreteras, autopistas y puentes, así como las áreas asociadas como los peajes, se encuentra ubicada aledaña a la vía principal en el kilómetro en el Km 26 entre Tunja y Bogotá.

Fotografía 2. Red vial presente en la zona de estudio



Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.2 Territorios agrícolas

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastas, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas.

4.7.2.2.2.1 Cultivos transitorios

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de solo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz), los tubérculos (papa y yuca), la mayor parte de las hortalizas y algunas especies de flores a cielo abierto. Tienen como característica

fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo. Fueron definidas las siguientes unidades:

4.7.2.2.1.1 Cereales

Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de gramíneas (las gramíneas son plantas herbáceas que presentan una gran amplitud ecológica, por lo que se suelen encontrar formando parte de la vegetación natural y ornamental o agronómica de las poblaciones humanas. A esta familia botánica pertenecen especies que son fuentes importantes de alimento para el hombre y para el ganado).

Fotografía 3. Cereales.



Fuente: Registro fotográfico

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

4.7.2.2.1.1.1 El frijol

El frijol es una planta originaria de Mesoamérica la cual se viene cultivando desde hace alrededor de 8 mil años, desarrollándose durante ese tiempo una diversidad de tipos y calidades de frijoles. Se considera que en total existen alrededor de 150 especies, aunque en Colombia estas ascienden alrededor de 40, destacando las cuatro especies que el hombre ha domesticado, como son el *Phaseolus vulgaris L.* (frijol común), *Phaseolus coccineus L.* (frijol ayocote), *Phaseolus lunatus L.* (frijol comba) y *Phaseolus acutifolius Gray* (frijol tepari). En nuestro país las especies más importantes en cuanto a superficie sembrada y producción son las dos primeras.

4.7.2.2.1.1.2 Arveja

La *Pisum sativum L. var. Sativum* es una herbácea perteneciente a la familia de las fabáceas o leguminosas. El sistema radical presenta una raíz pivotante que desarrolla numerosas raíces laterales o secundarias, las que a su vez se cubren de finas raíces terciarias, que permiten alcanzar un arraigamiento medio en el perfil del suelo. En los pelos radicales se establecen los rizobios formando los característicos nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico.

El sistema caulinar muestra considerables variaciones en forma y hábito. En general, la planta desarrolla un tallo primario o eje central y de cero a muchos tallos secundarios, que nacen del nudo cotiledonar o de nudos superiores. Los tallos, normalmente de color verde o glauco, son huecos, glabros, delgados en la base y progresivamente más gruesos hacia el ápice, con internudos angulados siguiendo un patrón de zig-zag.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	---	---

El crecimiento inicial es erecto hasta poco después del inicio de floración y posteriormente postrado por el peso creciente del follaje. En cuanto a las hojas, las dos primeras son brácteas trifidas formadas inmediatamente sobre el nudo cotiledonar y pueden ser subterráneas o aéreas. Las hojas verdaderas son alternas, glaucas o variegadas, paripinnadas, las inferiores bifoliadas, característica que va progresando hacia los ápices de las ramas, donde llegan a presentar seis folíolos ovalados, de margen entero o rara vez dentado, que se achican hacia el extremo del raquis, el que termina en un zarcillo simple o ramificado. En ciertas líneas (áfílas y leafless), en lugar de folíolos, se desarrollan zarcillos ramificados y prensiles. El pecíolo de las hojas se encuentra abrazado al tallo por un par de estípulas foliáceas, ovaladas, espolonadas hacia atrás, de margen entero, de igual o mayor tamaño que los folíolos, generalmente sobrepuestas, y que hacen un importante aporte fotosintético.

La formación del primer nudo reproductivo del tallo está determinada genéticamente. A partir de éste, se inicia la floración que prosigue secuencialmente hacia la parte superior de la planta. Los racimos axilares agrupan 1, 2 o 3 flores, generalmente blancas. La autopolinización que ocurre posteriormente se debe a la cleistogamia natural de la arveja, en que la liberación del polen ocurre 24 horas antes de la apertura de la flor, aunque igualmente se presenta un porcentaje bajo de polinización cruzada por acción de insectos. La etapa de fructificación comienza con el desarrollo del fruto hasta alcanzar su tamaño máximo (4 a 12 cm de largo y 1 a 2 cm de ancho), para luego iniciar la etapa de llenado de granos, los que se ubican alternadamente en las valvas a lo largo de la sutura placentar de la legumbre, y culmina con la maduración de 4 a 12 semillas por vaina.

Fotografía 4. **Cultivos herbáceo**



Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.1.1.3 Maíz

Tierras que presentan una cobertura vegetal compuesta por plantas herbáceas de la familia de las gramíneas, de altura muy variable (entre 60 cm y 3 m), hojas grandes, alternas y lineares, tallos rectos y flores agrupadas en panículas las masculinas y en espigas las femeninas.

Fotografía 5. Cultivo De Zea Mays.



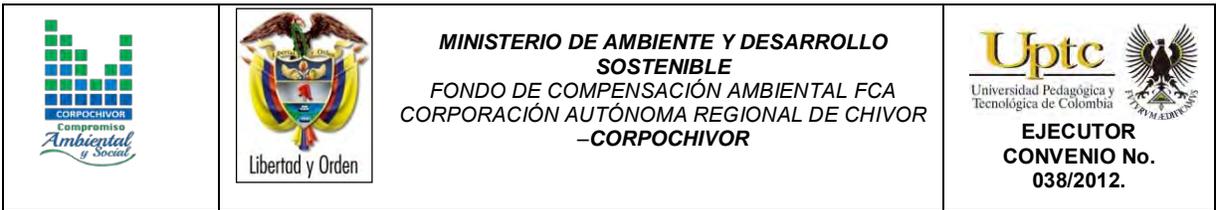
Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.2.1.2 Tubérculos

Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de diferentes tipos de plantas que poseen tubérculos. Un tubérculo es un tallo subterráneo modificado y engrosado donde se acumulan los nutrientes de reserva para la planta. Esta cobertura en la zona la componen los cultivos de papa arracacha, En la región andina, los cultivos arracacha se presentan por encima de los 2,000 msnm.

4.7.2.2.2.1.2.1 Arracacha

La *Arracacia Xanthorrhiza Bancroft* (Hoker, 1831 Y Muñoz, 1968) de la familia de las *Umbelliferaes* es una planta herbácea de porte bajo que puede alcanzar hasta 1.5 m. de altura. En relación a la producción de raíces tuberosas es una planta anual, y bianual en relación a su ciclo vegetativo, razón por la cual raras veces



completa este periodo en siembras comerciales. La cosecha se realiza entre 10 y 12 meses de siembra donde la planta es extraída antes de la floración.

La propagación para fines comerciales es esencialmente vegetativa el tallo es un tronco corto cilíndrico, vertical y rizomatoso que alcanza hasta 10 cm. de altura y capaz de dividirse en la parte superior. Entre el tallo y las raíces se encuentra una corona que da origen a la parte aérea y a las raíces tuberosas. En la parte superior de la corona aparecen ramificaciones conocidas como hijuelos, brotes, hijos o propágulos, utilizados para la propagación vegetativa, en número variable de 10 a 30 y de donde nacen las hojas.

La parte subterránea está constituida principalmente por las raíces tuberosas, en número que varía entre 4 y 10, emergen de la parte inferior de la corona. Las raíces son ovoides, cónicas o fusiformes, con una longitud de 5 a 25 cm. y con un diámetro entre 3 y 8 cm.

Las plantas que producen raíces de color amarillo tienen, generalmente, ciclo vegetativo más largo, presentan mayor resistencia a las adversidades climáticas y producen raíces más grandes. Las plantas de raíces blancas o rojas son menos resistentes a las variaciones climáticas y a veces producen raíces menores, siendo más precoces y con raíces de consistencia más suave y preferidas por los consumidores (Carrasquilla, 1944 & Muñoz, 1968).

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

Fotografía 6. **Cultivo De Arracacia Xanthorrhiza Bancroft (Hoker, 1831 y Muñoz, 1968)**



Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.2 Cultivos permanentes

Comprende de territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; se incluyen en esta categoría los cultivos de herbáceas, los cultivos y los cultivos arbóreos frutales.

4.7.2.2.2.1 Cultivos permanentes herbáceos

Cobertura compuesta principalmente por cultivos permanentes de hábito herbáceo como cana de dulce y plátano, Las herbáceas son plantas que no presentan órganos leñosos, son verdes y con ciclo de vida vegetativo anual.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

4.7.2.2.2.1.1 Curaba

La *Passiflora tarminiana*, *Passiflora tripartita* var. *Mollissima* de la Familia de las Pasifloráceas (*Passifloraceae*) es originaria de América y se encuentra distribuida en las zonas frías de los Andes suramericanos. La curuba se produce sobre todo en Colombia, Venezuela, Bolivia, Perú y Nueva Zelanda.

Son enredaderas de tallo cilíndrico pubescente, de hojas obovadas, trilobuladas y aserradas en los márgenes. El fruto es una baya de forma elipsoidal de 7 a 10 cm de largo, de color verde claro cuando se está desarrollando y completamente amarillo al madurar, momento en el cual emite un agradable aroma. La pulpa es firme, carnosa y con pequeñas semillas de color negro. El color de la pulpa es amarillo o anaranjado.

La variabilidad genética en esta especie es muy alta, por lo que se encuentra una gran heterogeneidad de plantas y frutas que se diferencian en cuanto a tamaño, forma, color, resistencia sanitaria, rendimiento, etc.

4.7.2.2.2.1.2 Granadilla

La *Passiflora ligularis* es un bejuco de la familia de las *Passifloraceae* de hábito trepador y enredador semileñoso, sus raíces son fibrosas y ramificadas y profundizan de 20 a 40 cm. El tallo, es cilíndrico, de coloración amarillo verdoso en su estado inicial y marrón claro en estado adulto o lignificado, el tallo es la estructura de la planta, posee zarcillos con los cuales se enreda y trepa. Cada rama tiene nudos y entrenudos y en cada nudo se observa una hoja entera acorazonada de pecíolo corto y al lado se encuentran dos estipulas y al interior de éstas están las yemas florales. A medida que se van desarrollando las yemas florales se inicia la fase de formación de la flor, la cual es perfecta y requiere para

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

su fecundación recibir el polen de otra flor de otra planta. El nombre utilizado en Centro América y Sur América es granadilla, aunque también se conoce como parchita amarilla en Venezuela y wáter lemon en Hawái, su cultivo se realiza entre los 900 y 2700 msnm. Se ha observado que a alturas superiores a los 2000 msnm, la producción es mayor y de mejor calidad y que además se presentan menos problemas fitosanitarios.

El fruto es una baya de cubierta dura de forma casi esférica de 6 – 8 cm de diámetro de color verdoso o ligeramente amarillento cuando se acerca la maduración. Cuando el fruto está completamente maduro es de un amarillo intenso y en la mayoría de los casos presenta puntos blanquecinos. El fruto posee en su interior un promedio de 200 – 250 semillas envueltas en un arilo grisáceo translúcido, mucilaginoso y acidulado que constituye la parte comestible, las semillas están unidas a una placenta blanca que corresponde al mesocarpio del fruto, las semillas son negras, planas en forma de escudo y presentan pequeñas zonas hundidas circulares y son relativamente pequeñas y de testa dura.

Los frutos están unidos a un pedúnculo largo de 6 cm a 12 cm que se queda adherido al fruto cuando es cosechado. Tiene un peso promedio de 100 g

4.7.2.2.2.1.3 Caña

La *Saccharum officinarum* de la familia de la familia de las Poaceae, son plantas cespitosas con tallos de hasta 5 m x 2-5 cm, con numerosos entrenudos alargados vegetativamente, dulces y jugosos, desnudos abajo. Vainas glabras o pelosas; lígula de 2-4 mm; láminas 1-2 m x 2-6 cm, glabras o la costilla media pelosa. Panícula 25-50 cm; pedúnculo glabro o densamente puberulento; eje peloso; entrenudos del raquis de 5 mm, glabros. Espiguillas 3-4 mm, agudas, con

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

tricomas de hasta 7 mm; gluma inferior glabra; lema inferior ciliada in el 1/ 2 superior; lema superior y arista generalmente ausentes; anteras 3, 1.5-2 mm.

4.7.2.2.2.1.4 Plátano

Cobertura predominantemente compuesta por cultivo de banano *Musa sapientum L.J*, planta herbácea perene gigante de la familia Musácea, Como las demás especies de *Musa*, *M. balbisiana* carece de verdadero tronco. En su lugar, posee vainas foliares que se desarrollan formando estructuras llamadas *pseudotallos*, similares a fustes verticales de hasta 30 cm de diámetro basal, aunque no son leñosos. Alcanzan los 7 m de altura, de color verde o amarillo verdoso intenso, que permite distinguirlo con facilidad de *M. x paradisiaca*, más clara; la parte distal de las vainas presenta marcas negras, mientras que la basal se orla de rojo. Ambas son glaucas y pruinosas.

Produce numerosos retoños a partir de rizomas superficiales o subterráneos, que son la principal forma de difusión de los híbridos o variedades triploides; los retoños reemplazan al tallo principal después de florecer y morir éste. Las hojas son lisas, tiernas, oblongas, con el ápice trunco y la base redonda o ligeramente cordiforme, verdes por el haz y más claras y normalmente glaucas por el envés, con las nervaduras amarillentas. Dispuestas en espiral, se despliegan hasta alcanzar 3 m de largo y 60 cm de ancho; el pecíolo tiene hasta 60 cm, cóncavo por la parte superior, con los extremos casi tocándose por encima del canal adaxial. Sus márgenes son poco visibles en la parte superior y más pronunciada junto a la vaina, muchas veces orlados de negro.

Las flores forman inflorescencias pendulosas, con el pedúnculo y el raquis glabros; toman forma de espigas terminales, de las cuales las 10 a 15

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	---	---

primeras hileras son de flores femeninas, con las masculinas en la parte superior. Los floras masculinos forman capullos ovoides a elípticos, con las brácteas imbricándose en el ápice trunco. Son una 20 por bráctea, en dos filas. El tépalo compuesto alcanza los 5 cm de largo y los 1,2 de ancho; es blanquecino o más raramente violáceo por el interior, con el color trasluciéndose a la vista desde fuera como una delicada tonalidad purpúrea. Su parte superior es amarilla a naranja, con los dientes de unos 5 mm de largo, los dos más externos con un apéndice filiforme de hasta 2 mm de largo. El tépalo libre es aproximadamente de la mitad de tamaño, blanco o rosáceo, obtuso o trunco, con la apícula mucronada y corta.

El fruto es una falsa baya de forma lineal o falcada, de 7 a 15 cm de largo y hasta 4 de diámetro, que forma un racimo compacto. Está cubierta por un pericarpo coriáceo verde en el ejemplar inmaduro y amarillo intenso al madurar. El extremo basal se estrecha abruptamente hacia un pedicelo e 1 a 2 cm. La pulpa es blanca, rica en almidón y dulce. Puntos negros que motean la pulpa son el resto de los óvulos no desarrollados. Las semillas son negras, globosas o irregulares, con la superficie rugosa, de hasta 6 x 5 mm de tamaño, y están incrustadas en la pulpa. A mayor cantidad de semillas, el fruto se hace de mayor tamaño.

Fotografía 7. **Cultivos herbáceos.**



Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.2.2 Cultivos permanentes arbustivos

Son coberturas permanentes ocupadas principalmente por cultivos de hábito arbustivo como la mora. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAD, 2001)

4.7.2.2.2.2.1 Ciruela

Cobertura compuesta por ciruela (*prunus domestica*) pequeño árbol caducifolio de hasta 2 m de talla de la familia de las Rosáceas, con la corteza pardo-azulada, brillante, lisa o agrietada longitudinalmente. Hojas simples, elípticas u obovadas, de 4-10 cm de longitud, con el margen crenado-serrado. Envés tomentoso, especialmente sobre el nervio central y las nerviaciones. Pecíolo tomentoso-glanduloso, de 1 cm de longitud. Flores blancas, aisladas o en parejas, de 2-2.5

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

cm de diámetro, sobre pedicelos de 6 mm de longitud, apareciendo en Abril antes que las hojas. Fruto azulado-negruzco, aunque puede variar de color y de tamaño, oscilando entre 3 y 5 cm de diámetro.

4.7.2.2.2.3 Cultivos permanentes arbóreos

Cobertura principalmente ocupada por cultivos de hábito arbóreo, diferentes de plantaciones forestales maderables o de recuperación, como ciruela, durazno, etc.

4.7.2.2.2.3.1 Feijoa

La *acca sellowiana* de la Familia *Myrtaceae* originaria de América tropical, Brasil y Norte de Argentina es un Árbol o arbusto de hoja perenne de unos 2 metros de altura, forma redondeada, Crecimiento lento, ramas cubiertas de un tomento blanquecino, Hojas coriáceas, opuestas, verde oscuro en el haz, blanco-tomentosas en el envés. Flores de unos 3 cm de diámetro, cáliz muy tomentoso, pétalos rojos, estambres rojos, sobresalientes. Frutos carnosos, ovoides de 3-4 cm de diámetro, de color verde oscuro, tintados de rojo, muy salientes. Presentan un gran número de semillas en su interior. Cultivada en zonas tropicales y subtropicales por su fruto comestible. La pulpa, rica en vitaminas B y C, es granulosa, con pipas; su gusto acidulado recuerda a la piña y a la guayaba. Se puede consumir fresca, en compota, en forma de mermelada o de gelatina.

Fotografía 8. **Acca sellowiana**



Fuente: Registro fotográfico

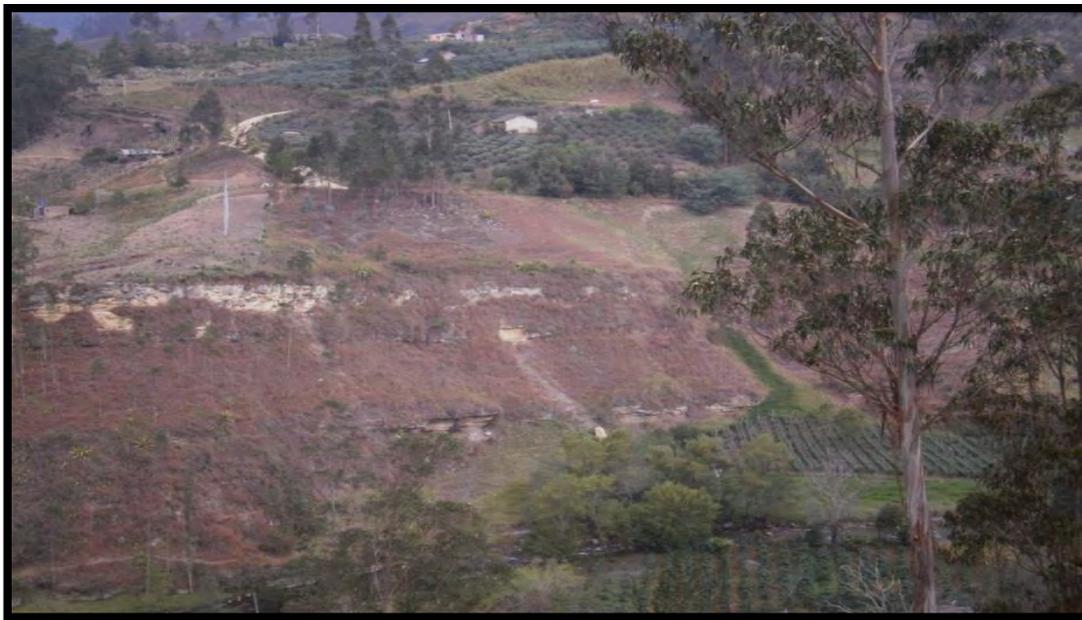
4.7.2.2.2.3.2 Durazno

Prunus persica de la Familia de las Rosáceas (*Rosaceae*) es un pequeño árbol caducifolio que puede alcanzar 6 m de altura, aunque a veces no pasa de talla arbustiva, con la corteza lisa, cenicienta, que se desprende en láminas. Ramas lisas, de color verde en el lado expuesto al sol, hojas simples, lanceoladas, de 7.5-15 cm de longitud y 2-3.5 cm de anchura, largamente acuminadas, con el margen finamente aserrado. Haz verde brillante, lampiñas por ambas caras. Pecíolo de 1-1.5 cm de longitud, con 2-4 glándulas cerca del limbo, flores por lo general solitarias, a veces en parejas, casi sentadas, de color rosa a rojo y 2-3.5 cm de diámetro.

4.7.2.2.2.3.3 Pera

Pyrus communis de la familia *Rosaceae* es un Árbol frondoso, de tamaño medio, pero que aislado puede llegar a los 20m, con ramas erectas, voluminosas, sus hojas son alternas, aovadas o redondeadas, con un largo pedúnculo, con los bordes finamente aserrados. Al principio son pilosas, calveando rápidamente, cogiendo un color verde oscuro, con el envés más claro. Las flores aparecen al mismo tiempo que las hojas, en racimos de 3 a 9 flores, umbeliformes, con pétalos blancos.

Fotografía 9. Cultivos arbóreos permanentes



Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.2.4 Cultivos agroforestales

Zonas ocupadas por arreglos o combinaciones de cultivos de diferentes especies, con otros de hábitos herbáceos, arbustivos y arbóreos, donde la característica principal de la cobertura es que el aumento en el detalle no implica la subdivisión

en unidades puras, porque estas se encuentran combinadas en la misma área, alternadas por surcos a hileras de árboles con cultivos o de árboles con pastos.

4.7.2.2.2.4.1 Cultivos y árboles plantados

Cobertura ocupada por arreglos espaciales donde se combinan cultivos con plantaciones arbóreas destinadas a todo tipo de producción (madera, leña, frutales, resinas, etc.); donde la característica principal de la cobertura es que el aumento en el detalle no implica la subdivisión en unidades puras, porque estas se encuentran combinadas en la misma área, alternadas por surcos a hileras de árboles con cultivos.

Fotografía 10. **Cultivos agroforestales**



Fuente: **Registro fotográfico**

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

4.7.2.2.2.3 Pastos

En la zona de influencia de la falla en dominancia de zona agrícola del orden de pastos Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia *Poaceae*, dedicadas a pastoreo permanente por un periodo de dos o más años.

Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace.

4.7.2.2.2.3.1 Pastos limpios

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 50%; la realización de prácticas de manejo (Limpieza, enclamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.

Fotografía 11. **Pastos limpios presente en la zona de estudio**



Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.3 Bosques y áreas seminaturales

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación. Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras coberturas que son el resultado de un fuerte manejo antrópico, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición. Las unidades se agrupan en las siguientes categorías:

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

4.7.2.2.3.1 Bosques

Comprende las áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida.

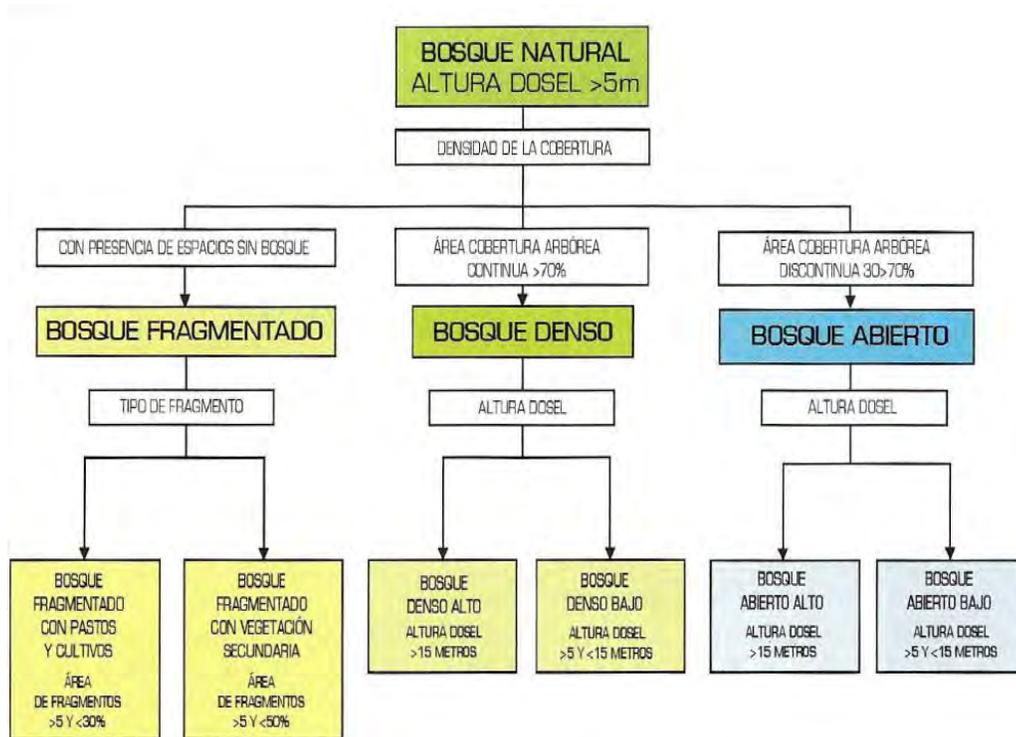
Para efectos de clasificación los bosques son determinados por la presencia de árboles que deben alcanzar una altura del dosel superior a los cinco metros.

Para efectos de la caracterización de la densidad se definió como el porcentaje de cobertura de la copa. Por su parte, la cobertura de la copa, en este documento, corresponde al porcentaje del suelo o del terreno ocupado por la proyección perpendicular de la vegetación en su conjunto, o por uno de sus estratos o especies. Una cobertura densa corresponde a una cobertura arbórea mayor a 70% de la unidad, en la cual las copas se tocan. Una cobertura se considera abierta cuando la cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad, en la cual la mayoría de las copas no se tocan entre ellas.

La altura es definida por la altura total del dosel, sin incluir emergentes. Para efectos de este estudio, se adaptó la clasificación propuesta por Caín y Castro (1959), quienes definen como bajos los estratos de árboles con altura menor a ocho metros; intermedios a los estratos de árboles con alturas comprendidas entre 8 y 15 metros; y como estratos de árboles altos los que tienen altura superior a 15 metros. De esta manera, para esta leyenda, se unieron los estratos bajo e intermedio en uno solo denominado como bajo.

Para la interpretación de las coberturas de la tierra, los bosques se clasifican, entonces, a partir de la densidad de la cobertura arbórea, en densos y abiertos; de acuerdo con la altura del dosel, los bosques se clasifican en altos y bajos; y de acuerdo con la condición de inundabilidad del terreno donde se ubican los bosques, se clasifican en inundables y de tierra firme. De esta manera, se obtiene la clasificación que se explica a continuación:

Figura 15. criterios para la clasificación de los bosques



Fuente: Corine Land Cover 2010

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

4.7.2.2.3.1.1 Bosque denso

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. Se exceptúan de esta unidad los bosques fragmentados.

4.7.2.2.3.1.1.1 Bosque denso bajo

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, con altura del dosel superior a cinco metros, pero inferior a 15 metros.

4.7.2.2.3.1.1.1.1 Bosque denso bajo de tierra firme

Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo con altura del dosel entre 5 y 15 metros y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	---	---

Fotografía 12. **Bosque denso bajo presente en la zona de estudio**



Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.3.1.2 Bosque forestal

Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras).

Esta cobertura presenta en la imagen de satélite un patrón geométrico regular, constituido por las hileras de árboles generalmente de la misma edad. Para su identificación se requiere del apoyo de información secundaria como fotografías aéreas, mapas temáticos y control de campo.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

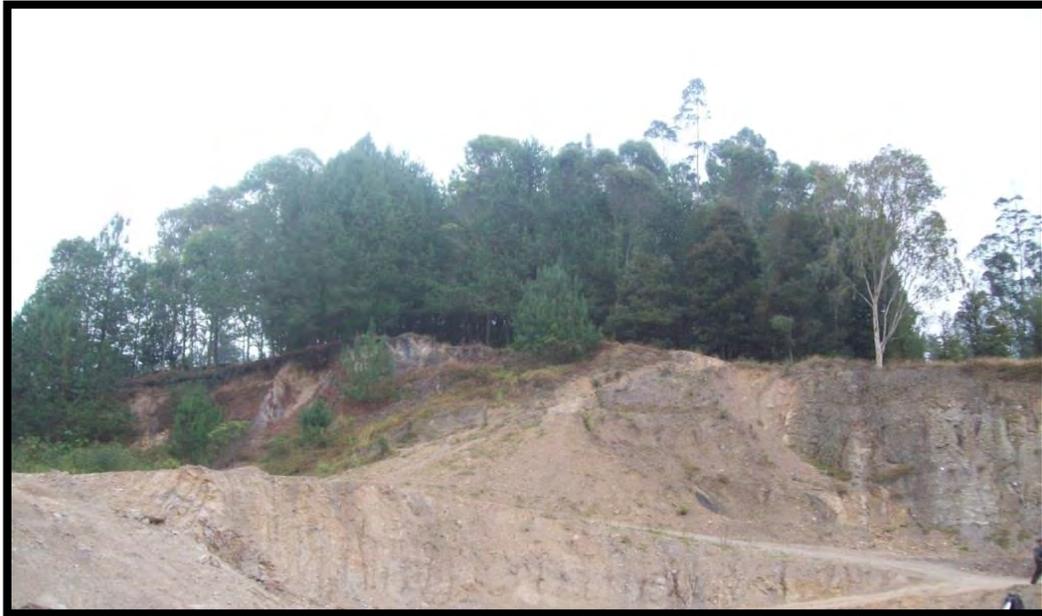
4.7.2.2.3.1.2.1 Cupressaceae

Son árboles o arbustos resinosos, con hojas simples, aciculares o en forma de escama, enteras, que se sitúan en disposición opuesta o en verticilios, por 3 ó 4 y habitualmente perennes. Las cupresáceas no tienen verdaderas flores y sus órganos reproductores pueden ser monoicos (en la misma planta los dos sexos) o dioicos (en distinta planta).

La polinización es anemófila. Producen conos masculinos y femeninos, con escamas enfrentadas o en verticilios, que pueden ir en la misma planta o en plantas de distinto sexo. Los conos masculinos están constituidos por diversos verticilios de estambres, cada uno de éstos tiene forma de escama y lleva en el envés de 3 a 7 sacos polínicos; las escamas tienen, a veces, forma de parasol y otras veces son casi planas y más o menos triangulares. Los conos femeninos suelen ser globosos u ovoides y tienen, por lo general, las dos brácteas soldadas en una sola, indiferenciadas; hay generalmente de 2 a 15 rudimentos seminales por escama.

La mayoría de los géneros producen fructificaciones leñosas a modo de piñas esféricas (gábulos leñosos), las inflorescencias femeninas del género *Juniperus*, en cambio, dan lugar a una estructura carnosa denominada gábulos carnosos, originada por la concrecencia de las tres hojas escumiformes superiores. Los géneros más importantes son *Cupressus* (cipreses), *Juniperus* (enebros y sabinas), *Chamaecyparis* (cedro blanco de Oregón), *Calocedrus* (cedro blanco de California) y *Thuja* (árbol de la vida).

Fotografía 13. *Cupressaceae* presente en la zona de estudio



Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.3.1.2.2 **Myrtaceae**

Esta es una familia en donde sus miembros son plantas dicotiledóneas. Entro de sus características generales podemos decir que todas las especies son arboladas, presentan aceites esenciales, y la flor casi siempre presenta sus verticilos en múltiplos de cuatro o cinco. Una característica representativa de esta familia es que liber está situado en ambos lados del xilema exterior, difiriendo con el resto de las plantas.

Estos árboles presentan hojas perenes, alternas y normalmente con el margen de sus hojas no dentado, estípulas efímeras o ausentes, con puntuaciones glandulares, aromáticas.

En muchas ocasiones podemos observar un tallo tipo exfoliativo o de textura áspera, aunque no siempre se cumple con esta característica. Poseen un fruto por lo general capsular como por ejemplo en los siguientes ejemplares: *Eucalipto*, *Corymbia*, *Angophora*, *Leptospermum*, *Melaleuca*, *Metrosideros*. Aunque también se pueden presentar en forma de baya, capsula o drupa.

Fotografía 14. **Myrtaceae** presente en la zona de estudio



Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.4 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica.



Para la leyenda de CORINE Land Cover adaptada para Colombia, en esta clase se incluyen otros tipos de cobertura tales como las áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva con dosel irregular y presencia de arbustos, enredaderas y vegetación de bajo porte. Las coberturas definidas son las siguientes:

4.7.2.2.4.1 Arbustal

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m (Img 7.0), fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida.

4.7.2.2.4.1.1 Arbustal abierto mesofilo

Este tipo de arbustal abierto está caracterizado por presentar una vegetación mesofila compuesta por una comunidad vegetal donde predominan los arbustos achaparrados y arboles pequeños, que se localizan en zonas húmedas, caracterizadas por su considerable precipitación y humedad atmosférica durante casi todo el año. Esta cobertura hace referencia principalmente a las formaciones arbustivas andinas y altoandinas, aledañas a las paramos y bosques de niebla.

Fotografía 15. **Arbustal mesofilo presente en la zona de estudio**



Fuente: Registro fotográfico

4.7.2.2.4.2 Vegetación secundaria o en transición

Comprende aquella 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, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre.

4.7.2.2.4.3 Vegetación secundaria baja

Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principal mente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que

corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original y, generalmente, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies.

La vegetación secundaria comúnmente corresponde a una vegetación de tipo arbustivoherbáceo de ciclo corta, con alturas que no superan los cinco metros y de cobertura densa. Por lo general corresponde con una fase de colonización de inductores preclimáticos, donde especies de una fase más avanzada se establecen y comienzan a emerger.

Fotografía 16. **Sucesión vegetal secundaria**



Fuente: Registro fotográfico

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

4.7.2.2.5 Areas abiertas, sin ó con poca vegetación

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve.

4.7.2.2.5.1 Afloramientos rocosos

Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados; así como zonas de rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica o glaciár. Asociados con los afloramientos rocosos se pueden encontrar depósitos de sedimentos finos y gruesos, de bloques o de cenizas.

Se localizan principalmente en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y deformaciones geológicas, volcanes y glaciares de montaña, localizados en la región andina.

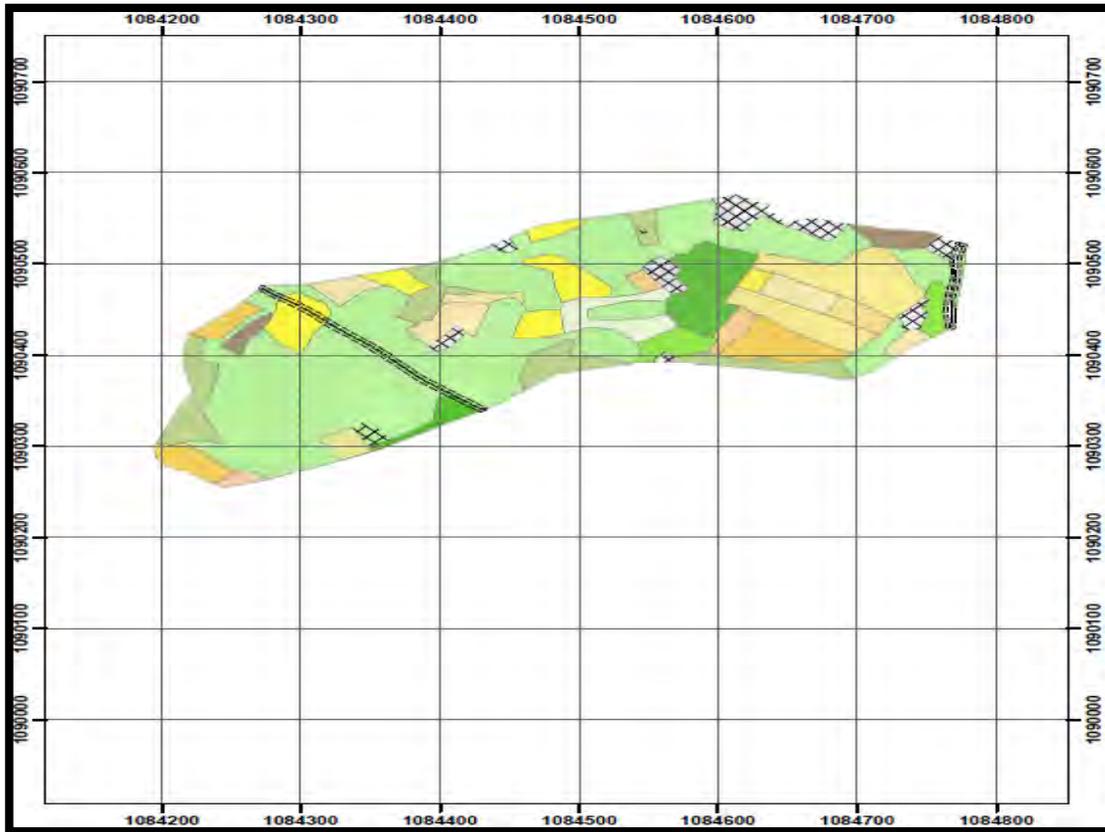
Fotografía 17. **Áreas abiertas**



Fuente: Registro fotográfico

4.7.3 Áreas y porcentajes de las coberturas en el área de estudio

Figura 16. Cobertura vegetal y uso de suelo



Fuente: Resultado del Estudio

Tabla 8. Porcentaje de coberturas sector puente Camacho.

TIPO DE COBERTURA	AREA m ²	% COBERTURA
TEJIDO URBANO DISCONTINUO	4295	7,31
RED VIAL	620	1,06
CULTIVOS TRANSITORIOS CEREALES	5362	9,12
CULTIVOS TRANSITORIOS HERBACEOS	7415	12,62
CULTIVOS TRANSITORIOS TUBERCULOS	1013	1,72
CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	398	0,68
CULTIVOS PERMANENTES CAÑA	1152	1,96
CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	366	0,62
CULTIVOS AGROFORESTALES	2200	3,74
PASTOS LIMPIOS	5151	8,77
BOSQUE DENSO BAJO DE TIERRA FIRME	5216	8,88
CULTIVOS PERMANENTES ARBOREOS	4705	8,01
PLANTACION FORESTAL	7887	13,42
ARBUSTAL ABIERTO MESOFILO	2225	3,79
VEGETACION SECUNDARIA O EN TRANSICION	3568	6,07
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	1564	2,66
DESLIZAMIENTO	5628	9,58

Fuente: Resultado del Estudio

4.7.4 Unidades de cobertura vegetal

Para la individualización, caracterización y observación de las diferentes unidades de cobertura vegetal se realizaron estudios de campo, en el cual se evaluaron la estructura y la composición florística de las diferentes unidades de cobertura vegetal, mediante la observación directa en campo y la recolección de material botánico, así como también se realizaron observaciones de topografía, drenaje y suelos.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

En ecología se pueden hacer estudios de fauna de diferentes formas. Los estudios pueden ser de tipo descriptivo, comparativo, observacional y experimental. Los estudios descriptivos son generalmente exploratorios y no tienen una hipótesis *a priori*. El objetivo de estos estudios es obtener información acerca de un fenómeno o sistema del cual previamente se tenía ninguna o muy poca información. Los estudios comparativos se deben realizar en sistemas de los que se tiene cierta información y cuando se tiene una o varias hipótesis de antemano.

El objetivo de este tipo de estudio es obtener la información necesaria para someter a prueba las hipótesis. Los estudios observacionales se basan en información obtenida del sistema en su estado original; generalmente no se hace ninguna manipulación del sistema. Los estudios experimentales consisten en manipular o modificar, de manera particular, un determinado sistema o ambiente. La información que interesa es, precisamente, la respuesta del sistema al tratamiento.

Se presenta el componente vegetal de la zona de estudio y el siguiente inventario, teniendo en cuenta que muchas de las especies referenciadas, su frecuencia de aparición es muy baja y dispersa. Para la elaboración del mapa de cobertura vegetal se generalizaron las especies para facilitar su manejo, No se cuenta con un detallado inventario de la biomasa.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

Tabla 9. Unidades de cobertura vegetal.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Passiflorácea</i>	<i>Passiflora ligularis</i>	Granadilla
<i>Passiflorácea</i>	<i>Passiflora tarminiana</i>	Curubo
<i>Poaceae</i>	<i>Saccharum officinarum</i>	Caña dulce
<i>Musáceae</i>	<i>Musa sapientum L.J</i>	Plátano
<i>Cupresáceas</i>	<i>Pinus halepensis</i>	Pino de piña
<i>Myrtaceae</i>	<i>Acca sellowiana</i>	Feijoa
<i>Adoxaceae</i>	<i>Viburnum tinoides L.f.</i>	Garrocho
<i>Rosácea</i>	<i>Prunus domestica</i>	Ciruela
<i>Adoxaceae</i>	<i>Viburnum triphyllum Benth.</i>	Garrocho
<i>Rosácea</i>	<i>Pyrus communis</i>	Pera
<i>Rosácea</i>	<i>Prunus pérsica</i>	Durazno
<i>Asteraceae</i>	<i>Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.</i>	Chilca
<i>Asteráceae</i>	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león
<i>Cupresáceas</i>	<i>Cupresus sempervirens</i>	Pino
<i>Fabaceae</i>	<i>Acacia melanoxylon R. Br.</i>	Acacia
<i>Malvaceae</i>	<i>Sida rhombifolia L.</i>	Escobilla
<i>Melastomataceae</i>	<i>Monochaetum myrtoideum (Bonpl.) Naudin</i>	Arayan
<i>Melastomataceae</i>	<i>Miconia squamulosa Triana</i>	Tuno
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus pellita</i>	Eucalipto
<i>Aráceas</i>	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	Cartuchos
<i>Fabaceae</i>	<i>Acacia decurrens Willd.</i>	Acacia
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucaliptus globulus</i>	Eucalipto
<i>Poaceae</i>	<i>Zea mays</i>	Maíz
<i>Onagraceae</i>	<i>Fuchsia boliviana Carrière</i>	Fucsia
<i>Orquidiaceae</i>	<i>Epidendrum elongatum Jacq.</i>	Orquídea
<i>Oxalidaceae</i>	<i>Oxalis medicaginea Kunth</i>	Trébol

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus patula</i> Schltl. & Cham.	Pino
Asteraceae	<i>Montanoa ovatifolia</i> Deless. ex DC.	Pinon
Solanaceae	<i>Physalis</i> sp.	Uchuva
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita</i> sp.	Calabaza
Oxalidaceae	<i>Oxalis medicaginea</i> Kunth	Trébol
Asteraceae	<i>Coniza bonariensis</i> (L.) Cronquist	Cola de caballo
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce
Poaceae	<i>Andropogon bicornis</i>	Paja rabo de zorro
Euphorbiaceae	<i>Croton funcckianus</i> Müll. Arg.	Sangregado
Myricaceae	<i>Myrica</i> sp.	Endrino
Poaceae	<i>Bromus unioloides</i>	Cebadilla criolla
Poaceae	<i>Pennicetum clandestinum</i>	Pasto
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Capin melao
Rosaceae	<i>Huperumeles gondotiana</i>	Mortiño
Rosaceae	<i>Rubus bogotensis</i> Kunth	Mora
Solanaceae	<i>Physalis</i> sp.	Uchuva

Fuente: Resultado del Estudio

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

5 HIDROGEOLOGÍA

Basados en el análisis de la información hidrológica y climatológica disponible, se estudió la dinámica de la escorrentía superficial y su relación con la geología del subsuelo, para describir las principales características hidrogeológicas del municipio de Ciénega, donde se analizara la presencia de posibles acuíferos, con el fin de conocer las condiciones que influyen en el deslizamiento como se determina en el mapa las diferentes unidades hidrogeológicas.

5.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.

Basado en el levantamiento geológico del área en escala 1:2.000 y la información tomada en campo, se agruparon en unidades litoestratigráficas de acuerdo con sus características hidráulicas, definiéndose cuatro unidades hidrogeológicas; cada una de las unidades se clasifica como: Acuífero, Acuitardo y/o Acuicierre, dependiendo de sus características de porosidad y permeabilidad, así:

5.1.1 Acuífero de alta productividad.

Unidad geológica que almacena en gran cantidad y transmite agua con mucha facilidad, por tanto presenta una porosidad y permeabilidad muy alta.

5.1.2 Acuífero promedio.

Unidad geológica que almacena agua en cantidad y trasmite agua, por lo tanto presenta una porosidad y permeabilidad normal.

5.1.3 Acuitardo.

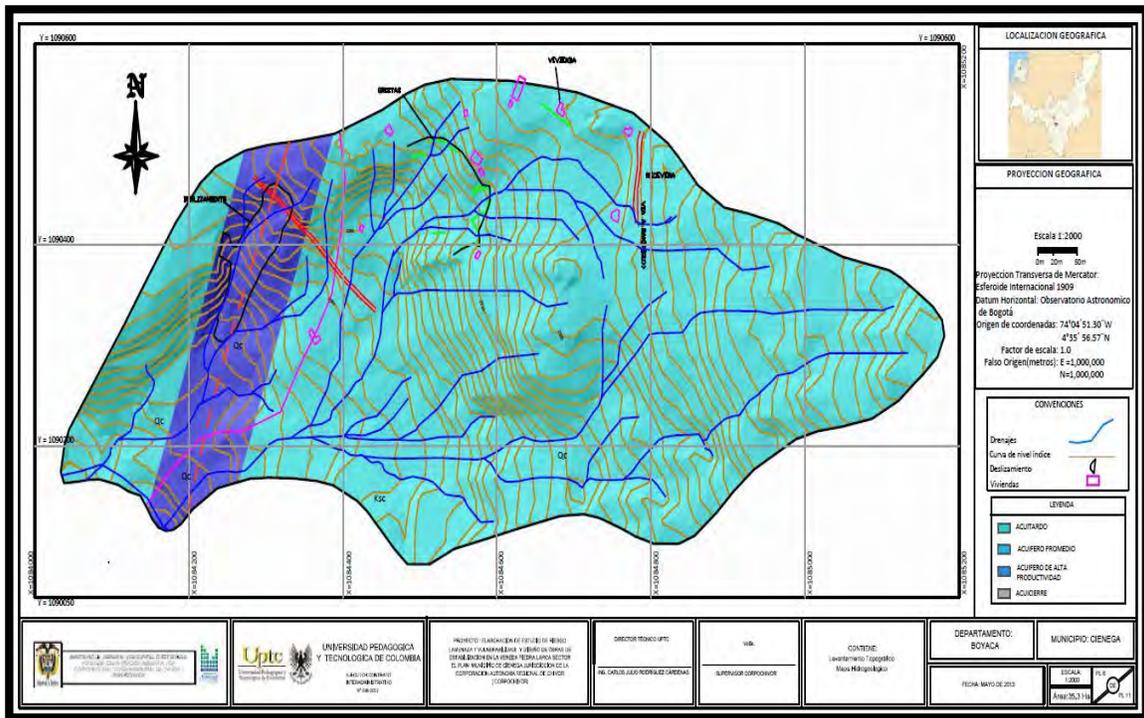
Son aquellas rocas que almacenan una gran cantidad de agua pero la transmiten muy lentamente, siendo aptas solo para bajas captaciones, entre ellas están los materiales arcillo-arenosos. Se consideran como sinónimos de Acuicierre, ya que con el tiempo los espacios intergranulares tienden a sellarse formando estratos

permeables que aunque pueden contener grandes cantidades de agua no permiten su flujo a través de sus poros.

5.1.4 Acuicierres.

Son formaciones capaces de contener agua, pero incapaces de transmitirla en cantidades Suficientes como para su captación o formación de manantiales importantes.

Figura 17. Mapa hidrogeológico de Ciénega



Fuente: Resultado del estudio.

6 GEOELECTRICA

6.1 ESTUDIO GEOELECTRICO (TOMOGRAFIA ELECTRICA RESISTIVA)

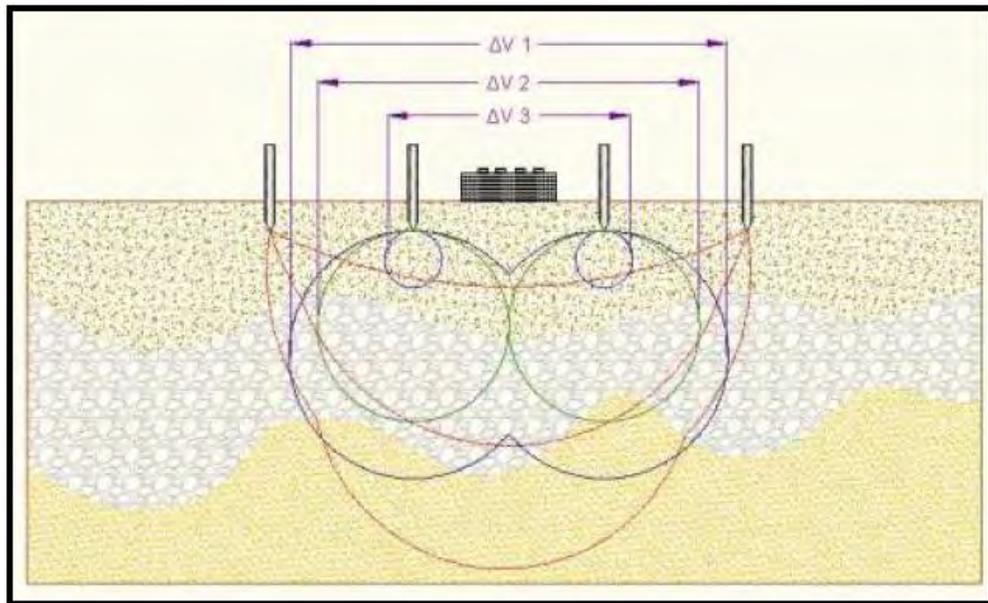
6.1.1 INTRODUCCION

Las Tomografías Eléctricas Resistivas (TER) son métodos geofísicos de exploración o Ingeniería Geofísica, los cuales están constituidos por una serie de técnicas que permiten medir las variaciones de diversas propiedades físicas en los materiales que forman la corteza terrestre tales como: densidad, susceptibilidad magnética, velocidad de propagación de las ondas elásticas, resistividad eléctrica o la radioactividad natural de las rocas, entre otras. La medición y distribución de estas variaciones, permite inferir algunas condiciones litológicas y estructurales del subsuelo, correlacionando los valores medidos o zonas anómalas, con los efectos calculados de los modelos de laboratorio, en los que se conocen las relaciones causa-efecto en términos de una función matemática.

La Tomografía Eléctrica Resistiva es una técnica geofísica para generar secciones o perfiles del subsuelo en base a mediciones de caída de potencial eléctrico. Éste método consiste en inyectar una corriente al interior del suelo, la cual, regresa al voltímetro en forma de una diferencia de potencial (ΔV) producto de las variaciones en resistencia que resultan de cada tipo de material o estrato de suelo (Figura 18.); sabiendo de antemano que cada tipo de material tiene diferente manera a “resistir” una corriente eléctrica, los buenos conductores o materiales humedecidos presentan una resistencia baja a la inyección de corriente, mientras que materiales aislantes presentan resistencias eléctricas mayores (Figura 19.). Lo anterior, es relativo a diversos parámetros geológicos como el contenido

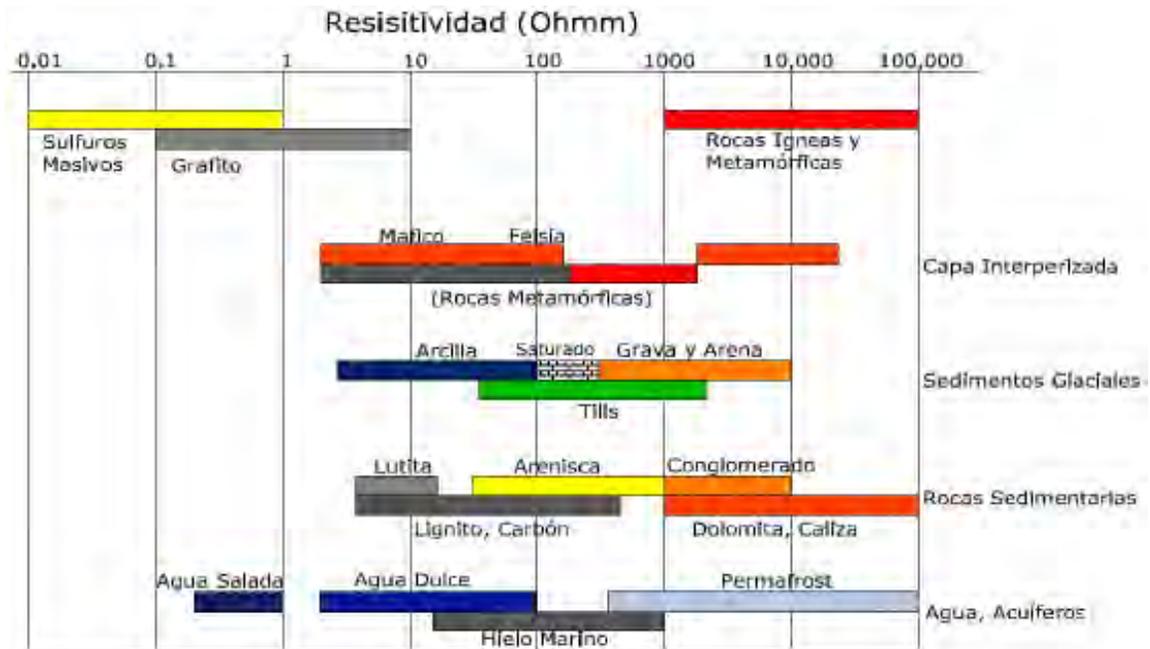
mineralógico y de humedad, así como la porosidad y grado de saturación de agua dentro del material de estudio. Durante décadas, los Estudios de Resistividad Eléctrica han sido utilizados en investigaciones sobre hidrogeología, geotecnia y también actualmente en estudios ambientales (Loke 2004).

Figura 18. Principio teórico de operación de las TER's.



Fuente: aplicación de la tomografía eléctrica para la caracterización de un deslizamiento de ladera en un vertedero, Aracil Ávila, José Ángel.

Figura 19. Rangos de resistividad para diferentes materiales.



Fuente: aplicación de la tomografía eléctrica para la caracterización de un deslizamiento de ladera en un vertedero, Aracil Ávila, José Ángel.

Se describe en este trabajo la metodología empleada para realizar levantamientos geofísicos de resistividad, aplicados a estudios del subsuelo enfatizando el hecho de que son métodos totalmente indirectos. El objetivo fundamental de tales estudios es el de medir contrastes de resistividad entre estructuras u objetos de interés con las rocas circundantes. Se analiza la importancia del estudio de la resistividad eléctrica de los suelos y se enumeran los factores más importantes que determinan sus valores para diversos materiales geológicos. En lo referente al método de resistividad, se describe a detalle el principio fundamental que gobierna su empleo en la práctica para estudios del subsuelo.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	---	---

La adquisición de datos de campo puede llevarse a cabo con configuraciones de Electrodo que pueden variar su arreglo y que dependen estrictamente del objeto para el cual se realiza la exploración. De introducción reciente es la tomografía eléctrica, técnica multielectrónica en la que todo el proceso de adquisición de datos está totalmente automatizado. Esto nos permite poder realizar un gran número de medidas, tanto en profundidad como lateralmente, en un breve espacio de tiempo (del orden de 500 medidas en una hora y media), obteniendo por tanto modelos 2-D de gran resolución.

6.2 OBJETIVO

Como apoyo al estudio geotécnico y de estabilidad que se está realizando para el convenio interadministrativo UPTC-CORPOCHIVOR, en el sector vereda Piedra larga, del municipio de Ciénega, se realiza un estudio geofísico con la finalidad de determinar el comportamiento del material y continuidad del mismo en profundidad.

6.3 PRINCIPIO DEL METODO GEOFISICO.

6.3.1 Resistividad Aparente:

Está regida por la **ley de Ohm** dice que la intensidad de la corriente que circula entre dos puntos de un circuito eléctrico es proporcional a la tensión eléctrica entre dichos puntos. Esta constante es la conductancia eléctrica, que es la inversa de la resistencia eléctrica.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR -CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

La intensidad de corriente que circula por un circuito dado es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo.

La ecuación matemática que describe esta relación es:

$$I = GV = \frac{V}{R}$$

Donde, I es la corriente que pasa a través del objeto en amperios, V es la diferencia de potencial de las terminales del objeto en voltios, G es la conductancia en siemens y R es la resistencia en ohmios (Ω). Específicamente, la ley de Ohm dice que R en esta relación es constante, independientemente de la corriente.

Definición.

Es la variable experimental que expresa los resultados de las mediciones en TGe y la que se toma como base para la inversión y posterior interpretación. Esta está definida por la ecuación:

$$\rho a = K = \frac{\Delta V}{I}$$

Donde K es la constante de normalización de cada dispositivo o factor geométrico, ΔV es la diferencia de potencial medido sobre el terreno, e I la corriente inyectada.

Su relación con los elementos del Subsuelo.

En la Tabla 10, se observan los valores de resistividad de las rocas más comunes,



materiales de suelo y algunas sustancias químicas (Keller y Frischknecht 1966, Daniels y Alberty 1996, Orrellana 1982).

El suelo es una mezcla de partículas sólidas, gases, agua y otros materiales orgánicos e inorgánicos. Esta mezcla hace que la resistividad del suelo aparte de depender de su composición intrínseca, dependa de otros factores externos como la temperatura, la humedad, presión, etc. que pueden provocar que un mismo suelo presente resistividades diferentes con el tiempo. De entre todos los factores, la humedad es el más importante; además, es el que se puede alterar más fácilmente mediante la lluvia o el riego del suelo.

Diferentes contenidos de humedad en un mismo terreno darían lugar a resistividades diferentes que podrían llevarnos a interpretaciones erróneas de los materiales constituyentes del suelo. En la Tabla 10 se encuentra un conjunto de valores típicos de resistividad de geomateriales.

Tabla 10. Resistividades de algunos suelos y rocas.

Material	Resistividad (Ω m)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Basamento. Roca fracturada	1500-5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2000
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	100-300

Fuente: Exploración Geotécnica-Relaciones Geoelectricas- DANIEL EDUARDO ARIAS.

6.3.2 Dispositivos:

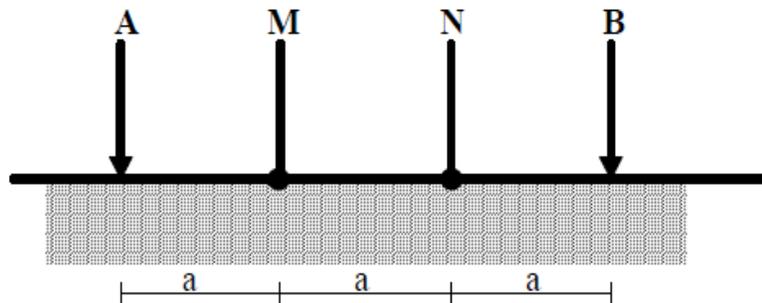
Un dispositivo es un arreglo de electrodos formado con dos pares de electrodos, dos emisores y dos receptores. A través de los electrodos emisores C1C2 se inyecta la corriente continua al terreno midiendo su intensidad con un miliamperímetro en serie, y a través del segundo par se mide la diferencia de potencial entre los electrodos P1P2 con un Milivoltímetro. Se tienen arreglos donde uno o dos electrodos se conectan a una distancia lo suficientemente grande, denominados remotos o infinitos, a la cual no producen perturbaciones en la zona de estudio.

En cualquier dispositivo electródico, si conocemos el factor geométrico k , la corriente eléctrica I inyectada por los electrodos A y B, y la diferencia de potencial entre los electrodos M y N, podemos calcular la resistividad aparente mediante $\rho = k \Delta V / I$. El dispositivo utilizado en la tomografía realizada fue el siguiente:

6.3.2.1 Dispositivo Wenner.

Los electrodos se disponen equidistantes sobre una línea en el orden AMNB (Figura 20.)

Figura 20. Dispositivo Wenner.



Fuente: Aplicaciones de la tomografía eléctrica 2-d al estudio del subsuelo Javier S. Salgado.

El factor geométrico del dispositivo se deduce de $K = 2\pi(1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN)^{-1}$, donde $K = 2\pi a$

6.4 METODOLOGIA

En su sentido más amplio la Tomografía es una técnica geofísica para el estudio del subsuelo que consiste en determinar la distribución de un parámetro físico característico del mismo dentro de un ámbito espacial limitado, a partir de un

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

número muy elevado de medidas realizadas desde la superficie del terreno o desde sondeos.

La Tomografía eléctrica tiene por objetivo específico determinar la distribución real de la resistividad del subsuelo en el ámbito comprendido entre dos sondeos o bien hasta un cierto rango de profundidad a lo largo de un perfil de medida, a partir de los valores de resistividad aparente obtenidos mediante medidas realizadas por métodos convencionales de corriente continua. Un factor clave de esta técnica es el número y distribución de las medidas de campo ya que de él depende tanto su resolución como la profundidad de investigación. Como regla general, un estudio mediante Tomografía eléctrica requiere la obtención de un número muy elevado de datos, con un pequeño espaciado entre medidas para conseguir la necesaria resolución lateral que viene dada por la siguiente fórmula:

$$d = X_{total} / N^{\circ}electrodos$$

Donde:

d= Distancia entre electrodos

Xtotal= Distancia de la línea extendida

N°electrodos= electrodos a utilizar

También que las medidas se realicen involucrando de forma progresiva varios rangos de profundidad.

El resultado final de este tipo de estudio es una sección distancia-profundidad con la distribución de la resistividad real del subsuelo, fácilmente comprensible en términos geológicos o geotécnicos. Para obtener estos resultados se procede a



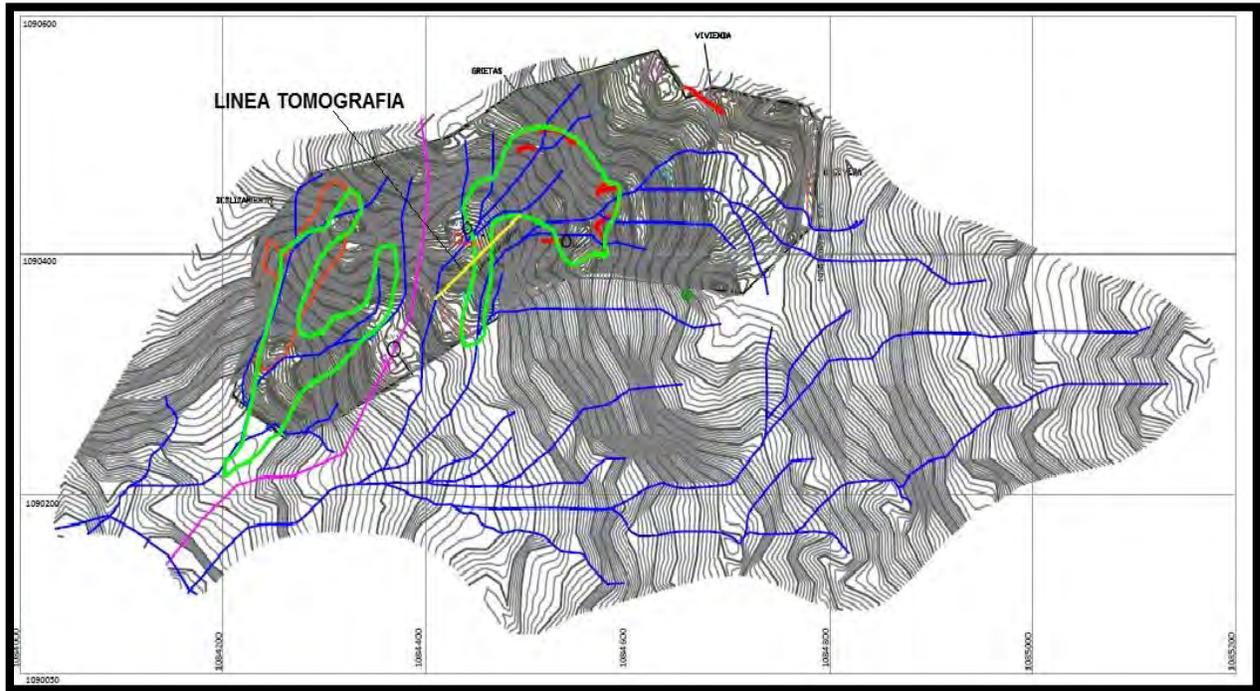
insertar los parámetros para el cálculo y la medición de las resistividades en campo, utilizando el método o dispositivo de Wenner.

Para la realización de las tomografías en el sector vereda Piedra larga, del municipio de Ciénega, se utilizó el equipo TERRAMETER LS 04-064-250 propiedad de la U.P.T.C., con 2 carretes de 210 mts cada uno, 41 electrodos conectados cada uno respectivamente al equipo, para obtener así la siguiente línea con su respectivo análisis.

6.4.1 TOMOGRAFIA N°1

Localizada en la parte alta del deslizamiento Coordenadas parte inicial X: 1084490, Y: 1090453, parte final X: 1084421, Y: 1090349, orientación N40°E, con una longitud de 133 mts., profundidad obtenida de 24 mts., y los electrodos conectados a una distancia de 3.25 mts cada uno, ver Figura 21. .

Figura 21. Imagen mapa topográfico Ciénega.



Fuente: Resultado del estudio.

Fotografía 18. Parte media del deslizamiento.



Fuente: Registro fotográfico.

Fotografía 19. Equipo TERRAMETER LS 04-064-250.



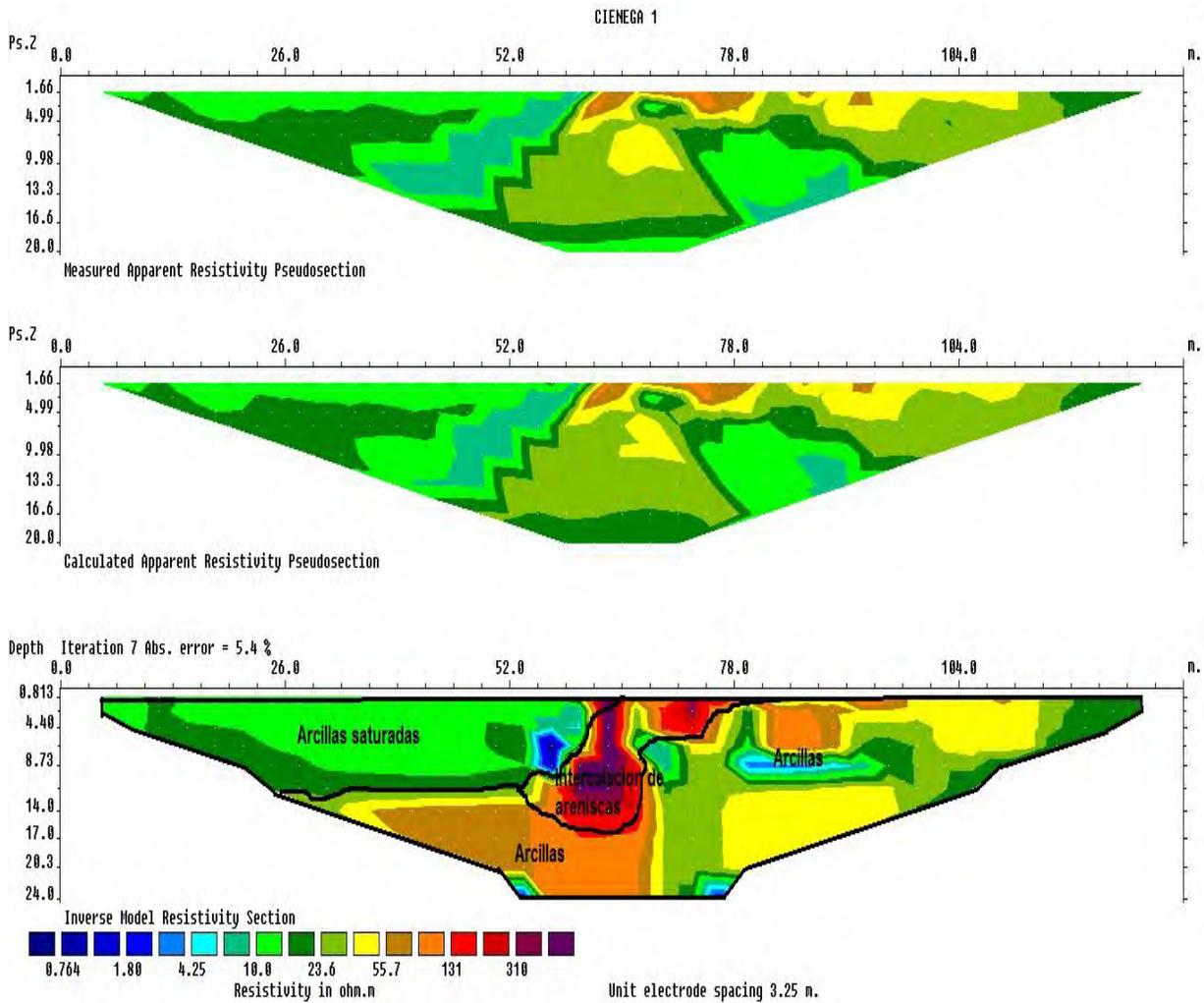
Fuente: Registro fotografía.

Tabla 11. Resistividad e interpretación geológica de la zona de estudio

MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)	RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
1	0 – 10	0.764 – 23.6	Arcillas saturadas
2	0 – 24	20 - 40	Arcillas
3	0 – 16.	80 - 300	Intercalacion de areniscas

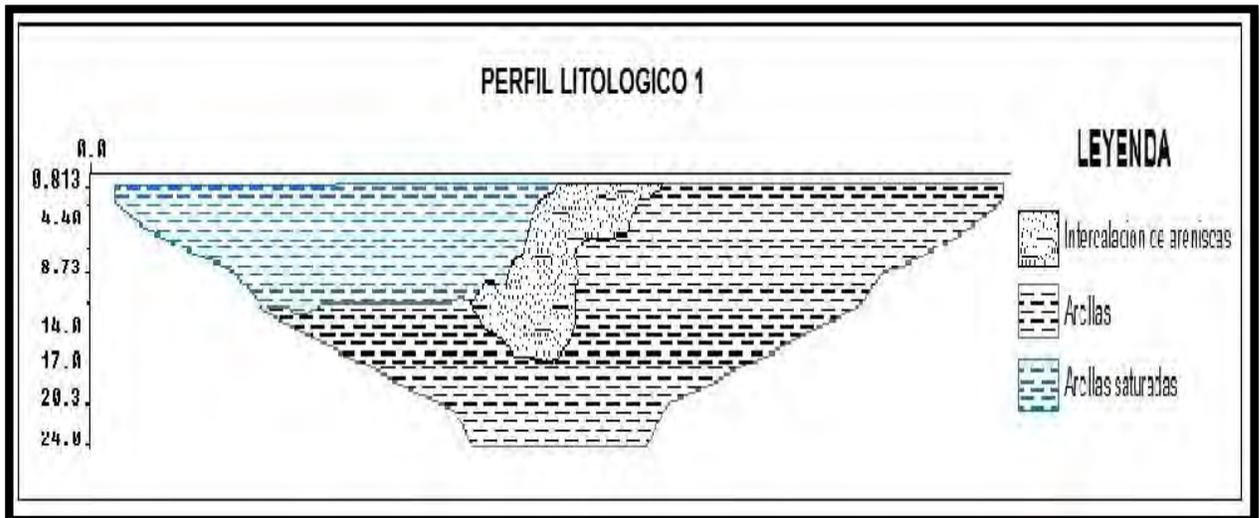
Fuente: Resultado del estudio.

Figura 22. Perfil 1 tomografía.



Fuente: Resultado del estudio.

Figura 23. Perfil litológico 1



Fuente: Resultado del estudio.

6.4.2 RESULTADOS

Con ayuda del software Res2DINVX64, se relacionaron datos de las respectivas resistividades de los materiales del área obtenidas por el equipo, resultando así el modelamiento del talud, donde se observan que el área está conformada por tres unidades Geoelectricas bien definidas, donde encontramos niveles de arcillas saturadas con rangos de resistividades que oscilan entre 0.764 – 23.6 Ω *m, arcillas con resistividades que van desde 20 - 40 Ω *m, y finalmente intercalación de areniscas saturadas y no saturadas que poseen resistividades que oscilan entre 80 - 300 Ω *m, ver Figura 22. y Figura 23. .

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

7 GEOTECNIA

En este capítulo se consignan los aspectos relacionados con la evaluación geotécnica de los fenómenos de remoción en masa (FRM) presentes en la vereda Piedra larga, sector el plano, municipio de Ciénega, sucedidos desde hace unos años, y que han evolucionado hasta afectar considerablemente viviendas presentes en la zona.

Las principales fuentes de información para el estudio geotécnico fueron la observación de campo, los datos obtenidos de la exploración geofísica y geológica, la exploración directa y las pruebas de laboratorio.

A partir de la información obtenida, se realizó el diagnóstico de los distintos fenómenos de remoción en masa, estableciendo hipotéticamente los mecanismos de falla y planteando las medidas aplicables para el tratamiento de las zonas inestables.

7.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO

7.1.1 Exploración indirecta del sub suelo

La exploración indirecta del sub suelo se realizó por medio de tomografías geoelectricas como se observa en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el cual se llevó a cabo después de determinar que el método geoelectrico convencional SEV, no aporta ningún tipo de información importante cuando se aplica al estudio de deslizamientos por tratarse de un medio muy fracturado con altas pendientes además de ser un material removido y saturado.

7.1.2 Sondeos geotécnicos

7.1.3 Exploración indirecta del sub suelo

La exploración indirecta del sub suelo se realizó por medio de tomografías geoelectricas como se observa en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el cual se llevó a cabo después de determinar que el método geoelectrico convencional SEV, no aporta ningún tipo de información importante cuando se aplica al estudio de deslizamientos por tratarse de un medio muy fracturado con altas pendientes además de ser un material removido y saturado.

7.1.3.1 Exploración directa del sub suelo.

La exploración directa del sub suelo consiste en la realización una apique y una trinchera, De estos se tomaron muestras alteradas e inalteradas para realizar los ensayos pertinentes para caracterizar los materiales presentes en esta zona. Además se realizaron sondeos a profundidades de que van de 6,4 hasta los 10 metros de y sus ubicaciones se relacionan en la siguiente tabla. Se realizaron también los ensayos de propiedades índices y propiedades mecánicas.

Tabla 12. Coordenadas de los sondeos realizados

Ciénega			
Sondeo	Coordenadas		Profundidad (metros)
	Este	Norte	
trinchera	1,084,658	1,090,404	1
Apique	1,084,658	1,090,404	9,6
sondeo 1	1,084,422	1,090,367	9,6
sondeo 2	1,084,637	1,090,471	10,4

Fuente: Resultados de la Investigación.

De estos se obtuvieron perfiles geotécnicos del sitio como se observa en la Figura 24.

Fotografía 20. **Perforación realizada en la zona de estudio**



Fuente: Registro Fotográfico.

También se caracterizó las rocas aledañas al deslizamiento y se realizó la toma de muestras tamaño puño para realizar la caracterización de sus propiedades físicas y algunos pequeños bloques para realizar ensayos en laboratorio como til test y cargas por punta con el fin de conocer su resistencia, a la vez se realizó el mapeo en estos puntos donde se hizo el levantamiento de discontinuidades en los puntos donde se pudo observar la roca aflorante.

Los puntos de toma de muestras se relacionan en la Siguiete tabla.

Tabla 13. Puntos de tomas de muestras de rocas aflorantes.

Formación	E	N	Z	Descripción
Kshc	1084379	1090400	2277	Arcillolita Limosa
Kcsn	1084329	1090429	22285	Arenisca
Kv2	1084654	1090407	2351	Arenisca

Fuente: Resultados de la Investigación.

Fotografía 21. Punto de rocas aflorantes en la cercanía del deslizamiento y zona de mapeo geológico.



Fuente: Registro Fotográfico.

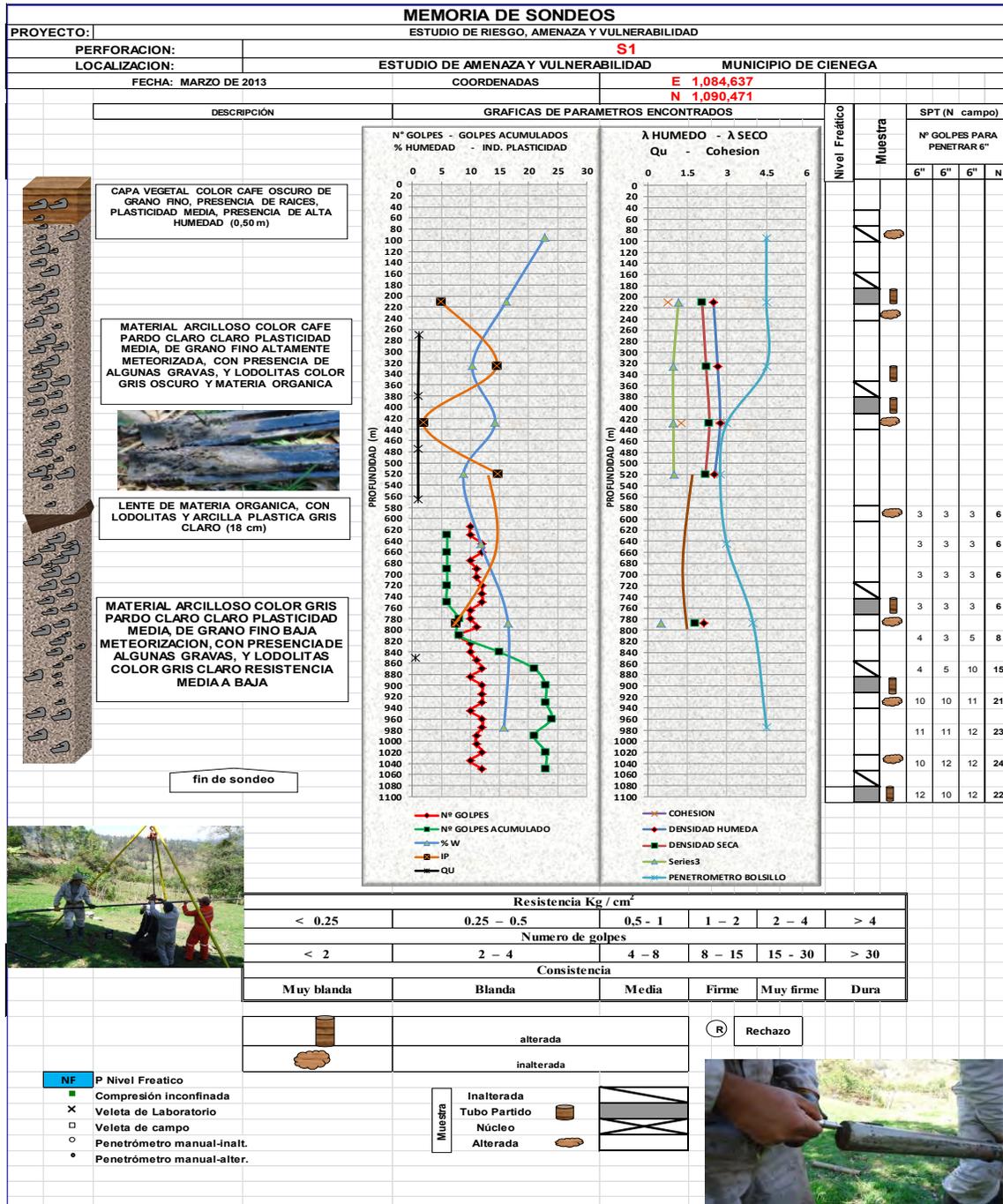
		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

7.2 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO

7.2.1 Trabajos de Laboratorio

En el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron pruebas índice (Límites de Atterberg, Granulometría, humedad natural, peso unitario), compresión inconfiada y corte directo. A demás de propiedades físicas de las rocas presentes en la zona de estudio, a continuación se realiza una descripción de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas concluyendo con un numeral con los resúmenes de los resultados de estas pruebas.

Figura 24. Perfil Geotécnico S2



Fuente: Resultado del estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PIEDRA LARGA, SECTOR EL PLAN, MUNICIPIO DE CIENEGA, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	---	---

7.3 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO

7.3.1 Trabajos de Laboratorio

De acuerdo con el muestro anterior y con las muestras recolectadas tanto en los sondeos (Suelos) y en los afloramientos (Rocas), en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron pruebas índice (Límites de Atterberg, Granulometría, humedad natural, peso unitario), compresión inconfinaada y corte directo. A demás de propiedades físicas y mecánicas de las rocas presentes en la zona de estudio, a continuación se realiza una descripción de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas concluyendo con un numeral con los resúmenes de los resultados de estas pruebas.

7.3.2 Trabajos de Laboratorio

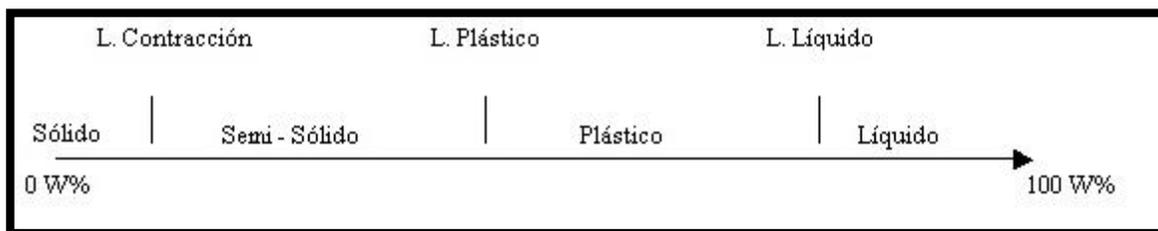
De acuerdo con el muestro anterior y con las muestras recolectadas tanto en los sondeos (Suelos) y en los afloramientos (Rocas), en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron pruebas índice (Límites de Atterberg, Granulometría, humedad natural, peso unitario), compresión inconfinaada y corte directo. A demás de propiedades físicas y mecánicas de las rocas presentes en la zona de estudio, a continuación se realiza una descripción de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas concluyendo con un numeral con los resúmenes de los resultados de estas pruebas.

7.3.2.1 Propiedades índices de los suelos

Límites de Atterberg: El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse.

Atterberg definió tres límites para la clasificación del suelo; el de retracción o consistencia que separa el estado de sólido seco y el semisólido, el límite plástico, que separa el estado semisólido del plástico y el límite líquido, WL, que separa el estado plástico del semilíquido; estos dos últimos límites (los más usados en la práctica) se determinan con la fracción de suelo que pasa por el tamiz n.º 40 A.S.T.M (0,1 mm)

Figura 25. Límites de Atterberg



Fuente: Juárez Badillo y Rico Rodríguez

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

Humedad natural: Se denomina humedad natural o contenido de agua de un suelo, a la relación entre el peso de agua contenido en el mismo y el peso de su fase sólida, este se expresa como porcentaje.

Peso unitario: El peso unitario es definido como la masa de una masa por unidad de volumen. El peso unitario del suelo varía de acuerdo al contenido de agua que tenga el suelo, que son: húmedo (no saturado), saturado y seco.

Granulometría: Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

7.3.2.2 Propiedades índices de las rocas

La roca como agregado de mineral presenta características físicas que influyen en su respuesta mecánica, además algunos de estos parámetros son importantes en el diseño y construcción de obras ingenieriles.

Se establecieron propiedades físicas tales como:

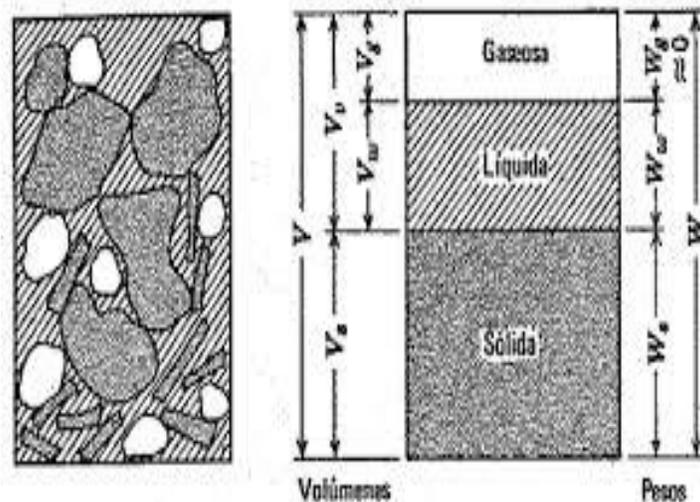
- Densidad total de la muestra (d_t)
- Densidad seca de la muestra (d_d)
- Densidad saturada de la muestra (d_{sat})
- Porcentaje de humedad ($d \%$)
- Porcentaje de saturación ($S\%$)
- Porosidad ($n\%$)
- Relación de vacíos (e)

- Peso específico (d_s (KN/m³))
- Peso específico seco (d_d (KN/m³))
- Peso específico saturada (d_{sat} (KN/m³))

La determinación de las propiedades físicas se basa en el establecimiento de los pesos y volumen de la probeta o muestra de la roca de roca y/o mineral, siendo los equipos y accesorios en la mayoría de los casos los de un laboratorio químico y/o metalúrgico. Y están constituidas por:

- Una balanza de precisión en grs.
- Un horno ventilado.
- Vasos de precipitación.
- Agua destilada.

Figura 26. Manera de establecer las fases de la roca



Fuente: Juárez Badillo y Rico Rodríguez

Fotografía 22. **Medición de volumen de la muestra para establecer propiedades físicas de la roca.**



Fuente: Registro Fotográfico

7.3.2.3 Propiedades mecánicas de los suelos

Compresión no confinada: El objetivo primario del ensayo de compresión no confinada es obtener rápidamente un valor aproximado de la resistencia a la compresión de los suelos que tienen suficiente cohesión para ser sometidos a dicho ensayo.

Fotografía 23. Muestra fallada en el ensayo de compresión no confinada.

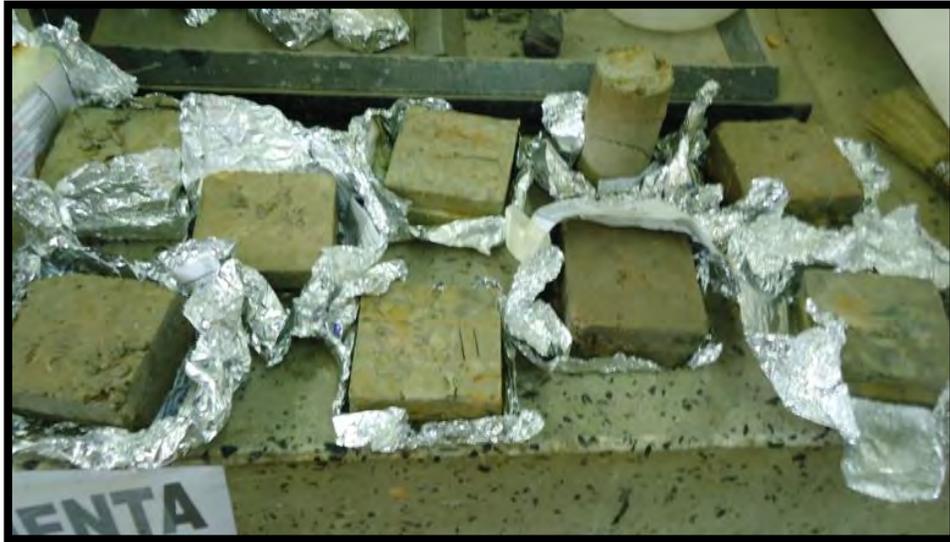


Fuente: Resultado del estudio.

Corte directo: Con el ánimo de establecer la resistencia al corte de algunos de los materiales más débiles dentro del área de estudio, se llevaron a cabo pruebas de corte directo en los suelos presentes para establecer las condiciones de resistencia disponible en la zona y llegar a realizar el análisis con respecto a las fuerzas actuantes.

Nota (*): Debido al grado de alteración se optó por realizar las pruebas de corte directo con muestras remoldeadas, esto tanto como para las pruebas de corte directo como para compresión no confinada.

Fotografía 24. Muestras a las que se les realizo la prueba de corte directo.



Fuente: Resultado del estudio.

7.3.3 Propiedades mecánicas de las rocas

Ensayo de Tilt Test: Este ensayo permite estimar el ángulo de rozamiento de una discontinuidad o ángulo de fricción básico de la matriz rocosa para condiciones de bajos niveles de esfuerzo normal.

Fotografía 25. Ensayo de Tilt Test



Fuente: Registro Fotográfico del estudio.

Carga puntual: También denominado PLT (point load test) o ensayo Franklin. Se utiliza para determinar la resistencia a compresión simple de especímenes de roca, a partir de una correlación con el índice de carga puntual corregido (Is_{50}), obtenido de este ensayo.

Fotografía 26. **Ensayo de carga por punta o ensayo Franklin.**



Fuente: Registro Fotográfico del Proyecto.

7.3.4 Resumen de resultados

En general los ensayos realizados reflejan la particularidad de materiales finos en el subsuelo según la Carta de Clasificación de Casagrande, los suelos fueron clasificados dentro del grupo CL (material limoso de baja plasticidad) correspondientes al material de relleno, arcillas limosas, con peso unitario de 1.9 – 3.25 gr/cm³, con límite líquido < 50% e IP entre 28% y 48%.

Los resultados de las propiedades mecánicas reflejan una resistencia a la compresión simple de 0.5 – 5.71 kg/cm², cohesión de 0.26 – 2.85 Kgf/cm²,



ángulos de fricción entre 8° y 13°. Estos resultados de las propiedades físicas y mecánicas se utilizaron para el análisis de estabilidad. En el anexo 4, se presentan los formatos correspondientes a los ensayos de laboratorio, de los cuales se presenta una tabla resumen (Tabla 14).

En cuanto a las rocas presentes se obtuvieron pesos específicos de entre los valores de 20 a 24 kN/m³ en las diferentes rocas, con ángulos de rozamiento residual de que varían entre 30° y 35° y resistencias obtenidas por el ensayo de carga puntual de 14 – 42 MPa.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

7.4 Clasificación del Macizo Rocoso.

“Las clasificaciones de macizos rocosos fueron diseñadas u organizadas con la finalidad de obtener los parámetros geomecánicos que permitan un fácil manejo en el diseño de las obras de ingeniería. Los macizos rocosos, como medios discontinuos, presentan un comportamiento geomecánico complejo que, de una forma simplificada, puede ser estudiado y categorizado en función de su aptitud para distintas aplicaciones.” (González de Vallejo, 2002). Para el estudio fueron utilizadas las clasificaciones en función del R.Q.D., la clasificación geomecánica de Bienawski (R.M.R.), y la clasificación del índice geológico de resistencia (GSI) propuesto por Hoek y Brown.

7.4.1 Índice de Calidad de la Roca (RQD):

EL RQD determina el grado de fracturación del macizo rocoso. Este parámetro se puede determinar a partir de núcleos de roca recuperados en sondeos con longitud mayor de 10cm; a partir del número volumétrico de juntas (J_v), como el número de discontinuidades por metro cúbico de macizo; o, en función de la frecuencia de discontinuidades (λ), que indica el número de juntas por metro lineal en el macizo. Para el proyecto se determinó por medio de la frecuencia de discontinuidades obtenida del mapeo geológico y de la descripción de las perforaciones de exploración. La determinación del RQD a partir de la frecuencia de discontinuidades se puede realizar por medio de la siguiente expresión que proporciona el valor teórico mínimo del RQD:

$$RQD = 100 \exp^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1)$$

Donde,

λ : Número de discontinuidades por distancia medida.



En profundidad se obtuvo el R.Q.D. por zona, a partir del registro detallado de las perforaciones. Los valores del parámetro RQD se representan en los siguientes rangos:

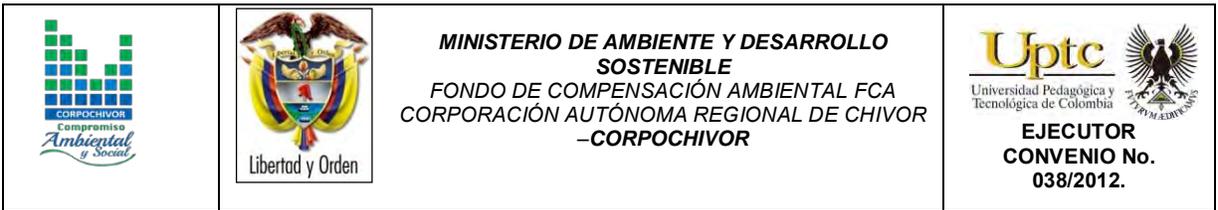
- 1: <25%: Muy Mala (MM)
2. 25-50: Mala (M)
3. 50-75: Regular(R)
- 4: 75-90: Buena (B)
- 5: 90-100: Muy Buena (MB)

Para las medidas superficiales tomadas en el mapeo geológico, se obtuvo un resultado de RQD dentro del rango **90-100%**, lo cual indica una muy buena calidad del macizo según los rangos establecidos para esta caracterización.

7.4.2 Clasificación Según el RMR:

Desarrollado por Bieniawski en 1973, con actualizaciones en 1979 y 1989, constituye un sistema de clasificaciones de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo. Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geotécnicos:

- Resistencia a la compresión uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturación en términos del RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones de agua subterránea.
- Corrección por la orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.



La incidencia de estos parámetros en el comportamiento geomecánico de un macizo rocoso se expresa por medio del **índice de calidad RMR**, *rock mass rating*, que varía de 0 a 100. (Gonzales de Vallejo, 2002).

Los rangos para la clasificación del **índice de la calidad RMR** son de acuerdo a las siguientes clases:

- I Muy Buena 100-81
- II Buena 80-61
- III Media 60-41
- IV Mala 40-21
- V Muy Mala menos a 20

Procesando los resultados para cada banco e intercalación de la prueba de resistencia a compresión simple, de R.Q.D., de las condiciones de discontinuidades, de las condiciones de agua subterránea de acuerdo a lo observado en campo y, realizando la corrección correspondiente, fue posible realizar la clasificación geomecánica del macizo rocoso. En el Tabla 15 se muestra el resultado de la clasificación por el método RMR

Tabla 15. Resumen de Resultados de la Clasificación RMR

Parámetro de clasificación		CIÉNEGA			
		Areniscas (Ksch)		Areniscas (Kv2)	
		Parámetro	Valuación	Parámetro	Valuación
Resistencia Compresión simple (MPa)		50,00	7	41	7
R.Q.D (%)		Buena+	15	MB	20
Separación de las discontinuidades		Mj	8	Mj	10
Estado de las discontinuidades	Rugosidad - JRC	Muy Rugosa	6	Rugosa	5
	Abertura	Cerrada	6	0,1-1mm	4
	Relleno	Duro	5	Suelos Resi.	3
	Alteración	Mod. Alt.	3	Lige. Alt.	5
	Continuidad	1-3 m	3	3-10 m	3
Agua subterránea		LIG. HÚMEDO	12	LIG. HÚMEDO	12
VALORACIÓN RMR		65		69	
VALORACIÓN GSI		60		64	
VALORACION DE Q'		10,3		16,1	
Ajuste	Favorables/Medias	-5	-25	-5	-25
VALOR RMR		60	40	64	44
Clase		III Media	IV Mala	II Buena	III Media

Fuente: Resultados de la Investigación.

Estos valores fueron establecidos para los puntos relacionados en la siguiente tabla.

Tabla 16. Puntos de Control para realizar la clasificación geomecanica.

Formación	E	N	Z	Descripción
Ksch	1084379	1090400	2277	Arenisca
KV2	1084542	1090036	2287	Arenisca

Fuente: resultados del estudio

7.4.3 Clasificación Según el Índice Geológico de Resistencia (GSI):

Clasificación de macizos propuesta por Hoek y Brown, como un parámetro de condición del macizo rocoso en función de la condición estructural y del estado de las discontinuidades, para la aplicación del criterio generalizado de Hoek y Brown (2002), con el fin de establecer la envolvente de resistencia del macizo rocoso. Para su determinación se propone la utilización de la Figura 27. .

Figura 27. Guía para la definición del Índice geológico de resistencia (GSI).

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (GSI)	Condición de la superficie				
	Disminución en calidad de superficie				
	Muy buena	Buena	Moderada	Escasa	Muy escasa
 INTACTA O MASIVA - macizo rocoso con pocas discontinuidades, carente de planos de deformación.	80	70			
 POCO FOLIADA - macizo rocoso parcialmente fracturado con hasta tres sistemas de discontinuidades. Puede contener intercalaciones de rocas foliadas.		60	50		
 MODERADAMENTE FOLIADA - macizo rocoso fracturado constituido por intercalaciones de rocas foliadas y no foliadas en proporciones semejantes.			40	30	
 BRECHADA - macizo rocoso muy alterado tectónicamente con aspecto brechoide.				20	10
 MUY FOLIADA - macizo rocoso plegado, altamente fracturado, constituido únicamente por rocas muy foliada.	N/A	N/A			0

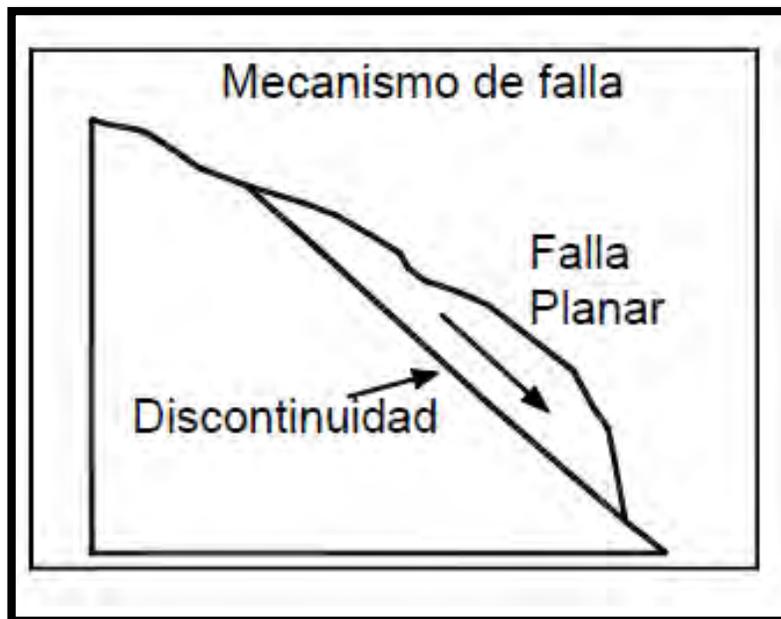
Fuente: Resultados de la Investigación.

Dada la sencillez de la guía para la determinación del GSI, y en cierta medida su subjetividad se propone para valores de GSI mayores que 25 que este pueda ser establecido a partir del valor de clasificación RMR89, teniendo en cuenta que se debe tomar el valor RMR sin corrección por orientación de discontinuidades y una valuación de condiciones de agua subterránea igual a 15. De acuerdo a lo anterior el valor de GSI 60.

7.5 CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS

Los deslizamientos tipo planar son controlados estructuralmente por la inclinación de las estructuras respecto.

Figura 28. Cinemática del Movimiento de falla planar.



Fuente: Deslizamientos - análisis Geotécnico [Jaime Suarez]

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

7.6 CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

7.6.1 Causas Reales

Las causas directas de los fenómenos de remoción en masa corresponden a aquellos factores inherentes a la naturaleza del terreno, que lo hace potencialmente inestable. La ocurrencia generalmente está relacionada con la saturación de los materiales subsuperficiales. Algunos suelos absorben agua muy fácilmente y la saturación conduce a la formación del movimiento, también la susceptibilidad geomorfológica dadas las altas pendientes de algunos sectores, el tipo de material por tratarse de material coluvial, la condición de los materiales rocosos subyacentes al suelo, que se encuentra muy fracturado como producto del intenso fallamiento presente.

7.6.2 Causas Inmediatas

Las causas inmediatas son también conocidas como detonantes de la inestabilidad, y corresponden a aquellos factores exógenos que producen en ultimas los movimientos del terreno.

Como detonantes de los eventos se han establecido los siguientes:

- La baja capacidad de capturar agua del material pero no de trasmitirla lo cual hacer que se generen grandes presiones las cuales generan la fuerza indicada para el desplazamiento del movimiento.
- El agua proveniente de las precipitaciones, que aunque no son frecuentes, han ocurrido en épocas que están asociadas a los mayores movimientos ocurridos.
- La baja resistencia al corte o de fricción del material en el cual se produce la superficie de falla.
- El mal uso de suelo, la ocupación de drenajes naturales para regadío de cultivos, tala y pastoreo.



- Los eventos sísmicos con alguna influencia en la zona se constituyen también en factores detonantes.
- Existen otros factores detonantes de menor importancia que pueden mencionarse, como las vibraciones y sobrecargas provenientes del tránsito vehicular, las sobrecargas asociadas a los botaderos y el mal uso del suelo.

7.7 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA

La modelación geotécnica tiene como objetivo verificar las condiciones actuales de estabilidad de la vereda piedra larga, el cual afecta las viviendas presentes en la zona.

Los modelos constituyen simplificaciones de problemas complejos acorde con la realidad, que permiten comprender mejor el funcionamiento de un sistema, son muy utilizados en todas las ciencias, aunque adquieren una gran relevancia en la Ingeniería Geológica, para este modelamiento se deben tener en cuenta tres aspectos fundamentales, Modelo Geológico, Modelo Geomecánico, para así poder llegar al Modelos Geotécnico del comportamiento del terreno (Modelo Numérico). El modelamiento geotécnico se establece con estos criterios, La exploración del subsuelo y las condiciones geológicas encontradas vistas en los numerales anteriores. Debido a la complejidad del fenómeno de remoción en masa se sectorizo en tres partes a las cuales se le realizo su respectivo análisis mostrado en los perfiles de plano de exploración geotécnica.

La modelación se realizó con el programa de estabilidad de taludes Slide V.6, desarrollado por la firma Rocscience de Canadá, el cual trabaja con el método de equilibrio límite y dovelas. Dentro de los métodos de análisis se consideraron el método de fellenius, el método de Bishop simplificado, y el método de Janbu Simplificado y Corregido.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR -CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

Modelamiento del comportamiento hidráulico.

Respecto al agua subterránea, a pesar que en las exploraciones no se encontró un nivel freático, se consideró su efecto con el coeficiente Ru , coeficiente que se define como:

$$Ru = \frac{u}{\sigma_v}$$

u : Presión de poros en la base de la dovela.

σ_v : Esfuerzo vertical total en la base de la dovela.

El coeficiente Ru tiene un rango de variación de 0 (terreno seco) hasta 0,5 (terreno saturado).

Efecto de la Aceleración Sísmica en el Modelo.

El Municipio de Ciénega se encuentra en una zona de Amenaza Sísmica Alta, de acuerdo a la Norma Colombiana Sismorresistente, por tanto el efecto sísmico es un aspecto relevante en la estabilidad de taludes. El efecto sísmico fue considerado con la aplicación de un análisis Pseudoestático a partir de la siguiente expresión:

$$\sum F = m * a$$

Donde,

F: Fuerzas.

m: Masa de la dovela.

a: aceleración.

La aceleración aplicada a cada masa, corresponde a un porcentaje de la aceleración de la gravedad, el cual se define de acuerdo a los coeficientes de aceleración horizontal y vertical propuestos en la norma Sismorresistente y a un coeficiente de reducción del coeficiente de aceleración, de acuerdo a las características del terreno. Para el Municipio de Ciénega los coeficientes de aceleración horizontal (Aa) y vertical (Ad) son iguales a 0.16 y 0.08

respectivamente, de acuerdo a la NSR-10, sin embargo la versión vigente del código colombiano Sismorresistente, indica que los coeficientes se tomen igual al valor mayor, en este caso 0.20 y 0.25. El coeficiente de reducción de los coeficientes de aceleración para suelos y macizos rocosos con R.Q.D menores a 50%, es igual a 0.8 (Tabla 17).

Tabla 17. Coeficientes de aceleración sísmica para el departamento Boyacá

Nº	Municipio	Código	Aa	Av	Zona de Amenaza Sísmica	Ae	Ad
1	Tunja	15001	0.20	0.20	Intermedia	0.15	0.07
21	Chitaraque	15185	0.15	0.20	Intermedia	0.10	0.06
22	Chivatá	15187	0.15	0.25	Alta	0.14	0.07
23	Chivor	15236	0.25	0.25	Alta	0.16	0.08
24	Ciénega	15189	0.20	0.25	Alta	0.16	0.08
123	Zetaquirá	15897	0.20	0.25	Alta	0.16	0.08

Fuente: Título A NSR – 10

Tabla 18. Coeficientes de reducción de coeficientes de aceleración sísmica

MATERIAL	Kst/amax Mínimo	Análisis de Amplificación mínimo
Suelos enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD<50%)	0.8	Ninguno
Macizos rocosos (RQD>50%)	1	Ninguno
Todos los materiales terrosos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas
Todos los materiales terrosos	0.5	Amplificación de onda bidimensional

Fuente: Tabla H.5.2-1 Título H NSR – 2010.

Por tanto el coeficiente de aceleración para análisis Pseudoestático resulta:

$$k = k_{ST} * A_a = 0.8 \times 0.25 = 0.2$$

El método de cálculo utilizado para el caso fue el de equilibrio límite que define el factor de seguridad (F.S.) como:

$$F.S. = \frac{\text{Fuerzas resistentes}}{\text{Fuerzas actuantes}}$$

Con estos elementos se procedió a evaluar las condiciones de estabilidad de la zona.

7.7.1 Análisis estructuralmente controlado

Se realizó un análisis estructuralmente controlado para determinar esas zonas donde es probable posibles mecanismos de falla por consecuencia de las estructuras geológicas, este se realizó respecto a las diferentes direcciones de las laderas presentes en la zona y se obtuvieron los siguientes resultados.

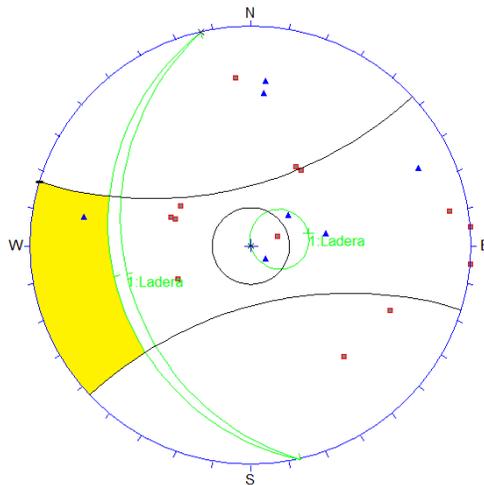
Tabla 19. Resultado análisis estructuralmente estructurado.

Ladera	RUMBO						RANGO BUZAMIENTO		ANÁLISIS CINEMÁTICO			
									PLANAR	VOLTEO	CUÑA	
1	N	33	w	a	N	3	W	10 A 30	SW	POSIBLE	NO POSIBLE	NO POSIBLE

Fuente: Resultados de la Investigación.

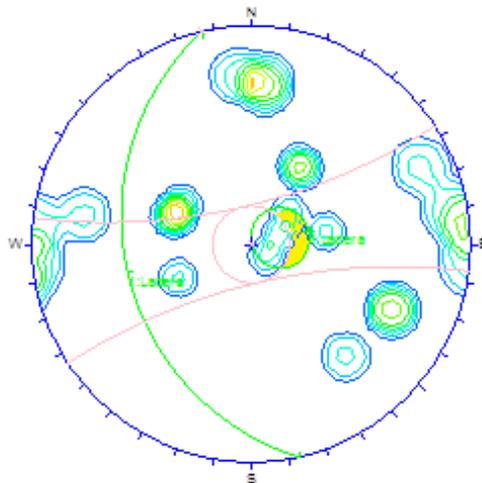
Este análisis se obtuvo del análisis estereográfico como se observa en las siguientes figuras.

Figura 29. Análisis cinemático, falla por volcamiento



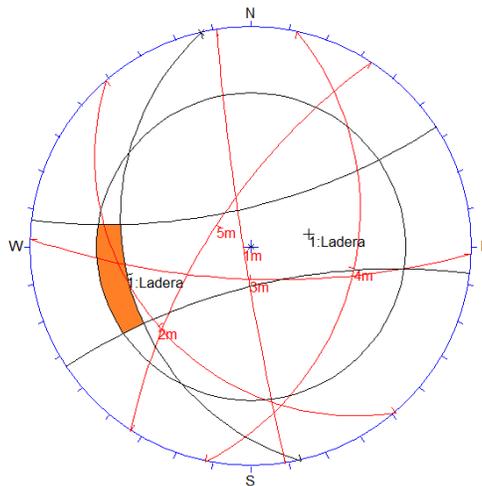
Fuente: Resultados de la Investigación.

Figura 30. Análisis cinemático falla planar



Fuente: Resultados de la Investigación.

Figura 31. Análisis cinemático falla por cuña



Fuente: Resultados de la Investigación.

Una vez realizado este análisis se determinó el posible mecanismo de falla planar, que es causa evidente del fenómeno de remoción en masa, ya que esta estructura facilita el movimiento del mismo.

7.7.2 Análisis estructuralmente no controlado

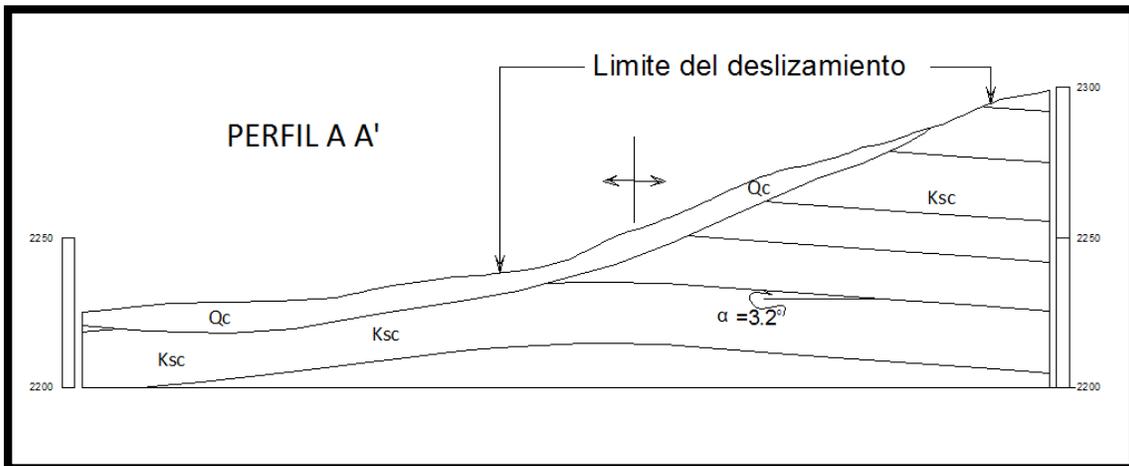
Para el análisis estructuralmente controlado se realizaron diferentes cortes geológicos los cuales se pueden observar en el anexo mapa geológico, estos perfiles fueron analizados y se pudo obtener los factores de seguridad a lo largo del perfil.

El modelo analizado relaciona los datos obtenidos de la campaña de exploración geológica y geotécnica. La parte de geología aporta el perfil geológico y los parámetros mecánicos se obtienen en de los resultados de los diferentes ensayos anteriormente relacionados en el trabajo de laboratorio.

Para este caso se analizaron el perfil A-A', Perfil B-B, y el Perfil C-C', ya que estos son los que comprenden realmente el deslizamiento como tal.

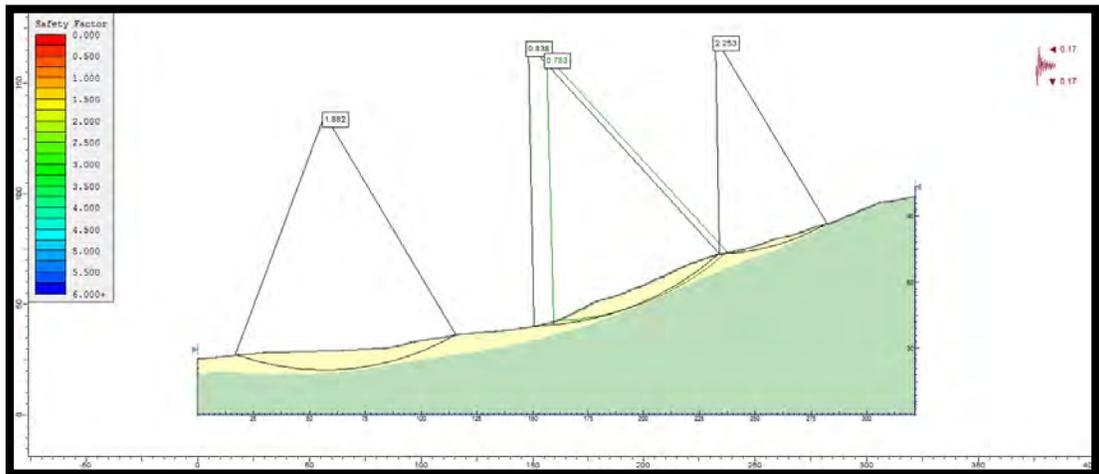
Las propiedades Físico-mecánicas utilizadas son resultado de los diferentes ensayos realizados donde se utilizaron los datos más bajos obtenidos ya que estos reflejan las condiciones críticas del movimiento y en algunos casos se aplicó factores de reducción a los resultados ya algunas pruebas de resistencia se realizaron sobre muestras re moldeadas, esto con el fin de poder llegar a contempla un modelo que se acerque a la verdad y no diciendo que este sea igual.

Figura 32. Perfil geológico A-A'



Fuente: Resultados de la Investigación.

Figura 33. Modelo de análisis perfil A-A'



Fuente: Resultados de la Investigación.

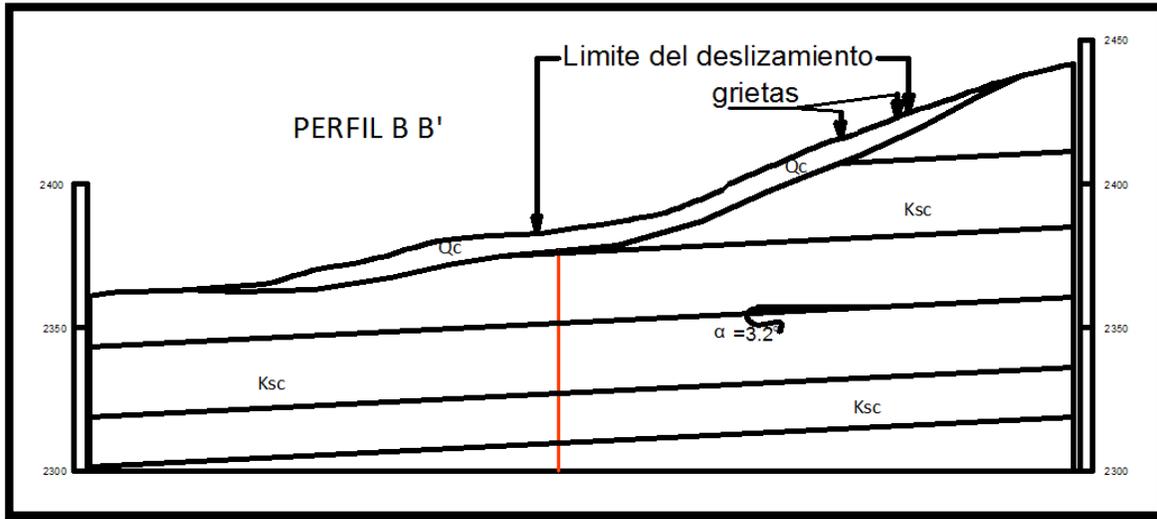
Los resultados de este análisis se relacionan en las siguientes tablas.

Tabla 20. Factores de seguridad para el modelo perfil B-B'

Condición del modelo	Factor de Seguridad			
	Met. Fellenius	Met. Bishop Simplificado	Método de Janbu Simple	Método de Janbu Corregido
Condición de agua subterránea normal (Ru = 0.1)	1.35	1.35	1.348	1.371
Condición de agua subterránea crítica (Ru = 0.3)	1.175	1.171	1.166	1.186
Condición de agua subterránea media (Ru = 0.5) y sismo (análisis Pseudoestático)	0.993	0.988	0.984	1.001

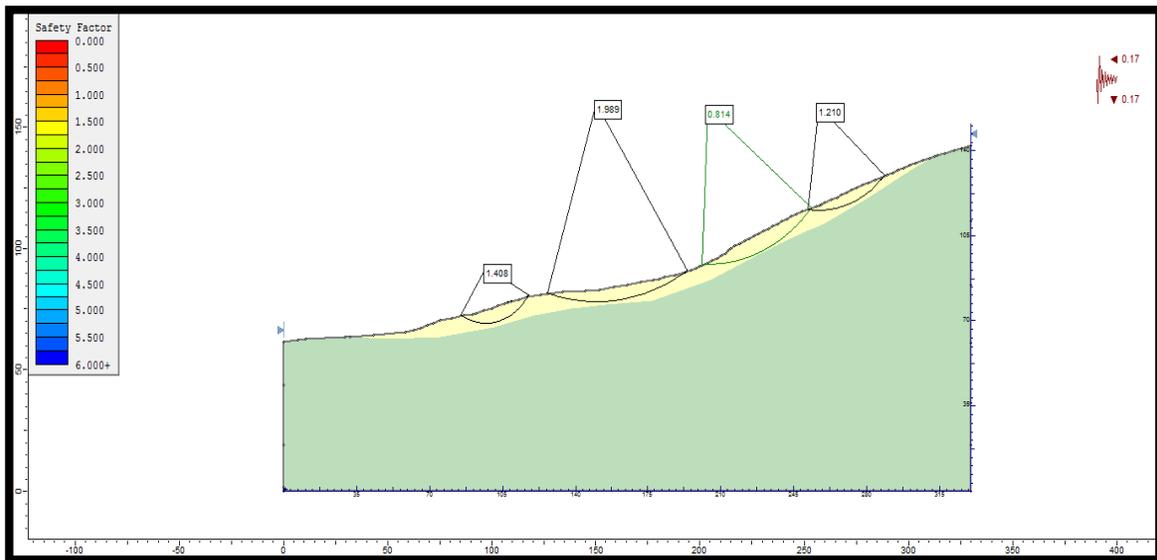
Fuente: Resultados de la Investigación.

Figura 34. Perfil geológico B-B'



Fuente: Resultados de la Investigación.

Figura 35. Modelo de análisis perfil B-B'



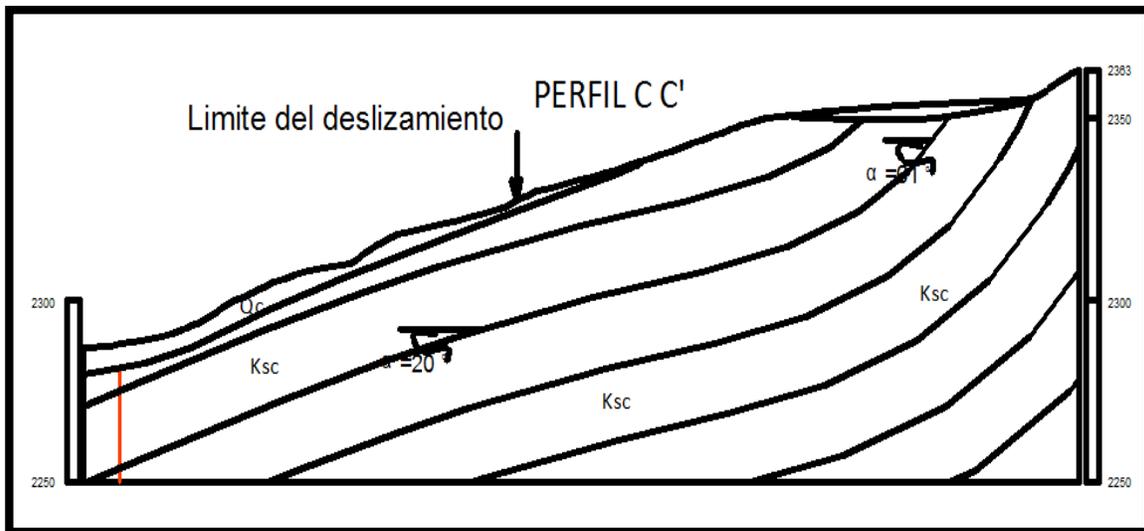
Fuente: Resultados de la Investigación.

Tabla 21. Factores de seguridad para el modelo perfil B-B'

Condición del modelo	Factor de Seguridad			
	Met. Fellenius	Met. Bishop Simplificado	Método de Janbu Simple	Método de Janbu Corregido
Condición de agua subterránea normal (Ru = 0.1)	1.113	1.123	1.106	1.140
Condición de agua subterránea crítica (Ru = 0.3)	0.961	0.963	0.948	0.977
Condición de agua subterránea media (Ru = 0.5) y sismo (análisis Pseudoestático)	0.809	0.802	0.790	0.814

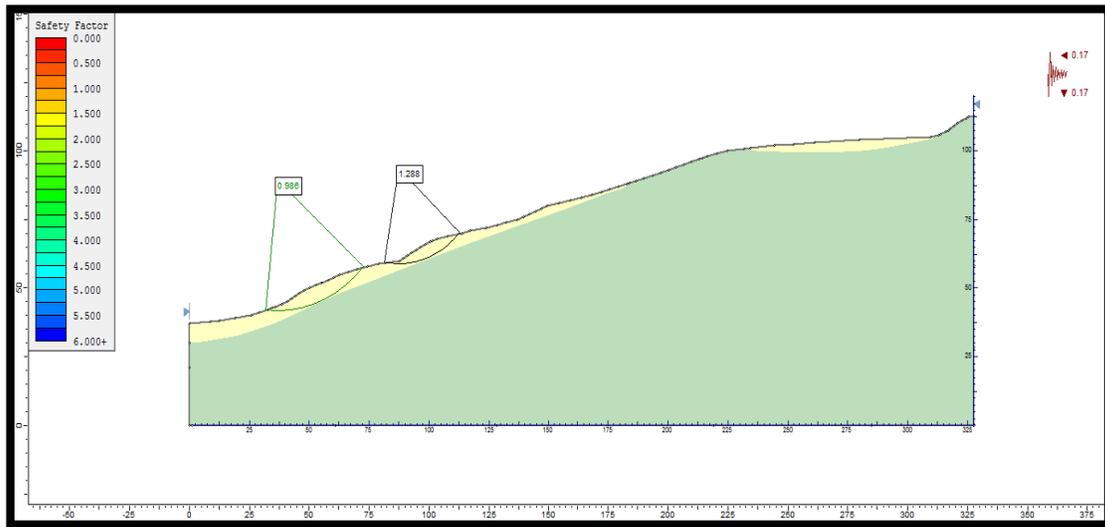
Fuente: Resultados de la Investigación.

Figura 36. Perfil geológico C-C'



Fuente: Resultados de la Investigación.

Figura 37. Modelo de análisis perfil C-C'



Fuente: Resultados de la Investigación.

Los resultados de este análisis se relacionan en las siguientes tablas.

Tabla 22. Factores de seguridad para el modelo perfil C-C'

Condición del modelo	Factor de Seguridad			
	Met. Fellenius	Met. Bishop Simplificado	Método de Janbu Simple	Método de Janbu Corregido
Condición de agua subterránea normal ($R_u = 0.1$)	1.35	1.35	1.348	1.371
Condición de agua subterránea crítica ($R_u = 0.3$)	1.175	1.171	1.166	1.186
Condición de agua subterránea media ($R_u = 0.5$) y sismo (análisis pseudoestático)	0.993	0.988	0.984	1.001

Fuente: Resultados de la Investigación.



Como resultado de este capítulo se realiza el mapa Geomecánico que representa las zonas con condiciones homogéneas de resistencia de suelos, clasificación de las rocas, además de involucrar los factores de seguridad de los perfiles analizados y las zonas donde se observa los potenciales mecanismos de falla. Debido a la complejidad del movimiento es complicado establecer un modelo en dos dimensiones que refleje la realidad de mismo por tal motivo los modelos geotécnicos aquí presentados no representan la realidad del movimiento.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

8 ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

8.1 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE AMENAZAS

Se entiende como amenaza por fenómenos de remoción en masa, la probabilidad de ocurrencia de movimientos del terreno potencialmente perjudiciales en un área dada en un periodo específico. Usualmente una zonificación de amenazas es el resultado de la evaluación de parámetros topográficos, geológicos, geomorfológicos, climáticos, hídricos, agrologicos y geotécnicos, de donde se obtiene la susceptibilidad; luego, si a ello se agrega el potencial efecto de factores detonantes tales como el agua en sus diversas formas (precipitaciones, infiltraciones, fugas, escorrentía), las sobrecargas de origen antrópico o natural y los sismos, entonces se llega a establecer la amenaza.

Amenaza; es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente dañino, caracterizado por una cierta intensidad, dentro de un periodo dado y en un área determinada.

Vulnerabilidad; es el sistema de condiciones y procesos resultado de los factores físicos, sociales, económicos, culturales y ambientales, que aumentan o disminuyen la susceptibilidad de una comunidad o infraestructura al impacto de las amenazas.



Riesgo; es la probabilidad de que se produzcan pérdidas socio-económicas en un determinado momento y en un área del territorio determinada, a causa de una amenaza.

Existen amenazas por inundación, erosión hídrica y fenómenos de remoción en masa, las cuales es importante identificar y caracterizar, para tomar medidas de mitigación que permitan la disminución de la vulnerabilidad y la complementación de los planes de emergencia para cada sector. Tabla 23.

Tabla 23. Parámetros físicos y naturales estimados para la Identificación de Zonas Inestables (Deslizamientos)¹

TIPOLOGÍA DE INDICADORES POR SU NATURALEZA	INDICADORES (ANTECEDENTES)	INDICADORES POTENCIALES
Geológicos	Afloramiento de rocas alteradas (diaclasadas), estructuras de formas irregulares.	Planos de fracturamiento a favor de la pendiente, estructuras rocosas de formas irregulares, material poco consolidado o deleznable.
Geomorfológicos	Terreno con pequeñas depresiones, relieve ondulado, existencia de escarpes y/o contrapendientes.	Pequeñas depresiones, relieve ondulado, apertura de grietas en el terreno
Hidrogeológicos	Abundancia relativa de agua (zonas de mayor vertimiento hídrico), suelos saturados, régimen cambiante de corrientes hídricas, acumulación o estancamiento de agua en proximidades a zonas inestables, desviación de ríos.	Abundancia relativa de agua y zonas de surgencia hídrica. Suelos con alto porcentaje de humedad o mojados en tiempo continuo.
Vegetales	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, troncos torcidos y/o inclinados, rotura de raíces y raíces tensas, discontinuidades repentinas en la cobertura vegetal.	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, raíces tensas. Árboles tumbados en la parte baja del tronco.
Estructurales	Postes inclinados, cables tensos o flojos, casas o construcciones agrietadas o inclinadas, grietas u ondulaciones en los pavimentos o capas de rodadura, cercos desplazados.	
Toponimia	Nombres de lugares que pueden sugerir inestabilidad del terreno como Cerro Agua Blanca, Vereda Volcaneras.	
Históricos	Testimonios o documentos de eventos pasados.	

Fuente: Resultado del estudio.

8.2 EVALUACION DE AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA

El análisis de los resultados de toda la información básica recopilada y descrita en este estudio se utiliza para la Estimación de la Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo del sector del deslizamiento en sector El Plan Vereda Piedra Larga del Municipio de Ciénega.

¹ (Adaptación Grupo de investigaciones UPTC, Metodología para el análisis de los riesgos naturales, (MET-ALARN) Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación).



La Estimación de la amenaza, entendida como probabilidad de ocurrencia de un evento en un espacio y tiempo determinado con consecuencias negativas tanto para la comunidad, como para los animales y medio ambiente en general, puede hacerse mediante análisis cuantitativo o por métodos puramente empíricos (cualitativos). En el primer caso, la amenaza es función de múltiples factores que controlan la ocurrencia de flujos y avalanchas de detritos, ya sean internos o externos, los cuales están expresados como variables aleatorias, debido a que no son parámetros constantes y en ocasiones son desconocidos. En el segundo caso, los componentes se evalúan subjetivamente y se asignan rangos de intensidad.

En este caso se asocia la amenaza (flujo de lodos, deslizamiento) a un evento; detonante (lluvia) y a la probabilidad de que esta se presente durante un periodo específico de tiempo dado (periodo de retorno). Como ya se enuncio anteriormente, con base en los registros históricos de lluvias, se calcularon tormentas con distintos periodos de recurrencia; en este contexto, la amenaza entendida como probabilidad de ocurrencia y ligada al evento detonante, es calculada, asumiendo una distribución probabilística que se ajuste al comportamiento del régimen climático; en esta caso se asumió una distribución de probabilidad tipo Poisson, la cual describe la siguiente formula, Donde: es la probabilidad de ocurrencia

Probabilidad de ocurrencia = frecuencia= $1/T_r$

K= Coeficiente de la distribución de probabilidad de Poisson (Para este caso = 1)

Luego la amenaza ligada al periodo de retorno será:

Tabla 24. Cálculo de Amenaza para distintos periodos de retorno

PERIODO DE RETORNO (Tr) en años	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (Amenaza)
2	0.303
5	0.164
10	0.090
25	0,038
50	0.020

Fuente: Resultado del estudio

En este caso tenemos lluvias de diseño con periodos de retorno de dos, cinco, diez, y veinticinco años. Teniendo en cuenta lo anterior, la determinación del área amenazada o escenario de riesgo se obtuvo transitando un desplazamiento para cada lluvia de diseño.

8.3 ANALISIS DE AMENAZA

Ante la manifestación de inestabilidad del terreno, la amenaza se ha obtenido directamente de la valoración de los efectos notables en el sector, los cuales se evidencian en geoformas bien definidas, movimientos del terreno, hundimientos, trazas de superficies de falla, presencia de grietas, presencia de grandes escarpes, agrietamiento de las construcciones existentes dentro del cuerpo del deslizamiento.

Fotografía 27. Vereda Piedra Larga, Sector El Plan. Ciénega



Fuente: Registro fotográfico

El proceso de reptación que se presenta en la Vereda Piedra Larga, Sector El Plan, municipio de Ciénega es reactivado en épocas invernales, las cuales modifican de manera considerable las condiciones morfológicas del terreno, observándose grietas y terracetas que facilitan la acumulación del agua de escorrentía, saturando altamente el terreno, y en época seca lo contrae. Fotografía 27. Este movimiento está asociado a las condiciones litológicas de la zona y al mal manejo de las aguas de la parte superior, las cuales no han sido canalizadas correctamente. Este movimiento amenaza con destruir



algunas de las viviendas que se encuentran dentro de la zona del movimiento, e igualmente han modificado de manera considerable las condiciones morfológicas, afectando a los pobladores en el uso de los predios para actividades agrícolas y pecuarias.

8.4 EVALUACION Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD POR FRM

Se entiende por vulnerabilidad, la relación existente entre el grado de exposición de los elementos expuestos (con respecto al fenómeno amenazante) y la capacidad de respuesta (resistencia estructural, económica y conocimiento de la amenaza) por parte de los mismos (infraestructura, medio ambiente y comunidad) ante la eventual ocurrencia de un evento destructor.

Entonces se puede decir que la vulnerabilidad es una función expresada mediante la siguiente relación; Donde:

V: Vulnerabilidad R: Resistencia E: Grado de exposición del elemento

La evaluación de vulnerabilidad tiene como objetivo analizar la respuesta de los elementos amenazados frente a cualquier evento en la zona de estudio, y junto con la evaluación de amenaza, plantear los tratamientos a adelantar

El estudio de vulnerabilidad física de los elementos expuestos, en esta caso las viviendas, se realizó teniendo como fuente de información básica el formulario de inventario de Viviendas, el cual se anexa; El formulario indaga sobre diferentes tópicos, tendientes a establecer parámetros útiles tanto de la vulnerabilidad física



como de la social. Para la primera, el análisis se realizó de manera semicuantitativa con adopciones específicas para este proyecto a la metodología propuesta por Leone (1996). Las adopciones se refieren a la resistencia de los elementos (tipología de viviendas). A la asignación del grado de exposición (escenario de riesgo) y a la matriz de daño elaborada con base en las anteriores. Para la segunda, la vulnerabilidad social, el análisis es apenas cualitativo y se basa en la información de los formularios como: el nivel de ingresos, la percepción del peligro, las recomendaciones para medidas urgentes, la cobertura de los servicios públicos y el índice de carencia de la vivienda.

8.5 INVENTARIO DE VIVIENDAS

Se realizó dentro del estudio, un inventario de viviendas para la evaluación de la vulnerabilidad que consistió en el diligenciamiento de un formato que contiene las principales características de cada vivienda. La información contemplada en el formato incluye entre otros, datos sobre: área construida, estado actual de la construcción, sistema estructural, uso de la edificación, ingresos familiares y cobertura de servicios. Todos tendientes a establecer la exposición y la resistencia de las construcciones y la capacidad de reacción de los habitantes en caso de presentarse alguna avalancha.

En el Anexo se presenta copia de los respectivos soportes del inventario.

El inventario contempló 10 edificaciones, en el área rural (Vereda Piedra Larga), las cuales ocupan las áreas de mayor percepción de riesgo. Se encontró que la totalidad de las viviendas están integradas por construcciones de un piso, donde el sistema estructural predominante es la mampostería simple, ya sea de

ladrillo o en adobe; la cobertura de servicios públicos es mínima pero no cubre el cien por ciento, pues en las zonas rurales no se cuenta con servicios de alcantarillado, aunque hay acueducto Veredal y servicio de energía eléctrica; estas estadísticas se observan en las gráficas obtenidas para la vulnerabilidad social.

Tabla 25. integrantes por familia

FAMILIA	No. INTEGRANTES
VARGAS CRUZ	3
ROSA HELENA CRUZ GUERRA	2
FELIPE VARGAS HERRERA	2
PRISCILA HERRERA ARIAS	2
ANGEL CUSTODIO CRUZ GUERRA	6
MARIA ALICIA CRUZ	1
ANA BELEN CRUZ GUERRA	1
JOSE GUSTAVO VARGAS GUERRA	1
FLOR MARIA CRUZ GUERRA	1
JOSEFA DE GALINDO	1

Fuente: Resultado del estudio

8.6 VULNERABILIDAD SOCIAL

La vulnerabilidad social se definió como la capacidad de respuesta de la población ante la ocurrencia de un evento que ocasiona daños, en este sentido se tomaron como componentes de análisis la capacidad económica de los pobladores, la cobertura de servicios públicos, las organizaciones cívicas, la tipología de las viviendas, y el nivel de conocimiento que los habitantes tienen del problema de deslizamiento y de las actuales o potenciales repercusiones que este ocasiona o puede ocasionar sobre sus viviendas. Aunque la capacidad de respuesta de la comunidad involucra el estudio de otros aspectos como la organización de la junta de Acción comunal, puesto que estas son las encargadas de actuar como intermediarias entre la comunidad y las entidades del

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

Departamento y de esa manera dar a conocer los procedimientos a seguir ante la ocurrencia de un desastre como un flujo o avalancha de detritos.

8.7 PERCEPCION DEL PELIGRO

En todos los sectores, la comunidad reconoce estados reales y potenciales de peligro, pues los desplazamientos de material que han ocurrido en el pasado han afectado directa o indirectamente a toda la población, produciendo consecuencias negativas en su entorno. Sin embargo en la zona se encuentra un número considerable de viviendas expuestas al riesgo.

8.8 ORGANIZACIONES CIVICAS

La Vereda cuenta con junta de acción comunal, a través de la cual se les da a conocer a las autoridades municipales del problema existente, para que sean canalizados y gestionadas la solución del problema de inestabilidad y emergencias, ante el Municipio y la Gobernación de Boyacá.

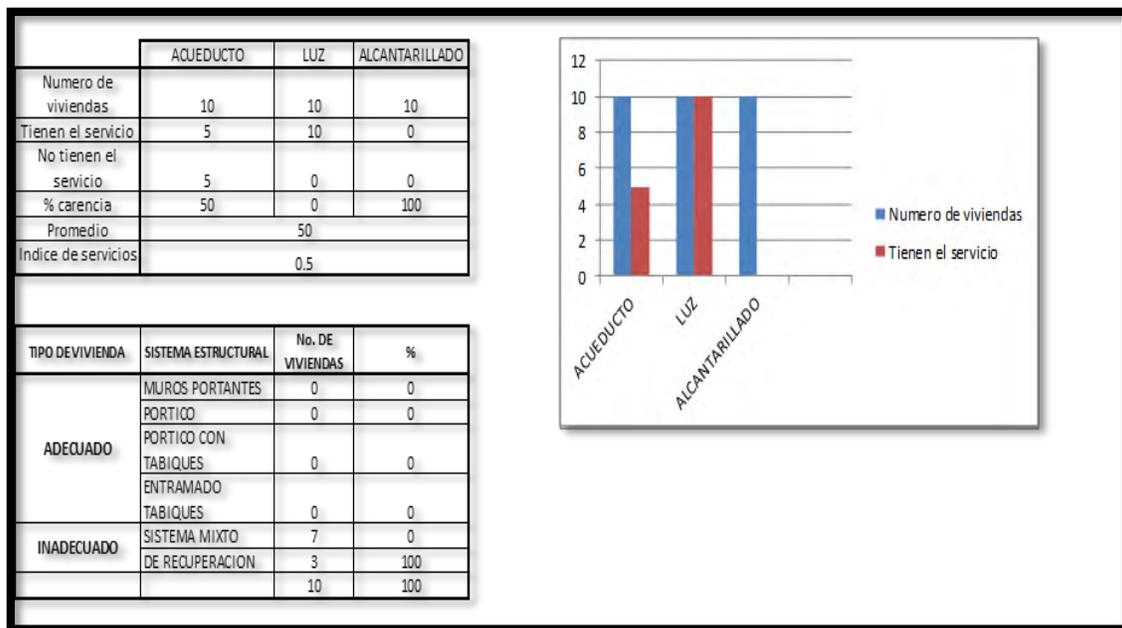
8.9 CAPACIDAD ECONOMICA DE LOS POBLADORES

La contingencia o capacidad de respuesta económica para la población medida por los ingresos brutos familiares, se puede catalogar como media baja a baja, pues el valor de ingresos medios es menor a un salario mínimos, hay un alto número de personas por núcleo familiar, en su mayoría adultos mayores. Esto generaliza un nivel de ingresos bajos, que en el momento de presentarse un desastre, genera un obstáculo para la recuperación rápida de su condición de vida actual, expresada en lotes, viviendas y bienes.

8.9.1 Cobertura de Servicios Públicos

En general en la zona cuenta únicamente con servicios de luz y agua de Acueducto Veredal.

Figura 38. indicadores de vulnerabilidad social



Fuente: Resultado del estudio

8.10 TIPOLOGIA DE LAS VIVIENDAS

Si bien el tipo de viviendas y sus características físicas se analizaran dentro del contexto de la vulnerabilidad física, las construcciones en sí misma, son indicativo de la calidad de vida de los habitantes. La mayoría de las construcciones se consideran en calidad buena – regular, son viviendas construidas en promedio hace más de 20 años, el tipo de vivienda predominante es con cubierta asbesto cemento, teja de barro y cimentación



en piedra. Se adelantó un inventario de viviendas para la evaluación de la vulnerabilidad que consistió en el diligenciamiento de un formato que contiene las principales características de cada vivienda. La información contemplada en el formato incluye entre otros, datos sobre el área construida, estado actual de la construcción, sistema estructural, uso de la edificación, ingresos familiares y cobertura de servicios, todos tendientes a establecer la exposición y resistencia de las construcciones y la capacidad de reacción de los habitantes en caso de activarse el movimiento.

Fotografía 28. **tipo de construcción viviendas del sector**



Fuente: Registro fotográfico

Fotografía 29. tipo de construcción viviendas del sector



Fuente: Registro fotográfico

8.11 VULNERABILIDAD FISICA

La vulnerabilidad física de las viviendas ubicadas en la zona de estudio, se puede evaluar teniendo en cuenta aspectos sobre tipología de viviendas, la cobertura de servicios públicos y la calidad de la construcción.

Con fines prácticos para la elaboración de este trabajo, se optó por evaluar la vulnerabilidad de las viviendas, a partir del grado de exposición de estas ante el fenómeno amenazante (índice de Exposición IE), siguiendo la siguiente metodología:

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

Se da la ubicación de la vivienda frente a un movimiento de diseño

Se calcularon los Índices de Resistencia

Con los índices de resistencia y el grado de exposición, se obtuvo la resistencia movilizada, mediante la siguiente formula:

$RM = (I - IR^{IE})^{(1-IE)}$, (Expresión matemática propuesta por INGEOCIM, 1998 y modificada por Lara 2002)

Dónde:

RM = Resistencia Movilizada

IR = Índice de Resistencia

IE = Índice de Exposición

8.12 INDICE DE EXPOSICION (IE)

Esta variable cobra importancia dentro del análisis de vulnerabilidad física, si los elementos se encuentran dentro de la zona de influencia del evento, expuestos y pueden ser atacados por ellos.

Con base en la localización de viviendas dentro de las áreas de distribución espacial en la zona de deslizamiento, se asigna el número de exposición, intentando considerar la magnitud de los eventos y su sollicitación, sobre los elementos expuestos teniendo en cuenta la superficie de contacto SC que una avalancha pudiera provocar, el valor de este factor se tomó como porcentaje de la altura total de la vivienda, que sería cubierto por el material desplazado.
Hf = Altura de flujo y Hv: Altura de vivienda.

Tabla 26. Índice de Exposición

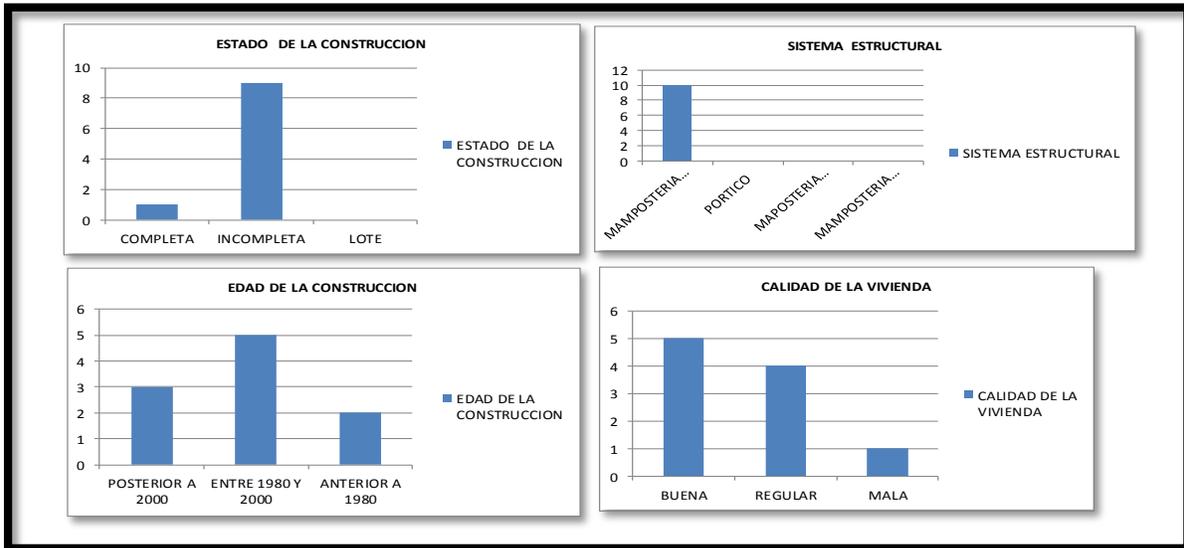
RANGO	SC
Hf < 1/3 Hv	0.09
1/3 Hv < Hf < 2/3 Hv	0.40 a 0.60
2/3 Hv < Hf < Hv	0.75

Fuente: Resultado del estudio

8.13 INDICE DE RESISTENCIA (IR)

En términos generales, la importancia de evaluar la vulnerabilidad, radica en que a mayor resistencia de los elementos, la vulnerabilidad física es menor. Aunque la resistencia de la vivienda como conjunto está determinada por la de sus componentes, en el presente estudio, se estimó un comportamiento integral asociado a la clase de sistema estructural. En la Figura 39. Se muestra el tipo de cubierta, estructura de techo, estructura del piso y sistema estructural.

Figura 39. porcentaje de ocupación y calidad de vivienda



Fuente: Resultado del estudio

De acuerdo a la concepción de cualificar el comportamiento de las viviendas, estas fueron discriminadas según el sistema estructural, la calidad de sus materiales y su calidad constructiva en:

Recuperación y palafitos. Incluye viviendas construidas con sistemas muy precarios en madera y sin un correcto sistema de transmisión de cargas al suelo de cimentación; en materiales como cartón, lata y madera; sin sistemas de cimentación, con techos en Zinc, madera, lata, cartón y mixtos; la calidad se considera baja.

Prefabricados. Son viviendas modulares en concreto, de media a baja calidad constructiva sobre placas delgadas del mismo material; la estructura del techo es en madera y su cubierta en teja de asbesto – cemento.

Vivienda en mampostería: Contempla todas las viviendas de uno a tres pisos, cuyos muros son en mampostería con diferentes tipos de elementos de amarre



estructural, donde ellos hacen las veces de unidades de soporte. Con calidad constructiva que oscila desde alta hasta regular, la cubierta generalmente es de asbesto cemento, teja de zinc o de barro.

Vivienda hasta dos niveles: de buena calidad de construcción, con estructura. Estas unidades involucran sistemas aporricados con placas de entresijos cuyos materiales de cubierta pueden ir desde la teja de asbesto - cemento hasta concreto.

El índice de resistencia utilizado para evaluar la vulnerabilidad, se midió a partir de las componentes del sistema estructural de las viviendas como son: Cubierta, **C**, la estructura del techo, **T**, y el tipo del sistema estructural **SE** y el tipo de material constitutivo de cada componente.

A las variables mencionadas se les asignó un grado de contribución a la resistencia, simulando que en todos los casos la sollicitación más crítica es por presiones laterales, así:

Tipo de Cubierta: Se considera arbitrariamente que esta puede aportar un 20% de la resistencia de la vivienda ante un evento de deslizamiento o flujo de lodos. En el área de estudio predominan las cubiertas en teja de barro y Zinc.

Estructura de la cubierta. El material de la estructura del techo fue incluido como elemento aportante de un 20% de la resistencia total de la vivienda.

Sistema Estructural: Otra de las variables involucradas es el tipo de sistema estructural de la vivienda, siendo este el elemento considerado con mayor aporte a la resistencia que podría ofrecer la vivienda 60% es la composición de las viviendas por sistema estructural según los datos obtenidos en la encuesta, las viviendas no cuentan con sistema estructural.

La Tabla 27 contiene los valores asignados, de ella se aprecia que las unidades construidas en concreto reciben las mayores calificaciones (0.85)

De acuerdo a esto, el Índice de Resistencia se definió a partir de la siguiente relación:

$$IR = 0.2 * C + 0.2 * T + 0.6 * SE \text{ Donde:}$$

IR = Índice de Resistencia

C = Valor asignado para cada tipo de cubierta

T = Valor asignado para tipo de Estructura de techo

SE = Valor asignado para tipo de Sistema Estructural

Tabla 27. Factores de Ponderación

VALORES ASIGNADOS PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS								
CUBIERTA			ESTRUCTURA DE TECHO			SISTEMA ESTRUCTURAL		
COD.	TIPO	FACTOR PONDERACION	COD.	TIPO	FACTOR PONDERACION	COD.	TIPO	FACTOR PONDERACION
1	TEJA DE BARRO	0.4	1	CONCRETO REFORZADO	0.9	1	MUROS PORTANTES	0.75
2	ASBESTO CEMENTO	0.5	2	METALICO	0.9	2		0
3	ZINC	0.2	3	MADERA	0.55	3		0.75

Fuente: Resultado del estudio

8.14 INTENSIDAD E INDICE DE DAÑO

Los perjuicios que se producirían sobre las unidades, están condicionados por dos variables: La variable exposición y la variable resistencia; la primera involucra el tipo de evento (Deslizamiento, flujo), la localización de las viviendas frente al mismo y la sollicitación que el proceso ejerza sobre los

componentes; el segundo involucra la calidad, propiedades y atributos de las viviendas, las cuales dependen del tipo de tipología. Estas variables se incluyen en la matriz de Intensidad de Daño (InD). (Tabla 28). Esta Intensidad cuantifica desde muy baja (I), hasta muy alta (V) y se formula como un Índice de Daño (ID), que representa el porcentaje de destrozos en la vivienda. La reciprocidad entre las variables InD e ID, fue establecida por el DRM (Delegation Aux Risques Majeurs) y se consigna en la Tabla 29

Tabla 28. matriz para la determinación intensidad de daño

MATRIZ PARA LA DETERMINACION D E LA INTENSIDAD DE DAÑO							
EVENTO	SOLICITACION		TIPO DE VIVIENDA				
			RECUPERACION	MUROS	PREFABRICADA	PORTICOS	LOTE VACIO
DESIZAMIENTOS, FLUJOS DE LODOS	PRESIONES LATERALES	$SC < 1/3 < SE$	IV	III	II	II	IV
		$1/3 SE < SC < 2/3 SE$	IV	III	II	II	IV
		$2/3 SE < SC < SE$	V	V	IV		V
	ACUMULACIONES	CUBIERTA PARCIALMENT	IV	III	III	II	V
		CUBIERTA TOTALMENTE	V	V	IV	III	V
SC = SUPERFICIE DE CONTACTO SE = SUPERFICIE EXPUESTA							

Fuente: Resultado del estudio

Tabla 29. determinación índice de daño

DETERMINACION DEL INDICE DE DAÑO			
INTENSIDAD DE DAÑO (InD)		INDICE DE DAÑO (ID)	DESCRIPCION
I	MUY BAJA	0.055	DAÑOS LIGEROS NO ESTRUCTURALES, ESTABILIDAD NO AFECTA
II	BAJA	0.115	FISURACION DE MUROS, REPARACIONES
III	MEDIA	0.50	DEFORMACIONES IMPORTANTES, FISURAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES
IV	ALTA	0.75	FRACTURAMIENTO DE LA ESTRUCTURA, EVACUACION INMEDIATA
V	MUY ALTA	0.95	COLAPSO PARCIAL O TOTAL DE LA ESTRUCTURA

Fuente: Resultado del estudio

8.15 INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA

Con los índices de resistencia y exposición hallados anteriormente, se calculó la resistencia movilizada (RM), que es una expresión de los posibles daños provocados al elemento expuesto a un proceso. Para expresarla de manera general se busca una expresión matemática que cumpla con las siguientes condiciones:

Cuando $IE = 0$, $RM = 0$

Cuando $IE = 1$, $RM = 1$

Para cualquier valor de IR e IE, $1 \geq RM \geq 0$

Para fines prácticos se adoptó la ecuación modificada por INGEOCIM (1998), y que fue utilizada por Lara (2002), la cual expresa la RM como:

$$RM = (I - IR^{IE})^{(1-IE)}$$

De esta manera se estableció un paralelo entre la RM y la matriz de daño presentada por el DRM. De esta manera se establece la relación entre el tipo, magnitud del evento y la solicitud de los elementos mediante la relación:

InD = 1 (I), equivale a daños leves y una InD = 5 (V), que es la máxima corresponde a daños severos.

Tabla 30. relación entre intensidad de daño y el índice de daño

RELACION ENTRE LA INTENSIDAD DE DAÑO Y EL INDICE DE DAÑO (Tomado de Leone 1996)		
INTD: INTENSIDAD DE DAÑO	DESCRIPCION	ID: INDICE DE DAÑO
0	NINGUNA	0
1	DAÑOS LIGEROS NO ESTRUCTURALES, ESTABILIDAD NO AFECTA	0.055
2	FISURACION DE MUROS, REPARACIONES NO URGENTES	0.115
3	DEFORMACIONES IMPORTANTES, FISURAS EN ELEMENTOS	0.500
4	FRACTURAMIENTO D ELA ESTRUCTURA, EVACUACION INMEDIATA	0.750
5	COLAPSO PARCIAL O TOTAL DE LA ESTRUCTURA	0.950

Fuente: Resultado del estudio

Adicionalmente y a partir de las descripciones de la Intensidad de Daño DRM, se estableció el ID, que sería equivalente del Índice de Vulnerabilidad Física. De acuerdo con las condiciones propias del presente estudio, se asume un valor del 80%, lo cual indica que:



$$IVF = ID/CfF$$

Dónde:

CfF= Coeficiente de confiabilidad = 0.80

Así el IVF, o grado de vulnerabilidad se dividió en grupos con base en los siguientes criterios:

Tabla 31. categorización de la vulnerabilidad

IVF	CATEGORIA DE LA VULNERABILIDAD
0 – 0.12	BAJA
0.12 – 0.4	MEDIA
0.4 – 0.1	ALTA

Fuente: Resultado del estudio

8.16 EVALUACION Y ANALISIS DE RIESGO POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA

El riesgo incurrido en una zona o elemento, frente a una solicitud determinada se puede expresar como el producto de la probabilidad de ocurrencia de la solicitud (Amenaza), con el índice de vulnerabilidad de los elementos expuestos, sobre la confiabilidad de la información recolectada, la cual fue asumida con un valor de 0.8, en un rango de 0 a 1. Por consiguiente matemáticamente el riesgo será:

$$\text{RIESGO} = Pf * IVF/0.8$$

El índice de riesgo actual (IRA), corresponde a un valor entre 0 y 1, donde los menores niveles de riesgo son cantidades cercanas a cero. Si bien el intervalo de valores IRA posee como límite superior la unidad, la pérdida de la mitad de la vivienda puede asumirse como crítica. Ello permitió concluir que los intervalos de categorización no podrían expresarse de manera similar a las de los índices anteriores, por lo tanto se adoptó como intervalos de cualificación el indicado en la siguiente tabla:

Tabla 32. categorización del riesgo

IRA	CATEGORIA RIESGO ACTUAL
< 0.01	BAJO
0.01 – 0.18	MEDIO
> 0.18	ALTO

Fuente: Resultado del estudio

8.17 GENERACION DE ESCENARIOS DE RIESGO

La formulación de escenarios de riesgo comprende la estimación de pérdidas y daños que se puede sufrir ante la ocurrencia de un evento asociado a los riesgos identificados, para lo cual se tomó como Escenario de Riesgo ante deslizamiento generado por el incremento de la precipitación en la zona, trabajando con la Matriz de Zonificación de Riesgo (Cardona). (Ver Mapa de Riesgos).

Tabla 33. matriz para escenarios de riesgo

		NIVELES DE VULNERABILIDAD									
		MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO						
		4	3	2	1						
NIVELES DE PELIGRO	MUY ALTO	4	4	MUY ALTO	4	MUY ALTO	3	ALTO	3	ALTO	
	ALTO	3	4	MUY ALTO	3	ALTO	2	MEDIO	2	MEDIO	
	MEDIO	2	3	ALTO	2	MEDIO	2	MEDIO	1	BAJO	
	BAJO	1	3	ALTO	2	MEDIO	1	BAJO	1	BAJO	
		NIVELES DE RIESGO ANTE DESLIZAMIENTOS									

Fuente: Resultado del estudio

Teniendo en cuenta los parámetros anteriores y la categorización de la vulnerabilidad, los elementos expuestos (Viviendas), se clasifican dentro de una Alta Vulnerabilidad, sumado a una Amenaza Alta, se genera un Alto Riesgo por fenómenos de Remoción en Masa, para la zona.

Con el fin de Mitigar la amenaza en la zona expuesta a la misma, se plantean medidas tendientes a mitigar el riesgo.

		MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR -CORPOCHIVOR	 EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.
---	---	--	---

FORMULARIO DE INVENTARIO DE VIVIENDAS

INFORMACION GENERAL DEL PREDIO

NOMBRE PROPIETARIO Y/O ARRENDATARIO	CC
DIRECCION	TELEFONO

I. CLASIFICACION DE VIVIENDA POR MATERIALES

1. Tugurio o Mampostería
2. Tugurio de Madera o cartón
4. Vivienda de mampostería sin refuerzo o prefabricada
5. Vivienda de Mampostería reforzada
6. Estructura unifamiliar aporticada de uno o más niveles
7. Estructura multifamiliar aporticada de más de dos niveles
8. Estructura mixta

II. USO DE LA EDIFICACION

1. Vivienda unifamiliar
3. Vivienda Multifamiliar
3. Institución
4. Comercio
5. Mixto
6. Otro. Cuál?

III. ESTADO DE LA CONSTRUCCION

1. Completa
2. Incompleta

IV. ESTADO OCUPACION

1. Ocupada
2. Desocupada

V. No. APARTAMENTOS
VI. No PISOS
VII. AREA CONSTRUIDA
VIII. No. RESIDENTES ADULTOS
IX. No. RESIDENTE NIÑOS
X. No. FAMILIAS
XI. SERVICIOS PUBLICOS

ALCANTARILLADO
 ACUEDUCTO
 ENERGIA
 TELEFONO
 GAS
 CABLE TV

CARACTERIZACION ESTRUCTURAL

XII. SISTEMA ESTRUCTURAL

1. Mampostería Simple
2. Pórtico
1. Encofrado
2. Mampostería Estructural
3. Mixto
4. Tabique
5. Prefabricada
6. Recuperación

XIII. TIPO DE CIMENTACION

1. Continuo de piedra
2. Continuo de concreto
3. Zapata
4. Vigas de cimentación
5. Placas de concreto
6. Otra. Cuál?

XIV. TIPO DE ESTRUCTURA DE CUBIERTA

1. Concreto reforzado
2. Metálica
3. Madera
4. Recuperación
5. Placa
6. Otra. Cuál?

XV. ESTRUCTURA DE LA PLACA DE PISO

1. Concreto reforzado
2. Metálica
3. Madera
4. Tierra
5. Otra. Cuál?

XVI. TIPO DE CUBIERTA

1. Teja de Barro
2. Asbesto -cemento
3. Zinc
4. Recuperación
5. Otra. Cuál?

XVII. CONDICION SUELO DE FUNDACION

1. Roca
2. Firme
3. Medio
4. Blando
5. Relleno

XVIII. CALIDAD DE LA CONSTRUCCION

1. Buena
2. Regular
3. Mala

XIX. EDAD DE LA CONSTRUCCION

		MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR -CORPOCHIVOR	 EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.
---	---	--	---

DAÑO POR FACTORES EXTERNOS

Deslizamiento Asentamiento Expansión Otro. Cuál?
 Sismo Vientos fuertes Caída de bloques

DAÑO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES										
MURO	COLUMNA	VIGA		NUDO		PISO		CUBIERTA		TODA LA CONSTRUCCION
1.Ninguno	1. Ninguno	1.	Ninguno	1.	Ninguno	1.	Ninguno	1.	Ninguno	1. Ninguno
2.Moderado	2. Moderado	2.	Moderado	2.	Moderado	2.	Moderado	2.	Moderado	2. Moderado
3.Severo	3. Severo	3.	Severo	3.	Severo	3.	Severo	3.	Severo	3. Severo

AVALUO DE LA VIVIENDA E INGRESOS

Ingresos Mensuales Valor de Bienes Avalúo propietario Avalúo Catastro

OBSERVACIONES:

9 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Se define vulnerabilidad con relación a los siguientes aspectos:

La **vulnerabilidad estructural** ² o física describe el grado hasta el cual una estructura es susceptible de ser dañada o alterada en una situación de peligro.

La **vulnerabilidad humana** es la falta relativa de capacidad de una persona o comunidad para prever un peligro, hacerle frente, resistirlo y recuperarse de su impacto. Entre los factores que incrementan la vulnerabilidad humana a los desastres se encuentra la falta de planificación en el desarrollo o crecimiento de la infraestructura, el crecimiento demográfico, la falta de conocimientos acerca de cómo actuar frente a los efectos de los desastres y la pobreza.

De todos los factores, es probable que la pobreza constituya el origen de la vulnerabilidad de la mayoría de la gente, al impacto de la mayoría de las amenazas o peligros.

La vulnerabilidad es el nivel de pérdida de un conjunto dado de elementos, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno. Los elementos que pueden ser afectados dentro de las áreas de ocurrencia de la amenaza; se tienen calles, edificaciones, población, cultivos entre otros.

² Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Comité Coordinador para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC). ANÁLISIS DE RIESGO POR INUNDACIONES Y DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL DE MONTSERRAT

9.1 ANÁLISIS Y GRAFICAS ESTADÍSTICAS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL MUNICIPIO DE CIENEGA, VEREDA PIEDRA LARGA SECTOR EL PLAN.

La caracterización de la población se realizó mediante el diseño y aplicación de una encuesta a las familias que habitan la zona de influencia del deslizamiento, buscando información primaria que permitiera conocer la percepción de la comunidad frente al riesgo y su capacidad de respuesta frente al mismo.

Fotografía 30. **Vista del deslizamiento desde la parte alta.**



Fuente: Registro fotográfico

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

9.1.1 Tipo de sector evaluado.

La zona a evaluar dentro del municipio de Ciénega, es un sector rural correspondiente a la vereda piedra larga, en donde habitan alrededor de 10 familias que se han venido viendo afectadas por el movimiento en masa que se da en este lugar.

9.1.2 Las viviendas

Las viviendas construidas dentro de la zona de influencia del deslizamiento están habitadas por sus propietarios, en su gran mayoría, solo una persona adulta mayor de edad avanzada (80 años) vive sola en una vivienda en condición de arrendataria y en extrema pobreza.

9.1.3 Servicios básicos.

Siete (7) de las viviendas visitadas dentro del sector evaluado cuentan con servicios básicos de agua y luz, tres (3) viviendas en condiciones precarias no cuentan con ningún tipo de servicio público básico.

9.1.4 Acueducto.

Existe un acueducto rural que beneficia a cinco (5) viviendas del sector, según lo manifestado por las personas que las habitan, y las otras cinco (5) viviendas restantes no cuentan con este servicio, especialmente porque las construcciones son antiguas y deterioradas por lo que las condiciones de habitabilidad son precarias.

Fotografía 31. **Vivienda habitada en terreno inestable**



Fuente: Registro fotográfico

9.1.5 **Alcantarillado.**

La zona evaluada no cuenta con el servicio de alcantarillado, por lo que no hay un control para las aguas servidas, siendo este un posible factor que agudiza el fenómeno de remoción en masa, ya que falta educación y conciencia ambiental frente al tema.

9.1.6 **Seguridad social.**

Ocho (8) de las familias encuestadas se encuentran afiliadas al régimen de seguridad social subsidiado, solo una (1) familia cuenta con afiliación al régimen contributivo y una persona adulta mayor manifiesta no tener cobertura es este servicio.

9.1.7 Discapacidad

En la zona se hallaron 4 personas en condición de discapacidad, una adulta mayor de 93 años de edad, que necesita la ayuda de otra persona para desplazarse y realizar actividades básicas cotidianas, la cual vive en compañía de su hijo; otra adulta mayor de 71 años de edad la cual sufre de artrosis, por lo que se le dificulta desplazarse rápidamente; dos (2) jóvenes pertenecientes a un mismo núcleo familiar, una joven de 28 años quien padece esquizofrenia y una joven de 18 años con síndrome de Down, todos ellos cuentan con seguimientos periódicos médico especializados.

Fotografía 32. **Vivienda de adulta mayor discapacitada**



Fuente: Registro fotográfico

9.1.8 Género.

En cuanto a genero dentro de la zona de influencia del deslizamiento se encuentra habitando 4 mujeres y tres hombres, distribuidos en tres familias que habitan y centran sus actividades económicas en la zona evaluada.

9.1.9 Presencia de menores de edad.

Dentro de las familias visitadas solo se evidencio la presencia de un menor de tres meses de nacido, el cual se encuentra al cuidado de sus abuelos maternos, ya que su madre padece de trastorno mental de tipo esquizofrénico, lo que le impide hacerse responsable del cuidado continuo del menor.

9.1.10 Niños escolarizados.

No se encuentran en la zona menores de edad en edad escolar.

9.1.11 Adultos mayores.

Dentro de cada una de las viviendas visitadas se evidencia la presencia de por lo menos un (1) adulto mayor, la mayoría en compañía de sus familias o cónyuges, quienes le brindan apoyo emocional y material, sin embargo también se encuentra una adulta mayor en total abandono.

Fotografía 33. Vivienda adulta mayor en abandono



Fuente: Registro fotográfico

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

9.1.12 **Estratificación de las viviendas.**

Siete (7) de las viviendas visitadas se encuentran estratificadas en nivel 2, y tres (3) en nivel 1, según lo manifestado por las personas que las habitan, los cuales se encuentran conformes con el nivel en el que se encuentran ubicados.

9.1.13 **Tipo de vivienda.**

La mayoría de las viviendas ubicadas en la zona evaluada son de tipo unifamiliar, ya que las familias que las habitan son pequeñas y las construcciones en su mayoría son antiguas y rudimentarias.

9.1.14 **Área aproximada de las viviendas.**

Las áreas construidas y funcionales de las viviendas son pequeñas, cuatro (4) de las construcciones tienen un área aproximada de 50 M.C, tres (3) alcanzan un área aproximada a los 80 M.C, una (1) tiene un área aproximada a los 100M.C y dos (2) tiene un área superior a los 100M.C.

9.1.15 **Número de pisos tiene las viviendas**

Todas las viviendas evaluadas constan de un solo piso y sus modelos se ajustan a las características propias del campo boyacense.

9.1.16 **Edad de las construcciones**

Cinco (5) de las viviendas evaluadas tienen más de 21 años de construidas, dos (2) tienen entre 16 y 20 años de construidas, una (1) tiene entre 6 y 10 años de construida y dos (2) tienen menos de 2 años de construidas. Según lo manifestado por las personas que las habitan.

Fotografía 34. **Vivienda de niños con discapacidad.**



Fuente: Registro fotográfico

9.1.17 **Armazón de las viviendas**

Cinco (5) viviendas están construidas en adobe, tres (3) en bloque, y dos (2) en ladrillo, las cuales corresponden de acuerdo a los tiempos de construcción.

9.1.18 **Cubierta de las viviendas.**

Predominan las cubiertas en teja eternit, (cuatro viviendas), seguidas por las cubiertas en teja de zinc o metálica (tres viviendas) y las más antiguas presentan teja de barro (tres viviendas).

9.1.19 **Muros de las viviendas.**

Cinco (5) viviendas tienen muros de adobe, tres (3) viviendas muros en bloque y dos (2) viviendas muros en ladrillo, esto dado que la mayoría de las viviendas son construidas en un solo material.

9.1.20 Acabado de los pisos.

La mitad de las viviendas visitadas en la zona del deslizamiento presentan pisos en cemento y la otra mitad pisos en tierra pisada, estas últimas por su deterioro no justifican mejoras y las personas que las habitan son conscientes que en un mediano plazo tendrán que abandonarlas.

9.1.21 Estado de las construcciones.

El estado de las construcciones en su mayoría es malo, ya que presentan grietas e inclinaciones que afectan la estabilidad de las estructuras y representan un peligro para las personas que las habitan en caso de presentarse un movimiento en masa repentino.

Fotografía 35. Vivienda visiblemente afectada por el movimiento en masa.



Fuente: Registro fotográfico

9.1.22 Daños en las construcciones.

La mayoría de los habitantes del sector evaluado manifiestan que los daños que presentan sus viviendas están asociados al movimiento en masa que se viene

presentando en la zona, que a su vez lo relacionan con la explotación de recebo que se realiza en la parte alta del movimiento.

9.1.23 Tipos de daño de las viviendas

Dos de las viviendas presentan un daño severo es su estructura, por lo que las personas que las habitan son conscientes de que deben abandonarlas lo más pronto posible, cuatro viviendas presentan un daño fuerte, ya que presentan un alto grado de agrietamiento en sus muros y pisos, dos presentan daño moderado ya que la estructura presenta algunas grietas en sus muros, y dos presentan daño ligero ya que presentan algunas pequeños daños en las cubiertas.

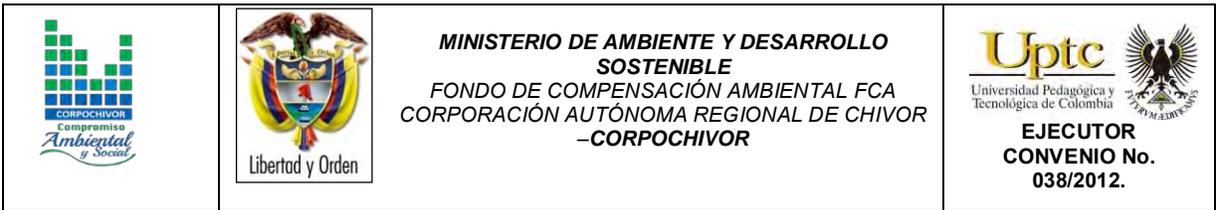
9.1.24 Parte de la construcción más afectada.

Los muros son la parte que más se evidencia afectada en las viviendas visitadas, seguido por los pisos y la cubierta.

Fotografía 36. Muros con grietas de más de dos centímetros.



Fuente: Registro fotográfico



2.2.25 La vivienda con bases o cimientos.

Ocho (8) de las viviendas construidas en la zona de influencia del deslizamiento cuentan con bases y dos (2) no a razón de que son construcciones antiguas a las cuales no se les hacía este tipo de cimentación.

9.1.25 Inestabilidad del suelo.

Nueve (9) de las familias afectadas manifiestan que la inestabilidad del terreno se debe al deslizamiento que se está dando en la zona y solo una (1) manifiesta que la inestabilidad del terreno se debe a otros factores.

9.1.26 Ingresos económicos de las familias.

Siete (7) de las familias visitadas subsanan sus necesidades básicas con menos de la mitad de un salario mínimo; una (1) familia manifiesta tener ingresos aproximados a un salario mínimo y las dos (2) familias restantes manifiestan tener ingresos de más de un salario mínimo, de lo que se deduce que el nivel de calidad de vida de la gran mayoría de los habitantes de la zona es bajo.

9.1.27 Hogares con apoyo de familia extensa.

Los núcleos familiares que son más grandes y más jóvenes, cuentan con familia extensa en la cual apoyarse en caso de necesitarlo y las familias pequeñas o adultos mayores que viven solos manifiestan no contar con este tipo de ayuda.

Fotografía 37. **Adulta mayor habitante del sector evaluado.**



Fuente: Registro fotográfico

9.1.28 **Acciones de mitigación implementadas.**

La gran mayoría de las personas afectadas por el fenómeno de remoción en masa que se da en la zona, no ha realizado ningún tipo de acciones que mitiguen los daños o los riesgos que se perciben de este, solo tres (3) de las familias afectadas han realizado acciones mínimas personales para contrarrestar especialmente los daños en las estructuras de sus viviendas.

9.1.29 **Capacidad de afrontamiento del riesgo.**

Ninguna de las familias visitadas manifestó tener capacitación en manejo de riesgos por desastres naturales, por lo que la visión que se tiene frente al riesgo es sesgada, factor que aumenta su vulnerabilidad.

9.1.30 Actuaciones de las personas frente a un evento catastrófico.

Seis (6) de las familias encuestadas manifiestan que no sabrían que hacer frente a un evento catastrófico; dos (2) familias piensan que saldrían corriendo ante una emergencia natural; otra (1) buscaría un lugar alto y seguro y la otra (1) buscaría sitios seguros a campo abierto. Más ninguna siente conocer realmente los riesgos que afrontan.

Fotografía 38. Habitante del sector con su vivienda afectada por el deslizamiento.



Fuente: Registro fotográfico

9.1.31 Tiempo que lleva el fenómeno de remoción en masa.

La mayoría de las personas que habitan la zona manifiestan que el deslizamiento comenzó a darse hace menos de tres años (1), pero algunos manifiestan que en el último año se ha agudizado más afectando los cultivo y las viviendas en forma notoria.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

9.1.32 **Conocimiento del fenómeno de remoción en masa.**

La mayoría de las familias manifiestan que este fenómeno no se daba años atrás, por lo que al momento de comenzar a vivir en la zona los terrenos eran estables y productivos, brindando seguridad a sus habitantes.

9.1.33 **Afectación emocional familiar.**

Cuatro (4) familias del sector manifiestan sentir temor, especialmente porque sus viviendas puedan colapsar; tres (3) más se sienten angustiados por la pérdida de productividad de sus terrenos; dos (2) manifiestan sentir todas las afectaciones emocionales; y una (1) familia manifiesta que esta situación le ha sumado más carga de estrés a su vida diaria.

9.1.34 **Economía familiar.**

Siete (7) de las familias dependen económicamente del predio afectado, pues ahí están sus áreas de cultivos y pastoreo de animales; las otras tres no dependen económicamente del predio que habitan en la zona de influencia del deslizamiento.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	---	---

Fotografía 39. **Vegetación del sector.**



Fuente: Registro fotográfico

9.1.35 **Uso del suelo.**

Cuatro (4) familias usan el predio como zona agrícola, en donde manejan pequeños cultivos, tres (3) familias usan sus terrenos para el pastoreo de animales en pequeña escala y tres (3) más solo usan el predio como vivienda.

9.1.36 **Capacitación en prevención de riesgos.**

La mayoría de las familias (7) desconocen si el municipio ofrece algún tipo de capacitación en prevención de riesgos a sus habitantes, solo tres familias reconocen que este en algunas ocasiones ha realizado algunas charlas en este tema, pero nunca han asistido a alguna de ellas, por lo que hay mucho desconocimiento frente al tema.

9.1.37 Reubicación de las familias

La mayoría de las familias manifiestan sentirse ajusto en la vereda que habitan por lo que no les gustaría cambiar a otro lugar, de ser necesaria una reubicación buscarían sitios más estables dentro de la misma vereda, solo dos familias estarían dispuestas a ubicarse en otra vereda diferente a la que habitan actualmente.

Fotografía 40. **Vista del área evaluada.**



Fuente: Registro fotográfico

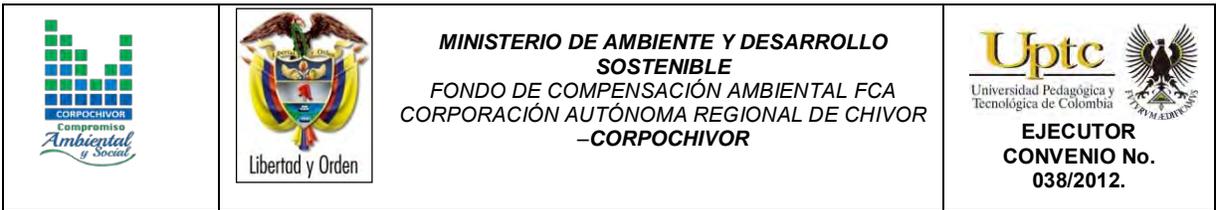
9.1.38 Consejo municipal de gestión del riesgo.

Nueve de las familias afectadas por el movimiento del terreno, dicen no haber recibido visitas por parte de estos entes municipales, por el contrario manifiestan que han realizado peticiones ante este ente gubernamental sin que sus palabras tengan eco hasta el momento.



9.1.39 **Peticiones a los entes municipales.**

Siete (7) familias del área afectada esperarían que la alcaldía les ayude en cuanto a la construcción de vivienda, ya que las que actualmente habitan se encuentran deterioradas y ubicadas en una zona inestable, dos (2) familias esperarían apoyo en cuanto al manejo de los riesgos especialmente en la parte productiva de los terrenos.



10 OBRAS RECOMENDADAS

Los planes de prevención, mitigación, monitoreo y mantenimiento son presentados en detalle en el Anexo 10 (Diseño de Obras) , que forma parte de este documento.

El presupuesto general se encuentra adjunto en el anexo 11 (Presupuesto y especificaciones técnicas de obras) y los planos de ubicación y detalle de las obras propuestas para control y mitigación de los FRM se presentan en el anexo 12 de este documento (Planos Obras Recomendadas).

En la memoria digital del presente estudio se presenta una hoja de cálculo correspondiente al presupuesto de las obras propuestas y el análisis detallado APU. Dicha hoja puede ser modificada por la entidad contratante correspondiente para modificación de AIU, precios unitarios, costos de transporte a los sitios de obra y demás ajustes que sean considerados por dicha entidad

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

11 CONCLUSIONES.

- Se clasifica el FRM estudiado como deslizamiento compuesto ya que su control estructural da como resultando superficies de ruptura irregulares; incluye un movimiento rotacional a lo largo de un escarpe principal seguido de un desplazamiento a lo largo de una superficie de debilidad casi horizontal, paralela a la estratificación, el proceso es activo remontante, y su velocidad es lenta, presenta un área aproximada de 11649,6 m² con una profundidad promedio de 4 m, las causas posibles pueden ser, por material plástico débil detonado por lluvias, por el mal manejo del suelo relacionado con matorrales, cultivos, uso agrícola, ganadería; los daños presentes en el área de las viviendas, áreas agrícolas y para pastoreo, erosión y deforestación son producto del desarrollo del deslizamiento. Se presenta entre la Formación Conejo (Kscn) y el Deposito Coluvial (Qc)
- La comunidad en particular recomienda que se tomen acciones frente a las filtraciones de agua que se dan desde la parte alta del movimiento y que se le oriente al campesino en como desde su cotidianidad contribuir a la mitigación de los riesgos de deslizamiento.
- Es necesario invitar a los pobladores de la zona a un cambio de actitud, de comportamiento social, de forma progresiva, que aporte a la minimización de la vulnerabilidad, y a la vez lo involucre activamente en la construcción de condiciones de vida más segura para todos.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	---	---

- El nivel de conciencia de peligro que maneja la comunidad depende en gran medida del tipo de características individuales, nivel cultural, ingresos económicos, creencias, el tipo de riesgo al que están expuestos y las políticas adoptadas por los entes gubernamentales quienes tienen la responsabilidad de velar por su protección integral.

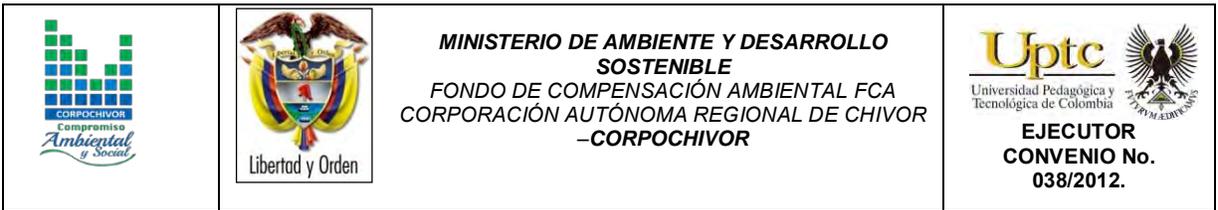
		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

12 RECOMENDACIONES.

- Debido a la vulnerabilidad estructural de las viviendas presentes en el área de estudio, deberán ser desalojadas todas la viviendas que se encuentren en zona de amenaza media, alta o a 50 m de éstas. Se recomienda la construcción de canales para el manejo del agua de escorrentía presente en el terreno.
- Se deberá construir un muro de contención para la protección de la vía, de acuerdo a la ubicación mostrada en el anexo 12.
- Se debe generar un sistema de captación de las aguas de riego de los cultivos presentes en la zona con el fin de mantener un nivel de humedad bajo en el terreno.
- Se recomienda la instalación de piezómetros, para monitorear la posición del nivel freático.
- Se deberá amojonar diferentes puntos en las zonas de deslizamiento y tomar lecturas trimestrales, para medir desplazamientos y determinar su velocidad.
- Debido al posible movimiento de un gran bloque en cuña del macizo se recomienda la instalación de inclinómetros en el sector para medir este desplazamiento y determinar su velocidad.
- Se recomienda que los organismos responsables desarrollen o preparen planes de contingencia adecuados que les permita a la población afrontar el riesgo. Preparándolos actuar ordenadamente, indicando sitios a dónde acudir, rutas de evacuación, entre otras.



- Se recomienda a las entidades competentes tomar las medidas necesarias para prevenir los riesgos físicos, económicos y sociales que afecten a las familias que aun habitan el área de influencia del deslizamiento.



13 BIBLIOGRAFÍA

Cuello, N., T.J. Killeen, C.V. Antezana. 1991. Línea de intercepción, una metodología apropiada para el estudio de las sabanas tropicales. en: C. Miranda, D. Restrepo, y E. Castellano (Eds.). Memoria del Curso de Vegetación y Ecología Tropical con un énfasis en los métodos.

metodología CORINELand Cover adaptada para Colombia 2010

Saunders, D.A., Hobbs, R.J. y Margules, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.

Foster, B. R., N. C. Hernández, E., E. K. Kakudidi y R. J. Burnham. 1995. Un método de transectos variables para la evaluación rápida de comunidades de plantas en los trópicos. Manuscrito no publicado. Chicago: Environmental and Conservation Programs, Field Museum of Natural History; and Washington, D. C.: Conservation Biology, Conservation International.

APG II. The Angiosperm Phylogenetic Group. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141 (4): 399–436.

Freire Fierro, A. 2004. Botánica Sistemática Ecuatoriana. Missouri Botanical Garden, FUNDACYT, QCNE,RLB y FUNBOTANICA. Murray Print, St. Louis 79-91.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Inst. Interamericano de cooperación para la agricultura. 1-445.

Scagel, R.F.; Bandoni, R.J., Rouse; G.E., Schofield, W.B.; Stein, J.R. & T.M.C., Taylor.1983. El Reino Vegetal. Los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 1-659.

THOMSON, Eugene P. Odum, Gary W. Warret. *Fundamentos de Ecología*. 5ª Edición, 2006.