



INFORME FINAL

**ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD)
Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VÍA BOYACA
RAMIRIQUI K21+400, VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI,
JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR
(CORPOCHIVOR).**

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

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1	INTRODUCCION..... 13
1	GENERALIDADES 14
1.1	PRESENTACION 14
1.1.1	Justificación 14
1.1.2	Alcance..... 15
1.2	OBJETIVOS DEL PROYECTO..... 15
1.2.1	Objetivo General..... 15
1.2.2	Metodología..... 16
1.3	LOCALIZACIÓN..... 17
1.4	PERSONAL..... 17
1.5	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS 18
1.5.1	Trabajo de campo..... 19
1.5.1	Análisis de Laboratorio 21
1.5.2	Trabajos de Oficina 21
1.6	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS..... 22
1.7	ESTADO DE LA INFORMACIÓN 23
2	ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS 25
2.1	ANÁLISIS HIDROLÓGICO 26
2.2	BALANCE HÍDRICO..... 26
2.2.1	Tipos de recarga..... 27
2.3	ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA 29
2.4	ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN 36
2.4.1	Mapas de Isoyetas generados a partir de los datos de Precipitación.. 48
2.5	ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP)..... 54
2.5.1	Formula de J. B. García y J.D. López..... 54
2.6	Estimación del Balance Hídrico 56
2.6.1	Metodología..... 57
2.7	RESULTADOS OBTENIDOS 60
2.8	MORFOMETRÍA DE LA CUENCA 63
3	GEOLOGIA 68
3.1	GEOLOGÍA HISTÓRICA 68
3.1.1	Periodo Cretáceo..... 69

3.2	MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	70
3.3	ESTRATIGRAFÍA.....	70
3.3.1	Formación Conejo (Kscn).....	71
3.3.2	Formación Plaeners (Kg2).....	73
3.3.3	Formación Labor y Tierna (Kg1).....	75
3.3.4	Formación Guaduas (Ktg).....	75
3.3.5	Depósitos Cuaternarios.....	76
3.4	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	76
3.4.1	Tectónica.....	76
4	GEOMORFOLOGÍA.....	79
4.1	GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	80
4.1.1	Análisis foto geológico.....	81
4.1.2	Procesos morfodinámicos	82
4.2	EROSIÓN.....	91
4.2.1	Algunas Formas de Erosión	93
4.2.2	Factores externos.....	94
4.2.3	Factores internos.....	94
4.3	PENDIENTES	96
4.3.1	Inclinación de las pendientes.....	96
4.3.2	Unidades geomorfológicas	98
4.4	USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO	101
4.4.1	Vegetación.....	103
4.4.2	Pastos	106
4.4.3	Cobertura y uso de suelo para el área de influencia del estudio	107
4.4.4	Estudio de la flora.....	110
4.4.5	Identificación y descripción de coberturas.....	112
4.4.6	Cultivos permanentes.....	118
4.4.7	Cultivos permanentes arbustivos.....	122
4.4.8	Cultivos permanentes arbóreos.....	124
4.4.9	Cítricos	127
4.4.10	Cultivos agroforestales	129
4.4.11	Cultivos y árboles plantados.....	129
4.4.12	Pastos	130
4.4.13	Pastos limpios	130
4.4.14	Pastos arbolados.....	132
4.4.15	Bosques y áreas seminaturales.....	133
4.4.16	Bosques	133
4.4.17	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	140
4.4.18	Áreas y porcentajes de las coberturas en el área de estudio.	146
4.4.19	Unidades de cobertura vegetal.....	146
5	HIDROGEOLOGÍA.....	150
5.1	Unidades Hidrogeológicas.....	150

5.1.1	Acuífero	150
5.1.2	Acuitardo	150
5.1.3	Acuicierres.....	151
5.2	MARCO HIDROGEOLOGICO GENERAL.....	152
5.2.1	UNIDAD I (Permeabilidad Alta)	152
5.2.2	UNIDAD II (Permeabilidad Media).....	152
5.2.3	UNIDAD III (Permeabilidad Baja)	152
5.3	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	152
6	ESTUDIO GEOELECTRICO (TOMOGRAFIA ELECTRICA	
	RESISTIVA).....	154
6.1	INTRODUCCION.....	154
6.2	OBJETIVO	157
6.3	PRINCIPIO DEL METODO GEOFISICO.....	157
6.3.1	Resistividad Aparente:.....	157
6.3.2	Dispositivos:	160
6.4	METODOLOGIA.....	161
6.4.1	TOMOGRAFIA N°1	162
6.4.2	TOMOGRAFIA N°2	165
6.4.3	RESULTADOS.	168
7	GEOTECNIA	169
7.1	EXPLORACIÓN DE CAMPO.....	169
7.1.1	Sondeos geotécnicos	169
7.2	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO.....	174
7.2.1	Trabajos de Laboratorio	174
7.2.2	Propiedades mecánicas de las rocas	180
7.2.3	Resumen de resultados.....	181
7.3	Clasificación del Macizo Rocoso.	182
7.3.1	Índice de Calidad de la Roca (RQD):	183
7.3.2	Clasificación Según el RMR:	184
7.3.3	Clasificación Según el Índice Geológico de Resistencia (GSI):.....	187
7.4	CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS	189
7.5	CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO.....	193
7.6	CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA.....	195
7.6.1	Causas Reales	195
7.6.2	Causas Inmediatas.....	196
7.7	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA.....	197
7.7.1	Análisis estructuralmente controlado.....	201
7.7.2	Análisis estructuralmente no controlado	202

**8 ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN
EN MASA 211**

8.1	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE AMENAZAS	211
8.2	RESULTADO DE ANALISIS.....	214
8.3	ANALISIS DE AMENAZA	215
8.3.1	Amenaza Alta.....	218
8.3.2	Amenaza Media.....	218
9	EVALUACIÓN Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO...219	
9.1	VULNERABILIDAD.....	219
9.1.1	INVENTARIO DE VIVIENDAS.....	220
9.2	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	221
9.2.1	Tipificación de las Estructuras	222
9.3	CALIFICACION DE LOS DAÑOS	223
9.4	INDICE DE EXPOSICION (IE).....	225
9.5	INDICE DE RESISTENCIA (IR).....	226
9.6	INTENSIDAD E INDICE DE DAÑO	230
9.7	EVALUACION Y GENERACION DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	234
9.7.1	RESULTADOS DE ENCUESTAS	235
9.7.2	Análisis y Graficas Estadísticas de las Encuestas Realizadas en el Municipio De Ramiriquí, Vereda Las Peñas.....	237
10	OBRAS RECOMENDADAS.....272	
11	CONCLUSIONES.....273	
12	RECOMENDACIONES.275	
13	BIBLIOGRAFÍA.....277	

LISTAS DE FOTOGRAFÍAS.

	Pág.
Fotografía 1. Exploración directa del subsuelo (spt)	20
Fotografía 2. Afloramiento Formación Conejo (Kscn). Margen derecha río Jenesano.	73
Fotografía 3. Contacto litológico entre la Formación Conejo (Kscn) y la Formación Plaeners (Kg2).....	74
Fotografía 4. Tejido urbano discontinuo presente en la zona de estudio.	113
Fotografía 5. Tejido artificializado de nivel 4 red vial.	114
Fotografía 6. Cultivo de Zea Mays	116
Fotografía 7. Cultivo De Arracacia Xanthorrhiza Bancroft (Hoker, 1831 y Muñoz, 1968) Presente en la zona.	118
Fotografía 8. Saccharum Officinarum Cultivo Presente en la zona de estudio	119
Fotografía 9. Musa Sapientum L.J Presente en la zona de estudio	121
Fotografía 10. Capsicum Anuum Presente En la zona de.....	123
Fotografía 11. Pyrus Communis Presente En la zona de estudio	125
Fotografía 12. Passiflora Mollissima Presente En la zona de estudio.	127
Fotografía 13. Citrus Nobilis Presente en la zona de estudio.....	128
Fotografía 14. Cultivo Agroforestal.....	129
Fotografía 15. Pastos limpios presente en la zona de estudio	131
Fotografía 16. Pastos Arbolados Presentes En El Sector de Puente Camacho.....	132
Fotografía 17. Bosque denso bajo de tierra firme	136
Fotografía 18. Bosque Ripario Presente En la zona de estudio	137
Fotografía 19. Pino presente en la zona de estudio.	139
Fotografía 20. Eucaliptos presentes en la zona de estudio.....	140
Fotografía 21. La Furcraea Bedinghausii K. Koch Herbácea presente presente en la zona	142
Fotografía 22. Helechal	143
Fotografía 23. Arbustal Abierto Mesofilo.....	144
Fotografía 24. Vegetación En Transición.....	146
Fotografía 25. Parte alta del deslizamiento.....	163
Fotografía 26. Parte baja del deslizamiento.....	166
Fotografía 27. Perforación realizada en la zona de estudio	171
Fotografía 28. Punto de rocas aflorantes en la cercanía del deslizamiento y zona de mapeo geológico.	174
Fotografía 29. Medición de volumen de la muestra para establecer propiedades físicas de la roca.	178
Fotografía 30. Muestra fallada en el ensayo de compresión no confinada.....	179
Fotografía 31. Muestras a las que se les realizo la prueba de corte directo.....	180
Fuente: Resultado del estudio.....	180
Fotografía 32. Ensayo de Tilt Test.....	180
Fotografía 33. Ensayo de carga por punta o ensayo Franklin.	181
Fotografía 34. Fotografía de la parte superior del deslizamiento.	194

Fotografía 35. Parte central del deslizamiento.	194
Fotografía 36. Derrumbe sobre la vía	203
Fotografía 37. Superficie de falla localizada en la recuperación de material obtenido en la perforación.	205
Fotografía 38. Material desplazado	215
Fotografía 39. Gran cantidad de material desplazado.....	216
Fotografía 40. Viviendas ubicadas dentro de la zona de deslizamiento Nótese el tipo constructivo utilizado.....	236
Fotografía 41. Vivienda ubicadas dentro del Deslizamiento	236
Fotografía 42. Sector rural	237
Fotografía 43. Servicios públicos de cada vivienda.....	240
Fotografía 44. Adulto mayor que habita en una de estas viviendas.....	246
Fotografía 45. Refugio construido en latas y tablas de madera	248
Fotografía 46. Vivienda de lata donde habitan dos adultos mayores	251
Fotografía 47. Estado de las viviendas	255
Fotografía 48. Inestabilidad del suelo.....	258
Fotografía 49. Situación de las viviendas	262
Fotografía 50. Terreno dedica a la producción agrícola en pequeños cultivos.....	268
Fotografía 51. Pequeños cultivos e los habitantes del sector	271

LISTAS DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1. Tabla general para la determinación de número de curva (CN).....	31
Tabla 2. Tabla general para la determinación de número de curva (CN).....	32
Tabla 3. Escorrentía Estación Villa Luisa, suelo tipo ML.....	33
Tabla 4. Escorrentía Estación Ramiriquí, suelo tipo OL.....	33
Tabla 5. Escorrentía Estación Ramiriquí, suelo tipo OL.....	34
Tabla 6. Escorrentía Estación Tibana, suelo tipo ML.....	34
Tabla 7. Escorrentía Estación Tibana, suelo tipo ML.....	35
Fuente: Resultado del estudio.....	35
Tabla 8. Escorrentía Estación Tibana, suelo tipo OL.....	35
Fuente: Resultado del estudio.....	35
Tabla 9. Escorrentía Estación Tibana, suelo tipo OL.....	36
Fuente: Resultado del estudio.....	36
Tabla 10. Estaciones pluviométricas utilizadas en la estimación de la precipitación para el área de estudio.....	37
Fuente: Resultado del estudio.....	37
Tabla 11. Precipitación media multianual mensual por estación.....	38
Fuente: Resultado del estudio.....	38
Tabla 12. Precipitación media multianual mensual por estación.....	39
Tabla 13. Precipitación media multianual mensual por estación.....	40
Fuente: Resultado del estudio.....	40
Tabla 14. Precipitación media multianual mensual por estación.....	41
Tabla 15. Precipitación media multianual mensual por estación.....	42
Tabla 16. Precipitación media multianual mensual por estación.....	43
Tabla 17. Rangos de temperatura Ramiriquí.....	55
Tabla 18. Rangos de temperatura Tibana.....	55
Tabla 19. Valores de Evapotranspiración.....	56
Tabla 20. Valores de Evapotranspiración.....	56
Tabla 21. Calculo de Infiltración, basado en los valores de escorrentía (R) y precipitación (P). Estaciones Ramiriquí Villa Luisa.....	59
Tabla 22. Calculo de Infiltración, basado en los valores de escorrentía (R) y precipitación (P). Estaciones Ramiriquí Villa Luisa.....	60
Tabla 23. Estimación del Balance Hídrico.....	61
Tabla 24. Valores de parámetros morfométricos para la microcuenca.....	67
Tabla 25. Descripción geomorfológica.....	101
Tabla 26. Especies de cobertura vegetal presentes en la zona de estudio.....	148
Tabla 27. Especies de cobertura vegetal presentes en la zona de estudio.....	149
Tabla 28. Inventario de nacederos observados.....	153
Tabla 29. Resistividades de algunos suelos y rocas.....	159
Tabla 30. Resistividad de los materiales presentes.....	163

Tabla 31. Resistividad de los materiales presentes.	166
Tabla 32. Coordenadas de los apiques realizados.....	170
Tabla 33. Coordenadas de los sondeos realizados.....	170
Tabla 34. Puntos de tomas de muestras de rocas aflorantes.....	171
Tabla 35. Resumen de Resultados de la Clasificación RMR	186
Tabla 36. Puntos de Control para realizar la clasificación geomecanica.....	187
Tabla 37. Resumen de Resultados de ensayos realizados para las muestras recuperadas en los apiques.	190
Tabla 38. Resumen de Resultados de ensayos realizados para las muestras recuperadas en los sondeos.	191
Tabla 39. Resumen de Resultados propiedades físicas y mecánicas de las rocas.	192
Tabla 40. Coeficientes de aceleración sísmica para el departamento Boyacá....	199
Tabla 41. Coeficientes de reducción de coeficientes de aceleración sísmica	200
Tabla 42. Resultados de análisis cinemático.....	201
Tabla 43. Valores de Propiedades Físicas y Mecánicas Utilizadas en los Modelos de estabilidad.	202
Tabla 44. Factores de seguridad para el modelo perfil A-A´	205
Tabla 45. Factores de seguridad para el modelo perfil B-B´	208
Tabla 46. Factores de seguridad para el modelo perfil C-C´	210
Tabla 47. Parámetros físicos y naturales estimados para la Identificación de Zonas Inestables (Deslizamientos)	213
Tabla 48. Categorización de amenazas por FRM	214
Tabla 49. Categorización de amenaza por FRM según NSR-10.....	215
Tabla 50. Criterios de resistencia de la estructura	223
Tabla 51. Categorías de los daños.....	224
Tabla 52. Índice de Exposición.....	226
Tabla 53. Factores de Ponderación	230
Tabla 54. Matriz para la determinación intensidad de daño.	231
Tabla 55. Determinación índice de daño.....	231
Tabla 56. Rangos de velocidad utilizadas en el estudio.....	233
Tabla 57. Categorías de las presiones laterales utilizadas en el estudio	234
Tabla 58. Matriz para escenarios de riesgo.....	235
Tabla 59. Número de integrantes por familia.....	235

LISTAS DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1. Localización.....	17
Figura 2. ORGANIGRAMA	18
Figura 3. Gráfico de precipitación media multianual mensual.	44
Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual.....	45
Figura 5. Precipitacion media mensual estacion Ramiriqui (2009).....	46
Figura 6. Precipitacion media mensual estacion Ramiriqui (2010).....	46
Figura 7. Precipitacion media mensual estacion Ramiriqui (2011).....	47
Figura 8. Isoyetas mes de enero y febrero.....	48
Figura 9. Isoyetas mes de marzo y abril.....	49
Figura 10. Isoyetas mes de Mayo y Junio	50
Figura 11. Isoyetas Julio Agosto	51
Figura 12. Isoyetas mes de Septiembre Octubre	52
Figura 13. Isoyetas mes de Noviembre y Diciembre	53
Figura 14. Comportamiento de las Curvas del Balance Hídrico	62
Figura 15. Imagen ilustrativa de la microcuenca de la Vereda Peñas.....	66
Figura 16. Imagen Mapa Geológico	71
Figura 17. Ventana extraída del mapa regional de Geomorfología del estudio de Consultoría para la Homologación y Estructuración de la Información Cartográfica Base.	79
Figura 18. Fotografías pertenecientes al vuelo 2803-252, 253 tomadas por el IGAC, durante los años 90	82
Figura 19. Esquema del movimiento compuesto.....	83
Figura 20. Esquema del movimiento compuesto.....	84
Figura 21. Esquema del movimiento compuesto.....	85
Figura 22. Esquema del movimiento, reptación 1	86
Figura 23. Esquema del movimiento, perfil reptación 1.....	87
Figura 24. Esquema del movimiento, reptación 2	88
Figura 25. Esquema del movimiento, reptación 3	89
Figura 26. Esquema del movimiento, Flujo de detritos.....	90
Figura 27. Esquema del movimiento, perfil Flujo de detritos	91
Figura 28. Imagen del Mapa de erosión.....	96
Figura 29. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes	97
Fuente: Resultado del estudio.....	97
Figura 30. Clasificación de pendientes.....	98
Figura 31. Imagen del Mapa Geomorfológico	100
Figura 32. 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).	104

Figura 33. Criterios para la clasificación de los bosques.....	134
Figura 34. Imagen del Mapa Hidrogeológico del área de estudio	151
Figura 35. Principio teórico de operación de las TER's.....	155
Figura 36. Rangos de resistividad para diferentes materiales.....	156
Figura 37. Dispositivo Wenner.....	160
Figura 38. Perfil 1 Tomografía.....	164
Figura 39. Perfil litológico 1	165
Figura 40. Perfil 2 tomografía.....	167
Figura 41. Perfil litológico 2	168
Figura 42. Perfil Geotécnico Sondeo (S3).....	172
Figura 43. Perfil Geotécnico apique (A2).....	173
Figura 44. Límites de Atterbeg	175
Figura 45. Manera de establecer las fases de la roca.....	177
Figura 46. Guía para la definición del Índice geológico de resistencia (GSI).	188
Figura 47. Modelo en tres dimensiones de la topografía respecto al deslizamiento.	193
Figura 48. Perfil Geológico 4	203
Figura 49. Modelo de análisis.....	204
Figura 50. Modelo de análisis Fellenious.....	206
Figura 51. Perfil Geológico 3.....	207
Figura 52. Modelo de análisis.....	207
Figura 53. Perfil Geológico 5.....	209
Figura 54. Modelo de análisis.....	209
Figura 55. Imagen Mapa de Amenaza	212
Figura 56. Indicadores de Índice de Vulnerabilidad social.....	220
Figura 57. Tipología de viviendas.....	227
Figura 58. Esquema de deslizamiento	232
Figura 59. Diagrama de barras tipo de sector	238
Figura 60. Diagrama de barras tipo de vivienda.....	239
Figura 61. Diagrama de barras Servicios públicos con que cuenta cada vivienda	240
Figura 62. Diagrama de barras de servicio de acueducto de cada casa	241
Figura 63. Diagrama de barras servicio de alcantarillado.....	242
Figura 64. Diagrama de seguridad social	243
Figura 65. Diagrama personas con discapacidad	243
Figura 66. Menores de edad en la vivienda.....	244
Figura 67. Ocupación de los niños q habitan la vivienda.....	245
Figura 68. Adultos mayores en el núcleo familiar.....	245
Figura 69. Estrato socioeconómico	246
Figura 70. Tipo de vivienda	247
Figura 71. Área de cada vivienda.....	248

Figura 72. Niveles de pisos	249
Figura 73. Edad de la construcción	250
Figura 74. Armazón de la vivienda	251
Figura 75. Cubierta de la vivienda	252
Figura 76. Tipos de muro de las viviendas	253
Figura 77. Tipo de pisos	253
Figura 78. Estado de la construcción	254
Figura 79. Daños sufridos en las construcciones	256
Figura 80. Tipo de daño	256
Figura 81. Parte más afectada de la construcción	257
Figura 82. Bases de la vivienda	258
Figura 83. Inestabilidad del suelo	259
Figura 84. Ingresos familiares	260
Fuente: Resultado del estudio	260
Figura 85. Apoyo de familia externa	260
Figura 86. Acciones de mitigación	261
Figura 87. Capacitación de riesgo inminente	262
Figura 88. Actuación frente a un evento catastrófico	263
Figura 89. Tiempo el deslizamiento	264
Figura 90. Situación inicial	265
Figura 91. Consecuencias en cada familia por esta situación	266
Figura 92. Dependencia económica del predio	266
Figura 93. Uso del predio	267
Figura 94. Conocimiento de capacitación de riesgos por parte del municipio	268
Figura 95. Aceptación de reubicación de las familias	269
Figura 96. Conocimiento de visitas por parte del consejo de gestión del riesgo	270
Figura 97. Expectativa de la alcaldía municipal	271

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

MAPA 7 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

MAPA 8 ZONIFICACIÓN GEOMECÁNICA

MAPA 9 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA

MAPA 10 VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL

MAPA 11 ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR FRM

ANEXO 2 - ANÁLISIS FOTO INTERPRETACIÓN

ANEXO 3 - RESULTADOS DE LABORATORIO

ANEXO 4 - CARTERAS TOPOGRAFICAS

ANEXO 5 - HIDROLOGIA

ANEXO 6 - CURVAS IDF

ANEXO 7 - FICHAS DE INVENTARIO DE PROCESOS GEOMORFOLOGICOS

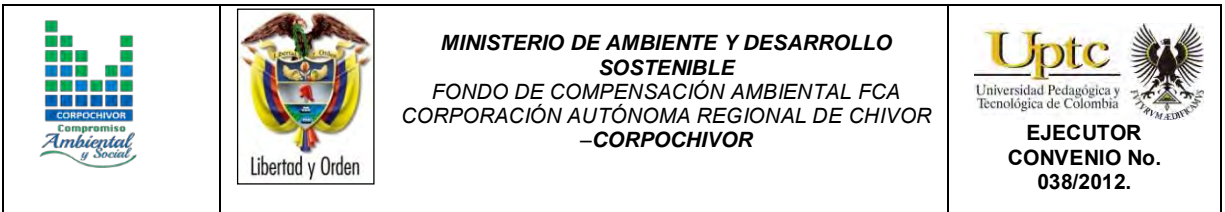
ANEXO 8 - ENCUESTAS SOCIOECONOMICAS

ANEXO 9 - FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DE VULNERABILIDAD FISICA

ANEXO 10 – DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION, PROTECCION Y RECUPERACION

ANEXO 11 - RESULTADOS DE SEV

ANEXO 12 - RESULTADOS PERFORACIONES






1 INTRODUCCION.

Debido a las altas temporadas invernales que están ocurriendo en Colombia, las precipitaciones han ocasionado gran afectación en las estructuras de tipo geomorfológico provocando inundaciones y diversos fenómenos de remoción en masa, como flujos torrenciales que ocasionan daños en las laderas aumentando así el riesgo y haciendo que las edificaciones y estructuras viales presenten mayor vulnerabilidad.

Algunos eventos de ocurrencia estacional, se vieron incrementados en su capacidad de daño, por el aumento de las precipitaciones, dando lugar a movimientos en masa de grandes proporciones que afectaron laderas de la mayoría de los municipios, incluyendo las provincias de Neira, Oriente y Marquez. 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, conllevaron a picos de escorrentía que provocaron desbordes e inundaciones de los valles intermontanos del territorio boyacense, afectados en mayor proporción los valles de Ubaté – Chiquinquirá, Tundama y Sugamuxi.

Con la elaboración del presente estudio, se pretende obtener información técnica básica, con información geotécnica, para el diseño e implementación de Obras de Mitigación y control en el Manejo de la problemática presentada en la Vereda Peñas, del sector Puente Camacho del Municipio de Ramiriquí.

		<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

1.1.1 Justificación

Ante la permanente ocurrencia de Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) 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 y sus Decretos reglamentarios, dispone que dentro del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres; corresponde al Concejo Departamental de Gestión del riesgo de Desastres el manejo de la cobertura departamental y al Concejo Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres, 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 generado sobre las comunidades, evaluando su

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

ocurrencia antes del Fenómeno de La Niña y durante el mismo, a fin de establecer nuevas áreas involucradas, vulnerabilidades y elementos en riesgo.

1.1.2 Alcance

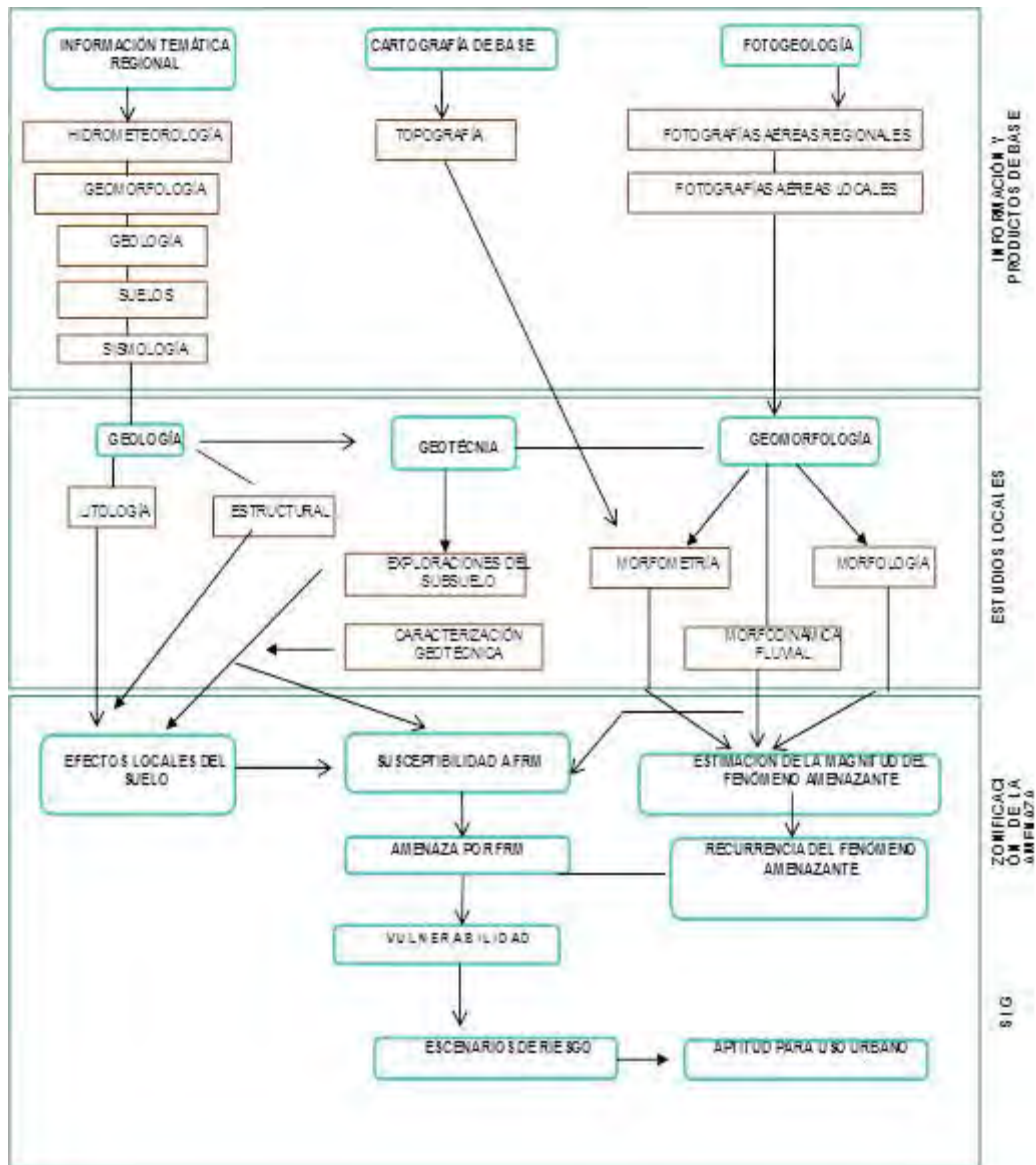
Se aclara que, la metodología de evaluación de amenazas propuesto, involucra como detonantes, el análisis de las precipitaciones para generar los respectivos Balances hidrológicos, el reconocimiento de las características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas para la posterior modelación y a partir de esta sugerir la obras de mitigación a desarrollar en las zonas afectadas.

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 Las Peñas en el Municipio de Ramiriquí, área afectada por fenómenos de remoción de masa. Municipio de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor CORPOCHIVOR.

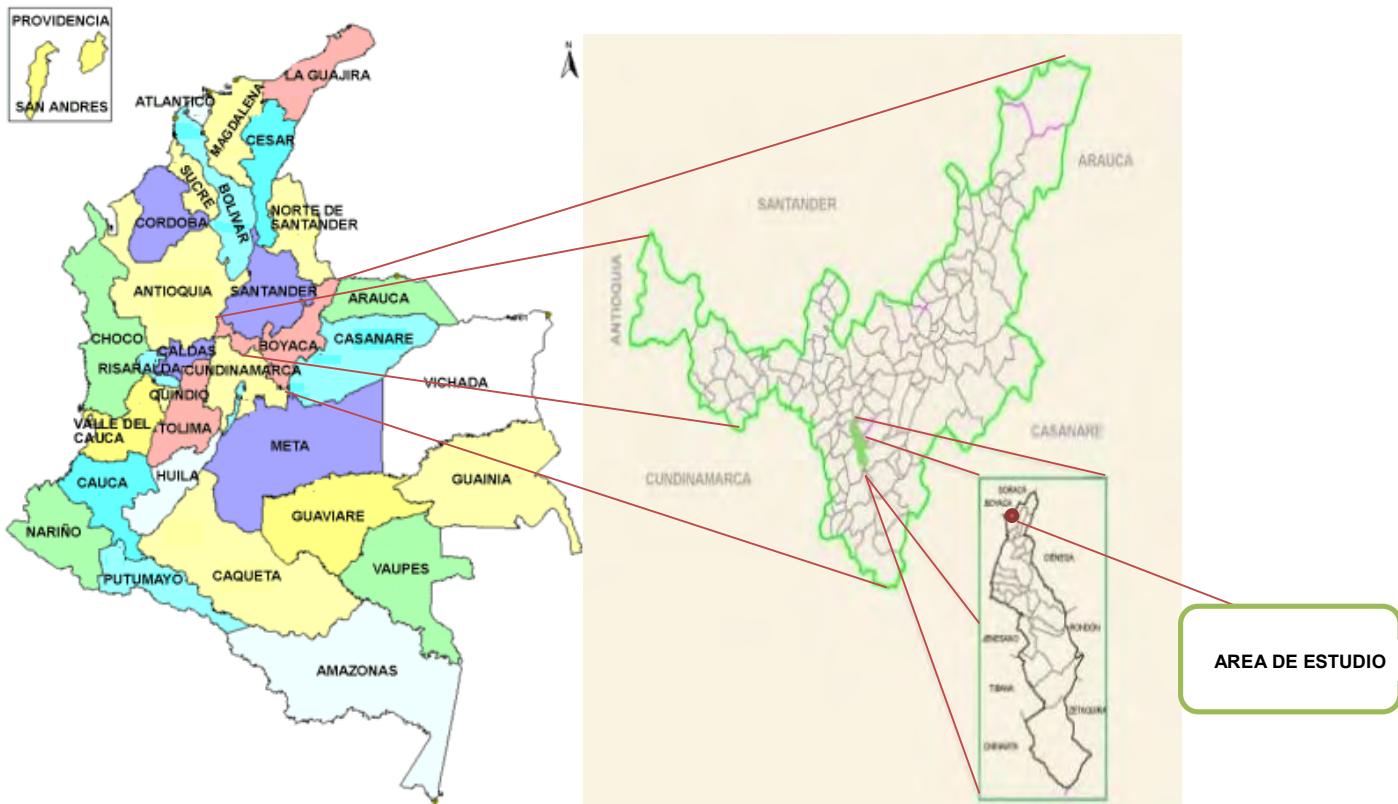
1.2.2 Metodología



ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

1.3 LOCALIZACIÓN.

Figura 1. Localización.



Fuente: EOT Municipio de Ramiriquí.

El área de Estudio se encuentra en las coordenadas N 1092055, E 1080675, a una altura de 2138 msnm; en la Provincia de Márquez, en el Municipio de Ramiriquí, sobre la vía del Progreso Tunja – Miraflores en el Kilómetro 29 sector Puente Camacho, Vereda Peñas.

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 y para el desarrollo de prospección Geoeléctrica se capacito personal que hace parte del convenio, la universidad contrato los servicios de Supervisión Rory Forero ,Manuel Romero, Catalina Rodríguez, la interventoría Técnica externa contratada por Corpochivor.

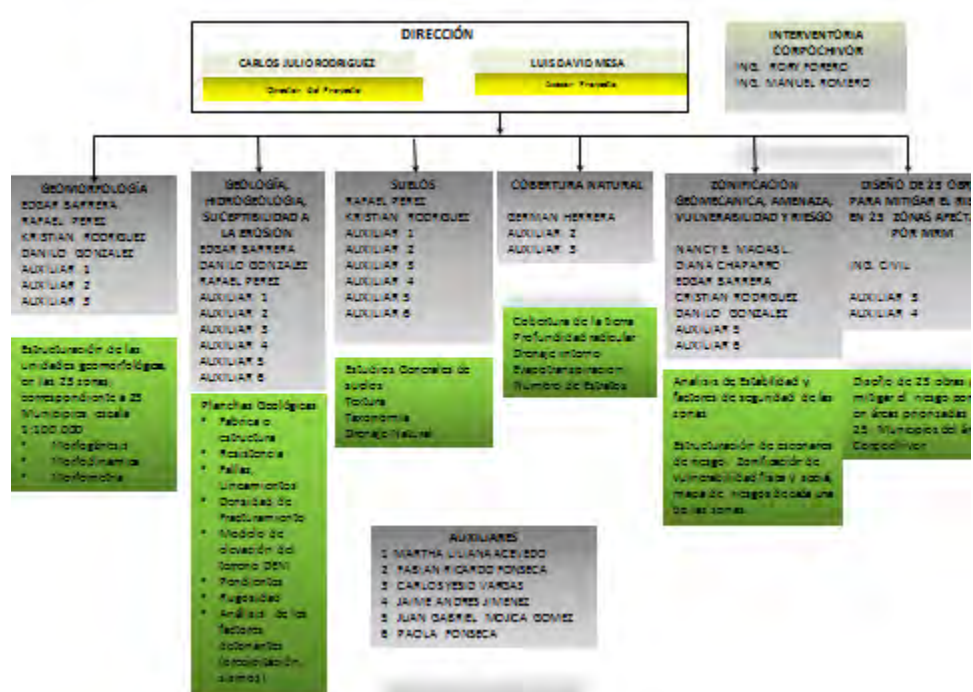
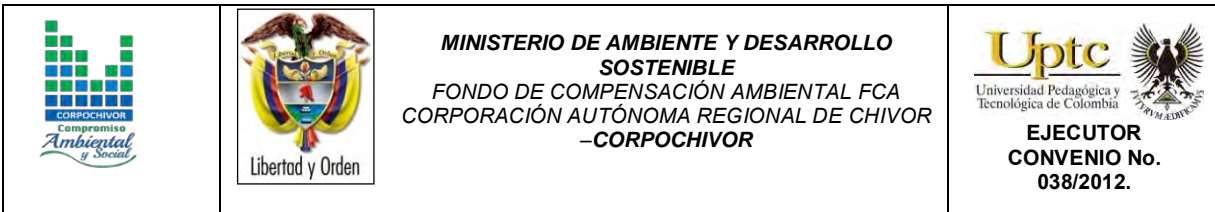


Figura 2. ORGANIGRAMA

1.5 DESCRIPCION 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 mediante Tomografías.

El trabajo de campo consistió en:

Apiques y sondeos geotécnicos. En total, se realizaron 3 apiques geotécnicos y 3 sondeos manuales por SPT (standar penetration test), en los que se tomaron muestras para análisis, cuya profundidad de exploración varío de los 2 a los 10 m (Anexo 3 y figura 2).

Fotografía 1. Exploración directa del subsuelo (spt)

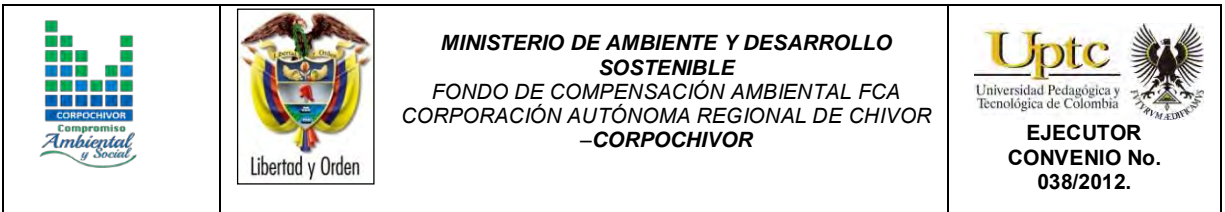


Fuente: Resultado del estudio

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: 1.000.

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: 500). 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.

Tomografías. En el área del estudio se realizaron dos 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 2).

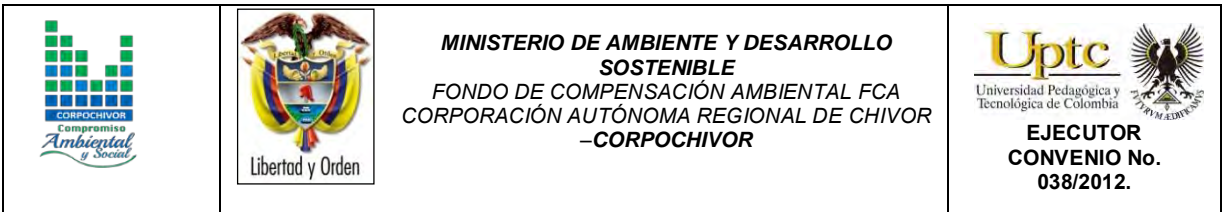
Diagnóstico estructural de viviendas. Se realizó un inventario de tres (3) viviendas, cualificando la afectación del fenómeno de remoción en masa (FRM), en aspectos estructurales, en donde se resaltó la presencia de fisuras en pisos y paredes (anexo 5). Se averiguó con los habitantes del sector acerca 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.

1.5.1 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 Propiedades Físicas, Tilt Test, Carga por punta, Angulo de reposo. En total se hicieron 105 análisis.

1.5.2 Trabajos de Oficina

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



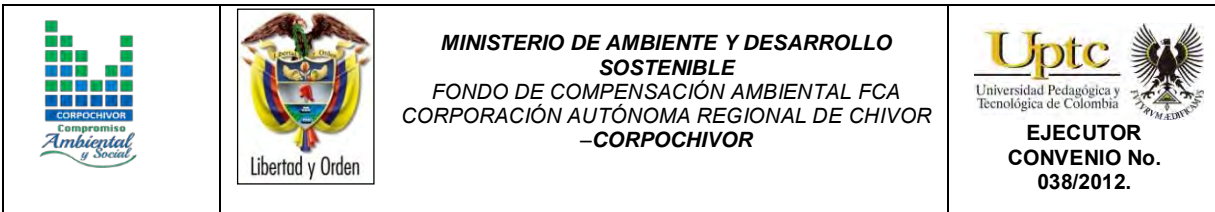
1. Recopilación y revisión de información,
2. Procesamiento y análisis de resultados,
3. Concepción del modelo de secuencia cronológica de los distintos eventos ocurridos,
4. Definición del mapa de Amenazas por movimientos en masa,
5. Análisis de estabilidad para las zonas homogéneas definidas,
6. Planteamiento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

1.6 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 (FRM) existentes.

En la Vereda Las Peñas del municipio de Ramiriquí, se ha generado un deslizamiento rotacional compuesto, de tipo estructural y direccional, con



procesos de reptamiento, debido a la litología presente en donde influyo como factor detonante el clima.

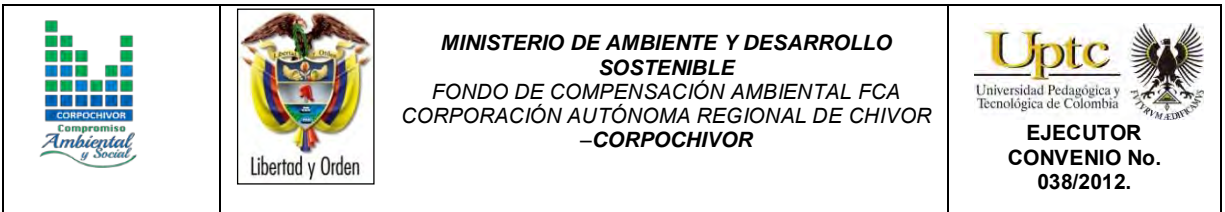
El estudio incluye análisis geológicos y geotécnicos necesarios para realizar el análisis de ingeniería y el diseño detallado de la alternativa seleccionada junto con los cálculos de cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas.

1.7 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 con el fin 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, geoelectrica, sondeos eléctricos verticales, perfiles y registros eléctricos.
- Hidrogeológica: Inventario de puntos de agua, niveles de agua, cartografía hidrogeológica, balance hídrico.



Después de llevar a cabo el análisis de la información base de apoyo se procedió a evaluar y calificar el grado de confiabilidad de la misma, con la finalidad de clasificar, seleccionar y depurar determinada información.

		<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>
---	---	---	---

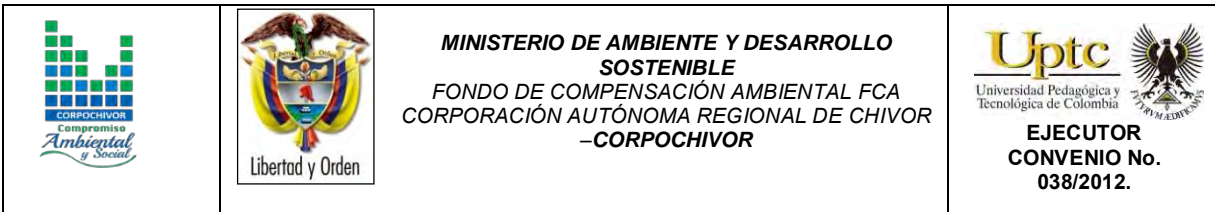
2 ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS

Desde el punto de vista biofísico, el clima es importante por su directa intervención en la evolución de los suelos y el paisaje. También por ser uno de los elementos o insumos necesarios para la determinación de las amenazas naturales y desde el punto de vista socioeconómico, por la influencia en la decisión de utilización de las tierras para determinados usos específicos utilizando el territorio.

Según la clasificación de Köppen, El área de estudio presenta un clima de tipo EH: Frío de alta montaña. Al igual que todas las regiones de la Zona Intertropical, el clima está influenciado solamente por la altitud y las corrientes oceánicas que causan leves variaciones de temperatura, la más significativa entre el día y la noche.

Cuenta con dos periodos de baja precipitación (diciembre a marzo y julio a septiembre) y dos periodos lluviosos (abril a junio y octubre a noviembre), que varían su intensidad según la influencia de los fenómenos de la Corriente de Humboldt que se presentan cada 2 o 3 años en los países del norte de Sudamérica.

El control climático está afectado principalmente por el factor altitud, común en la región tropical. La altitud a la que se encuentra, hace que se presente piso térmico frío montano bajo. Ocasionalmente corresponde a temperaturas entre los 10 y 15.5°C pero que ocasionalmente, pueden llegar a variar entre 4.5° en horas de la noche y 20.2°C en el medio día.



Se pueden definir dos periodos secos y dos lluviosos con precipitaciones promedio entre 700 y 900 mm anuales.




La presencia de vientos alisios que provienen de la región amazónica con características húmedas, penetran en los meses de julio y agosto haciendo que estos meses sean lluviosos.

2.1 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.

2.2 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 Ramiriquí 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.

		<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 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.

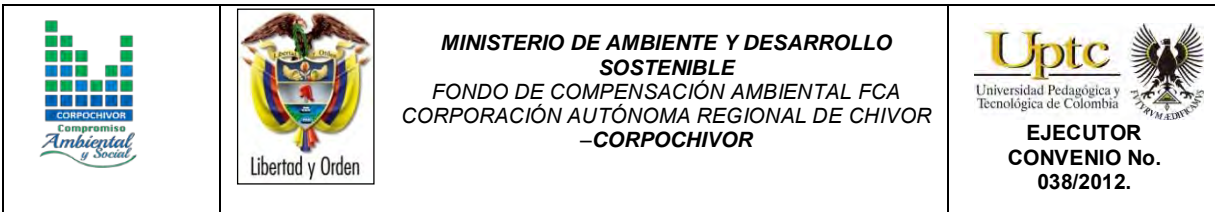
La recarga a un acuífero puede definirse como el agua que alcanza las reservas subterráneas. Este concepto es importante para estudios de recursos hídricos y para determinar el comportamiento de ciertos contaminantes que puedan llegar a presentarse en un momento dado.

2.2.1 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:

1. Recarga directa o recarga difusa, proveniente del agua lluvia.



2. Recarga concentrada o indirecta, producto de cauces permanentes, estacionales y efímeros.
3. Flujos laterales, procedentes de otros acuíferos.
4. Retorno de riegos, excesos de riegos o las pérdidas en los canales de distribución.
5. Recarga Urbana, producto de fugas de redes de desabastecimiento y redes de alcantarillado.

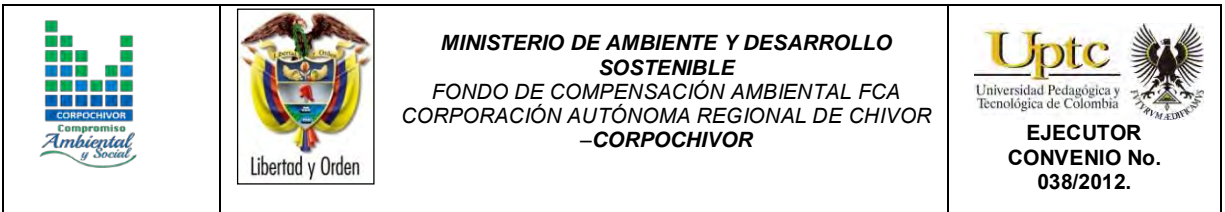
Lerner (1990) y luego Simmers (1997) definen la recarga localizada como una categoría intermedia la cual implica un movimiento horizontal del agua antes de que termine el proceso de recarga.

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.

2.3 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:

		<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>
---	---	---	---

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

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 SCS para la estimación del número de curva, que representa un coeficiente de escurrimiento para una zona, o una cuenca hidrológica (ver Tabla 1) (Chow et al., 1994; USDA, 1986).

Tabla 1. 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	88
		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 alternancia	R	Pobre	66	77	85	89	
	R	Buena	58	72	81	85	
	C	Pobre	64	75	83	85	
	C	Buena	55	69	78	83	
	C + T	Pobre	63	73	80	83	
	C + T	Buena	51	67	76	80	

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

Tabla 2. Tabla general para la determinación de número de curva (CN).

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición Hidrológica	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
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
	-	Pobres	57	73	82	86
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
Montes con pastos (aprovechamiento silvopastorales)	-	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 aterrizados (terrazas abiertas con desagüe para la conservación de suelos).

Tabla 3. Escorrentía Estación Villa Luisa, suelo tipo ML

P	Q	S ML (A)	CN
48,2583333	0,33486267	199,571429	56
60,9675	2,00901325	VILLA LUISA	
97,7333333	12,9882128		
99,0366667	13,5119427		
64,8566667	2,77097595		
82,2833333	7,41974317		
78,5333333	6,26150492		

Fuente: Resultado del estudio

Tabla 4. Escorrentía Estación Ramiriquí, suelo tipo OL

P	Q	S OL (B)	CN
85,675	30,8028686	84,6666667	75
78,3333333	25,8098585	RAMIRIQUI	
70,7916667	20,9400474		
90,275	34,0425087		
95,8333333	38,0591604		
87,5558333	32,1177427		
98,7491667	40,2074127		
68,1416667	19,2993075		
101,5833333	42,3208335		
96,475	38,5295716		

Fuente: Resultado del estudio

Tabla 5. Escorrentía Estación Ramiriquí, suelo tipo OL

P	Q	S OL (B)	CN
101,616667	42,345834	84,6666667	75
77,8583333	25,4949731	RAMIRIQUI	
92,7525	35,8196478		
96,75	38,7315854		
91,3333333	60,6061314		
71,7333333	21,5323136		
102,441667	42,9656243		
89,425	33,4378816		
113,175	51,1997332		
69,375	20,0580689		
111,325	30,8028686		
52,1583333	25,8098585		

Tabla 6. Escorrentía Estación Tibana, suelo tipo ML

P	R	SML(A)	CN
78.125	19.695.455	2.864.255	47
82.041.667	19.695.455	TIBANA	
82.041.667	13.273.344		
77.458.333	18.274.805		
81.095.833	2.530.127		
85.5	75.825.585		
10.783.333	36.341.839		
91.416.667	26.309.498		
86.083.333	12.592.362		
76.916.667	42.252.437		
94.25	17.344.981		
80.458.333	33.860.726		
90.166.667	0.2110686		
65.166.667	13.009.446		

Fuente: Resultado del estudio

Tabla 7. Escorrentía Estación Tibana, suelo tipo ML

P	R	SML(A)	CN
77.25	0.0239576	2.864.255	47
59.916.667	0.4507338	TIBANA	
68.875	34.105.309		
90.291.667	10.412.628		
75.083.333	0.2336445		
65.583.333	15.076.807		
78.833.333	16.808.513		
80.083.333	16.903.315		
80.15	0.475848		
69.2	0.1419712		
63.733.333	0.2806106		
66.391.667	0.5864094		
70.541.667	17.189.201		
80.35	0.7789601		
72.616.667	14.321.277		
0	0.6767332		
71.55	15.009.357		

Fuente: Resultado del estudio

Tabla 8. Escorrentía Estación Tibana, suelo tipo OL

P	R	SOL(B)	CN
78.783.333	13.728.115	1.251.045	67
73.891.667	10.335.513	TIBANA	
66.516.667	96.535.721		
64.933.333	31.263.766		
10.511.667	11.795.563		
69.783.333	84.535.722		
62.041.667	17.174.537		
80.75	35.465.304		

Fuente: Resultado del estudio

Tabla 9. Escorrentía Estación Tibana, suelo tipo OL

P	R	SOL(B)	CN
11.168.333	19.654.765	1.251.045	67
85.4	32.305.357	TIBANA	
10.676.667	23.894.793		
92.933.333	0.0105494		
26.175	99.598.344		
197.05	64.265.218		
1.524.025	52.211.453		
13.605.833	11.741.024		
21.839.167	79.056.298		
17.156.667	60.428.872		
14.728.333	23.321.879		
91.941.667	50.266.154		
13.334.167	17.431.522		
81.241.667	62.552.239		

Fuente: Resultado del estudio

2.4 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 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 2 estaciones climatológicas (Tabla 10), 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 10. 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	RAMIRIQUI
35070010	RAMIRIQUI	RIO JENESANO	BOYACA	RAMIRIQUI
35077090	PUENTE ADRIANA	RIO JENESANO	BOYACA	JENESANO
35070040	TIBANA	RIO TIBANA	BOYACA	TIBANA

Fuente: Resultado del estudio

En la Tabla 10 se presentan los valores de precipitación medios mensuales multianuales (mm) para cada una de las estaciones delimitadas dentro del área de estudio, información que se utilizó para la estimación de la recarga de agua para la Formación Conejo (Kscn) que se delimito y que hace parte del área del presente convenio.

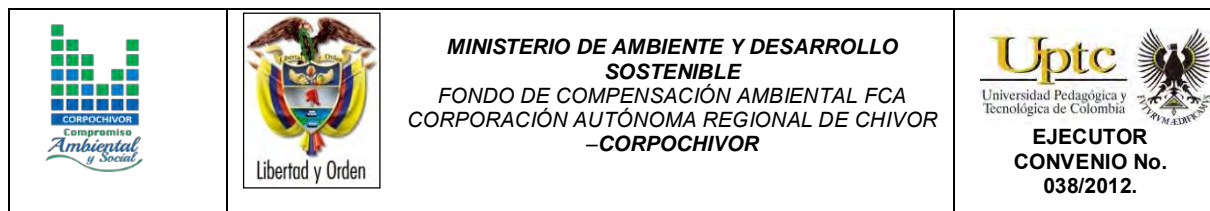


Tabla 11. Precipitación media multianual mensual por estación.

NOMBRE ESTACION	ESTE	NORTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	AÑO	ANUAL	PROMEDIO AÑO
VILLA LUISA	1095086	1072356	90	106	82,1	78	118	84	21						1982	579,1	48,25833333
VILLA LUISA	1095086	1072356	0,2	32,03	16,2	88,13	66,2	64,23	115,53	74,23	63,68	95,38	19,2	96,6	1983	73161	60,9675
VILLA LUISA	1095086	1072356	65,1	102,7	65,3	52,8	17,12	1619	148,1	138,9	109,1	70,1	75,1	12,5	1984	1172,8	97,73333333
VILLA LUISA	1095086	1072356	20,6	37,58	52,68	88,48	144,08	120,08	138,88	108,8	77,18	134,2	221,1	45,4	1985	188,4	99,03666667
VILLA LUISA	1095086	1072356	10,08	34,18	46,88	76,28	120,68	97,38	58,9	137,7	10,3	142,9	35,4	7,6	1986	778,28	64,85666667
VILLA LUISA	1095086	1072356	9,7	39	314	79,7	133,7	105,2	137,5	1114	76,9	170,7	65,4	26,8	1987	987,4	82,28333333
VILLA LUISA	1095086	1072356	12,7	43,2	28,1	59,3	89,1	127,1	126,3	89,4	96,3	126,8	121,2	22,9	1988	942,4	78,53333333
RAMIRIQUI	1097275	1071213	23,1	41,7	68,2	118,9	148,7	123,3	148,1	59,9	64,4	1114	91,2	29,2	1990	1028,1	85,675
RAMIRIQUI	1097275	1071213	3,8	13,2	51,3	53,3	148,9	125,2	154,2	143	76,4	50,6	109,1	11	1991	940	78,33333333
RAMIRIQUI	1097275	1071213	8,5	26,5	46,4	78	98,8	72,8	128,1	97,3	86,4	32,9	144,7	29,1	1992	849,5	70,79166667
RAMIRIQUI	1097275	1071213	115	6	80,4	1218	211,6	105,3	138,6	90,2	112,2	59	1314	15,3	1993	1083,3	90,275
RAMIRIQUI	1097275	1071213	28	43,4	48,1	1014	197,8	127,2	140	118,4	77,4	137,2	116,3	14,8	1994	1150	95,83333333
RAMIRIQUI	1097275	1071213	4,5	13,4	99,8	96,6	127,7	146,1	135,3	89,6	81,3	114,29	93,69	48,39	1995	1050,7	87,55583333
RAMIRIQUI	1097275	1071213	52,8	44	88,3	56,5	198,1	170,1	176,1	106,3	74	99,59	42,6	76,6	1996	1185	98,74916667
RAMIRIQUI	1097275	1071213	32,3	34,4	19,7	74,5	97,9	92,4	148,3	95,9	81,7	71,1	58,2	11,3	1997	817,7	68,14166667
RAMIRIQUI	1097275	1071213	0,3	40,5	67,1	120,4	244,7	227,6	228,5	100	60,5	129,4			1998	1219	101,58333333
RAMIRIQUI	1097275	1071213	27,8	83,8	60,5	129,2	89	177,9	109,1	38,9	160,9	131,1	113,7	35,8	1999	1157,7	96,475
RAMIRIQUI	1097275	1071213	31,5	47,8	83,6	75,2	133,3	145,9	115,6	131,7	105,2	140,5	112,8	46,3	2000	1219,4	101,666667
RAMIRIQUI	1097275	1071213	10,8	26,9	18,8	47,1	133,5	111	108,3	136,8	120	70	85,3	65,8	2001	934,3	77,85833333

Fuente: Resultado del estudio

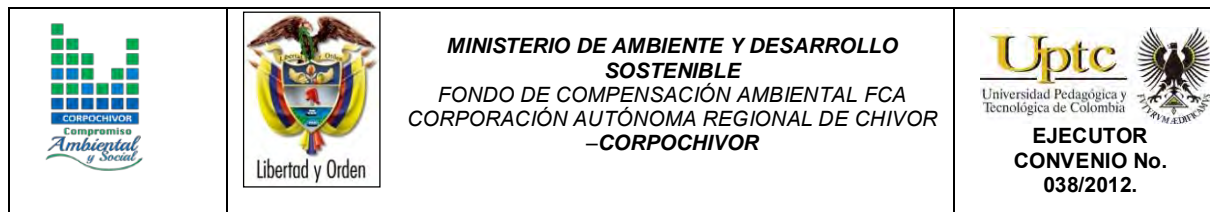


Tabla 12. Precipitación media multianual mensual por estación.

NOMBRE ESTACION	ESTE	NORTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	AÑO	ANUAL	PROMEDIO AÑO
RAMIRQUI	1097275	1071213	2	32	106,6	156	170,2	196,4	918	139,1	88,03	53,1	55,3	22,5	2002	113	92,7525
RAMIRQUI	1097275	1071213	7,2	16,1	97,7	102,4	133,6	115,9	174,5	81	113,4	145,2	116,8	58,2	2003	1161	96,75
RAMIRQUI	1097275	1071213	9,5	25,3	211	131,7	210,7	132,1	127	140,1	98,7	77,1	812	415	2004	1096	9133333333
RAMIRQUI	1097275	1071213	23	35,2	38,8	86,9	116,9	107,1	66,4	131,3	103	152,2			2005	860,8	7173333333
RAMIRQUI	1097275	1071213		146,5	136,2	115,4	223	121,9	97,9	78,1	145,8	128,2	36,3		2006	1229,3	102,4416667
RAMIRQUI	1097275	1071213	8,7	114	46,3	106,1	135,1	126,4	117,2	133,2	73,8	147,5	69,7	47,7	2007	1073,1	89,425
RAMIRQUI	1097275	1071213	22,5	10,5	143	69	169,2	159,7	152,7	166,7	69,2	132,2	203,9	59,5	2008	1358,1	113,175
RAMIRQUI	1097275	1071213	44	45,2	100,4	86,2	79,4	100,4	118	125,3	85,5	38,6	9,5		2009	832,5	69,375
RAMIRQUI	1097275	1071213	4,5	9,3	53,2	172,1	221,7	115,8	278,5	52,6	49,5	149,3	168,3	61,1	2010	1335,9	111,325
RAMIRQUI	1097275	1071213	22,1	912	86,3	244,9	2114								2011	625,9	52,16833333

Fuente: Resultado del estudio

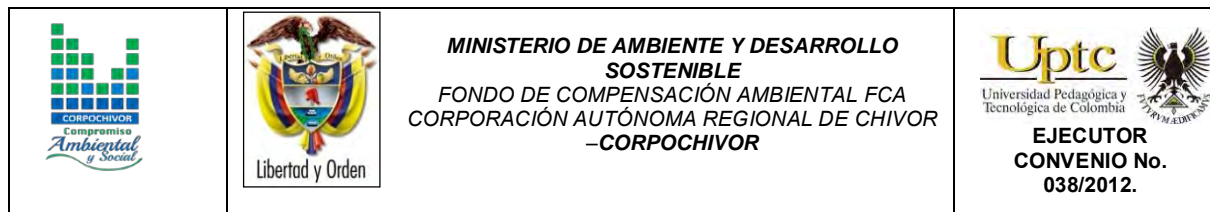


Tabla 13. Precipitación media multianual mensual por estación.

NOMBRE ESTACION	ATITUD	LONGITUD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	AÑO	ANUAL	PROMEDIO AÑO
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	1.2	3.6	14.75	24.5	17.5	41.5	88	46.75	32	52	24.5	4.5	1986	383.12	319266667
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	3.75	4.5	10.2	9.75	36.75	52	62.7	35	15.8	21.3	48.82	6.5	1987	307.07	25,589.6667
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	4.7	5.9	2.18	12	13.92	42	54.6	43.5	26.1	26.1	81.25	29.8	1988	342.05	28,504.6667
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	2.96	3.6	15.52	9.96	14.68		22	17.2	11.48	22	8	5.16	1989	132.56	110466667
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	5.4	7.8	8.4	14	59.2	19.7	40.2	18.88	12.4	12.4	15.6	18	1990	231.98	19,331.6667
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	2.4	14	6.6	8.8	54.6	34,903	114.03	146.08	43.2	16.5	17.6	18	1991	447.91	37,32608333
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	1.7	14846	2,8526	17,103	13	28.5	69	83	28.5	10.2	31.5	17.1	1992	303.94	25,32835
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	17.5	17.5	16.5	28.1	28.1	55.5	28.1	68.5	55.5	13.5	21.34	15.5	1993	365.64	30.47
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	13.5	20.06	63.3	71.35	8,2503	26.7	55,503	14	8.68				1994	281.34	23,445275
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	3.55	0.043	3.55	21.153				60	25.75	69	32	15.8	1995	230.85	19,237.6667
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	7.24	7.24	8.73	8.73	46.83	87,548	87,548	20.53	14.84	25.77	25.77	29	1996	369.78	30,81466667
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	11.25	13.4	3.88	5.23	18.25	11.25	76,788	66,108	29.4	10.16	38.68	4	1997	288.4	24.033
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	6,9908	1,008	1,0008	1,6008	19	3.5	5.9	3.5	4.9	4.4	2.4	13	1999	38,493	3,20776667
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	5,8908	1,1898	13,098	10,848	24,018	26,378	43,618	36,718	26,378	13,688	41,218	8,6908	2000	262.44	21870.13333
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	8,6908	1,5508	3,208	7,5608	20,318	26,378	11,898	53,778	32,218	9,2608	9,2608	9,2608	2001	193.3	16,10796667
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	0,8108	181	1195	14,34	32,338	17,27	47,69	20,16	18,66	30,03	34,838	26,89	2003	256.79	21,3989
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	1,1008	1	119	12.7	18.7	75,008	58,708	125,33		44.3	42,308	38,608	2004	429.66	35,80523333
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	19,41	23,23	25,85	36,088	61,578	66,658	64,488	67,388	71,928	47,698	41,098	13,65	2005	539.06	44,922
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	15,34	10,77	27,42	31,08	36,088	70,37	85,868	72,698	17,02	55,77	49,028	37,348	2006	508.8	42.4
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	5,35	3,537	9,647	13,29	10,21	28,99	28,99	49,02	10,49	20,16	18,66	8,524	2007	206.87	17,239
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	5,35	1881	4,51	30,03	15,343	24,8	25,85	27,42	11,49	20,16	28,99	14,92	2008	210.74	17,562
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	4,51	7,682	7,962	4,8	7,824	3,797	31,41	31,41	31,41	16,15	7,824	5,934	2009	160.71	13,39275
PTE ADRIANA	1096.51	1070.48	0,806	1,291	5,556	9,336	23,76	19,95	29,88	25,67	7,068	11,98	12,363	31,413	2010	179.07	14,92275

Fuente: Resultado del estudio

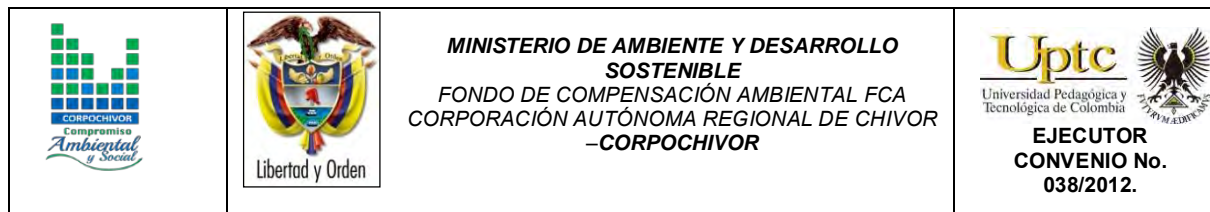


Tabla 14. Precipitación media multianual mensual por estación.

NOMBRE ESTACION	ESTE	NORTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	AÑO	ANUAL	PROMEDIO AÑO
TIBANA	1093966	1064619													1958		
TIBANA	1093966	1064619	15	18	27.5	72.5	142.5	91	164	139	85	105	615	30	1959	2896.5	78.125
TIBANA	1093966	1064619	6.5	19	60	69	106	109	138	129	121	98	42	87	1960	2944.5	8.204.166.667
TIBANA	1093966	1064619				984.5									1961	2945.5	8.204.166.667
TIBANA	1093966	1064619	13	9	67.5	31	201	144	165	73	84	79	63		1962	28915	7.745.833.333
TIBANA	1093966	1064619	20.18	16.38	36.68	83.88	151.03	143	187	146	62	40	76	11	1963	2936.15	8.109.583.333
TIBANA	1093966	1064619	0	13	3	90	145	134	180	87	149	92	67	66	1964	2990	85.5
TIBANA	1093966	1064619	9	19	42	108	199	146	128	139	115	202	167	20	1965	3259	1078.333.333
TIBANA	1093966	1064619	9	1	70	47	74	136	179	134	118	77	181	71	1966	3063	9.141666.667
TIBANA	1093966	1064619	33	1	39	141	145	169	122	143	102	51	78	9	1967	3000	8.608.333.333
TIBANA	1093966	1064619	17	39	23	114	71	122	145	122	92	109	61	8	1968	2891	7.691666.667
TIBANA	1093966	1064619	91	25	14	131	132	118	155	116	85	169	57	38	1969	3100	94.25
TIBANA	1093966	1064619	51	63	12	50.5	130	112	169.5	127.5	73	117.5	37	22.5	1970	2935.5	8.045.833.333
TIBANA	1093966	1064619	46	19	48	53	247	110	138	129	102	110	46	34	1971	3053	9.016.666.667
TIBANA	1093966	1064619	46	17	42	124	116	81	75	75	100	47	59	0	1972	2754	6.516.666.667
TIBANA	1093966	1064619	2	0	8	56	123	122	107	174	142	88	74	31	1973	2900	77.25
TIBANA	1093966	1064619	20	24	63	82	47	60	74	80	81	105	83	0	1974	2693	5.991666.667
TIBANA	1093966	1064619	2	38	49	36	59	16	86	128	62	100	86	64.5	1975	28015	68.875
TIBANA	1093966	1064619	7	15	44	85	138	178	157	99	98	141	100	215	1976	3059.5	9.029.166.667
TIBANA	1093966	1064619	0	5	21	74	118	178	106	130	130	61	70	8	1977	2878	7.508.333.333
TIBANA	1093966	1064619	3	7	51	139	97	107	85	119	91	45	25	18	1978	2765	6.558.333.333
TIBANA	1093966	1064619	2	6	24	114	74	173	112	101	46	127	129	38	1979	2925	7.883.333.333

Fuente: Resultado del estudio

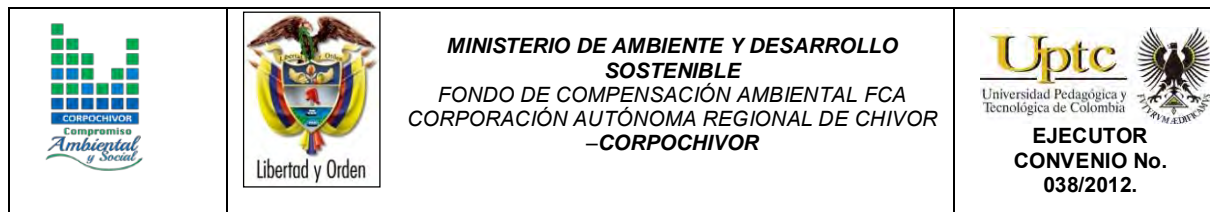


Tabla 15. Precipitación media multianual mensual por estación.

NOMBRE ESTACION	ESTE	NORTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	AÑO	ANUAL	PROMEDIO AÑO
TIBANA	1093966	1064619	17	2	23	62	94	216	117	114	102	149	44	21	1980	2941	8.008.333.333
TIBANA	1093966	1064619	5	36	25	146	193.2	1115	117.4	88.9	87.1	83.1	42.5	26.1	1981	2942.8	80.5
TIBANA	1093966	1064619	33.6	212	59.8	93.4	141	96.6	103.9	87.6	72.1	77.7	25.5	18	1982	2812.4	69.2
TIBANA	1093966	1064619	3.6	44.3	17.3	109.8	912	77.6	137.3	913	69.1	68.3	22.5	32.5	1983	2747.8	6.373.333.333
TIBANA	1093966	1064619	29	36.9	20.4	66.4	82	94.8	140.5	112.5	106.4	18.8	79.8	9.2	1984	2780.7	6.639.166.667
TIBANA	1093966	1064619	14.7	1	416	40.8	1019	180.5	98.8	107.5	94.8	56.6	76.8	315	1985	28315	7.054.166.667
TIBANA	1093966	1064619	5.4	99.4	55.3	107.2	74.6	149.6	115.8	55	103.8	124.6	58.3	15.2	1986	2950.2	80.35
TIBANA	1093966	1064619	5.2	317	18	818	1116	114.3	138	130.6	65.7	1112	49.5	13.8	1987	2858.4	7.261666.667
TIBANA	1093966	1064619	311	10	122.7	44.6	1816	79.9	90.2	65.5	73.1	78.1	64.3	17.5	1989	2847.6	7155
TIBANA	1093966	1064619	27.4	25.8	55.3	114.6	128.9	117.6	110.5	108.8	60.1	103.2	616	316	1990	2935.4	7.878.333.333
TIBANA	1093966	1064619	0.1	8.8	513	67	114.3	104	186.6	1513	84.1	58.8	59.9	0.5	1991	2877.7	7.389.166.667
TIBANA	1093966	1064619	3.1	215	39.7	56	94.5	59.7	147.4	128.2	80	311	126.5	10.5	1992	2790.2	6.651666.667
TIBANA	1093966	1064619	9.2	2.3	44.7	50.2	156.9	109.9	114.4	77.2	74.2	63	60.3	16.9	1993	2772.2	6.493.333.333
TIBANA	1093966	1064619	2.8	26	28.6	78	163	102	150	135	119	333	74	50	1994	3255.4	1051.666.667
TIBANA	1093966	1064619	15	5	67	139	114.9	1113	112.2	64.7	65.4	38.3	65	39.6	1995	2832.4	6.978.333.333
TIBANA	1093966	1064619	40.3	50.7	45.1	67.5	125.5	137.2	142.3				63.7	72.2	1996	2740.5	6.204.166.667
TIBANA	1093966	1064619	27.6	29.7	33.9	46.4	84.4	66.7	170.7	172.3	107.5	66.7	1416	215	1997	2966	80.75
TIBANA	1093966	1064619	7.5	28.4	63.5	128.6	240.8	192.3	249.1	911	69.3	166	69.6	34	1998	3338.2	1116.833.333
TIBANA	1093966	1064619	213	84.7	65.5	115.7	83.1	132.9	1313	42.4	147.5	116.4	56.5	27.5	1999	3023.8	85.4
TIBANA	1093966	1064619	14.8	88.8	77.6	47.6	1511	175.8	142.4	158.1	139.8	118.8	1113	55.1	2000	32812	1067.666.667
TIBANA	1093966	1064619	0	6.8	13.5	30	129.9	147.1	97.9	2116	159.5	87.6	130.3	101	2001	3116.2	9.293.333.333
TIBANA	1093966	1064619	4.6	30.8	712	207.5									2002	2316.1	26.175

Fuente: Resultado del estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

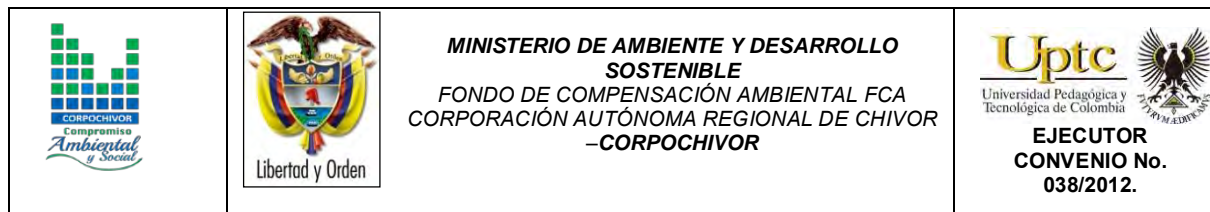


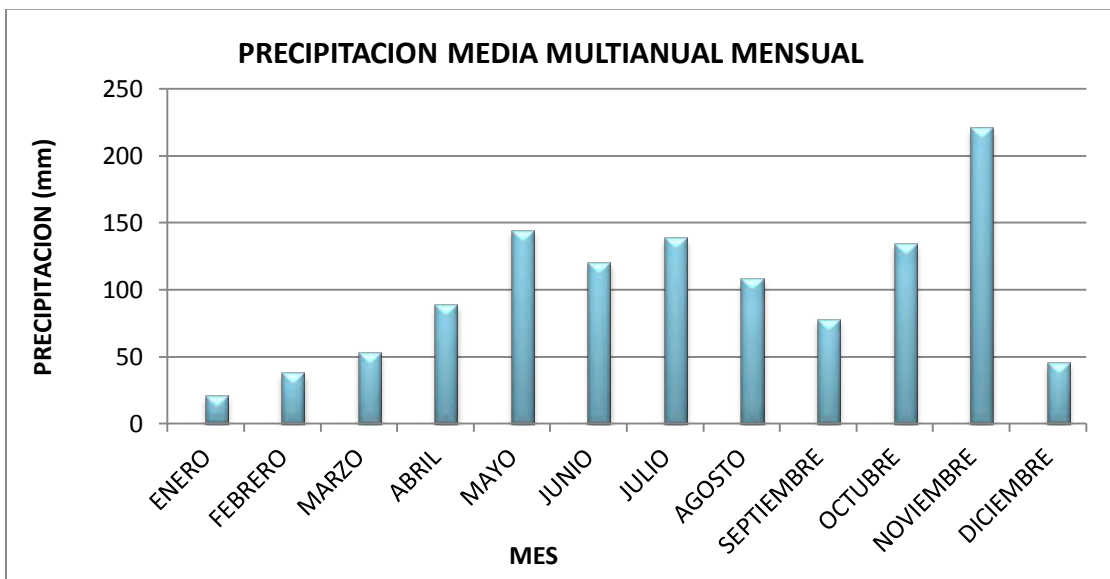
Tabla 16. Precipitación media multianual mensual por estación.

NOMBRE ESTACION	ESTE	NORTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	AÑO	ANUAL	PROMEDIO AÑO
TIBANA	1093966	1064619	103.7	235.5	267.9	207.5	411.5	225.6	244.8	329.8	208	130.3			2003	4367.6	197.05
TIBANA	1093966	1064619	10.5	29	66.2	147.7	291.9	278.2	229.8	337.03	189.9	123.7	93.9	31	2004	3832.83	1524.025
TIBANA	1093966	1064619	33.9	29.9	43.7	162.5	186.4	181.7	215.4	269.3	253.4	229.6	26.9		2005	3637.7	1360.583.333
TIBANA	1093966	1064619	37.5	0	140.1	179.8	259.1	143.7	423	375.5	369.5	239.8	151	317	2006	4626.7	2.183.916.667
TIBANA	1093966	1064619	2	9.5	81.7	165.1	288.6	273.3	245.1	382.5		303.3	180.1	127.6	2007	4065.8	175.666.667
TIBANA	1093966	1064619	50.4	67.4	80	66.4	187.2	282.6	255	216.1	157.9	156.8	183.9	63.7	2008	3775.4	1472.833.333
TIBANA	1093966	1064619	44.4	27	104.2	142.9	84.5	179.6	128	149.7	59.2	132.6	37.2	14	2009	3112.3	9.194.166.667
TIBANA	1093966	1064619	4.2	40.7	54.9	157.3	155.1	167.1	312.3	85.2	97	209.6	230.2	86.5	2010	3610.1	1333.416.667
TIBANA	1093966	1064619	39.9	75.4	225.9	261.2	372.5								2011	2985.9	8.124.166.667

Fuente: Resultado del estudio

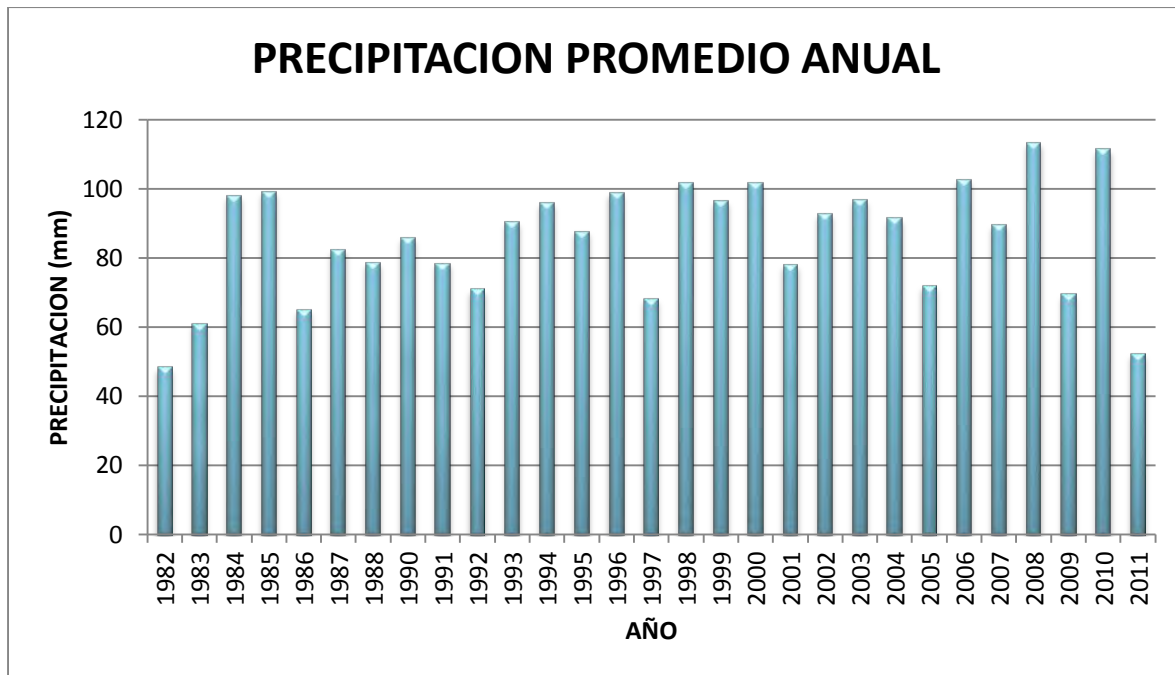
La precipitación media del área de estudio presenta un comportamiento bimodal, que muestra dos periodos de precipitación alta comprendidos entre los meses Marzo-Junio y Septiembre-Noviembre (Figura 3) y dos periodos de sequía comprendidos entre los meses Diciembre – Febrero y Julio – Agosto.

Figura 3. Gráfico de precipitación media multianual mensual.



Fuente: Resultado del estudio

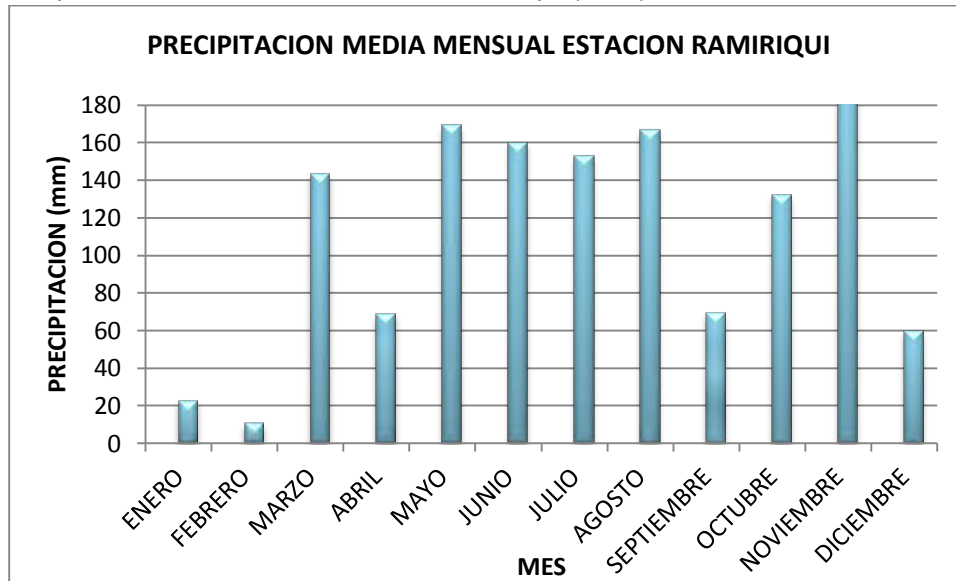
Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual.



Fuente: Resultado del estudio

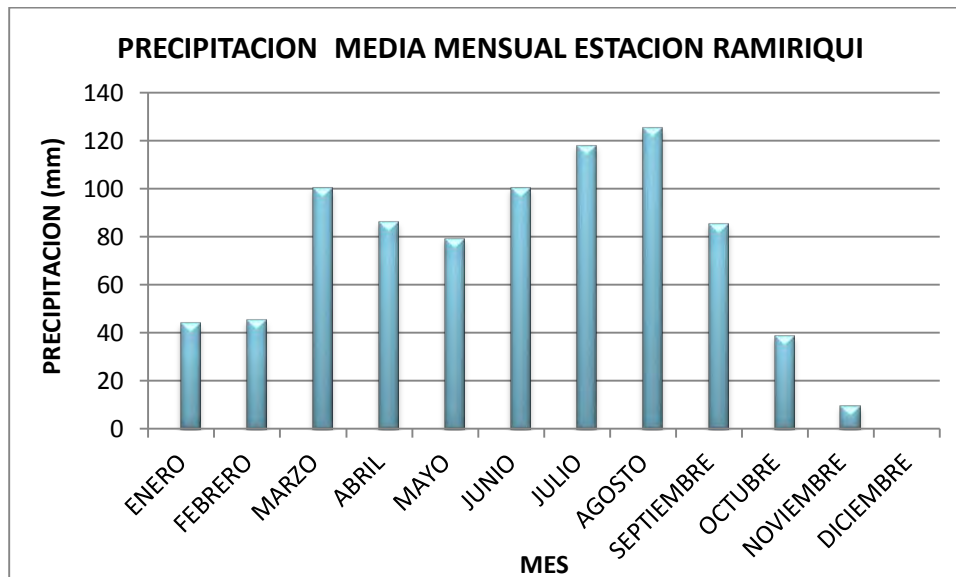
El comportamiento de la precipitación promedio anual, para los años 1982-1983 (Figura 4) se encuentran valores que varían entre los 40 - 60 mm, en los años 1984-1985-1993-1994-1996-1998-2000-2006-2008-2010 se encuentran valores que varían entre los 80-120 mm y los años restantes se presentan valores que varían entre 60-80 mm.

Figura 5. Precipitación media mensual estación Ramiriqui (2009)



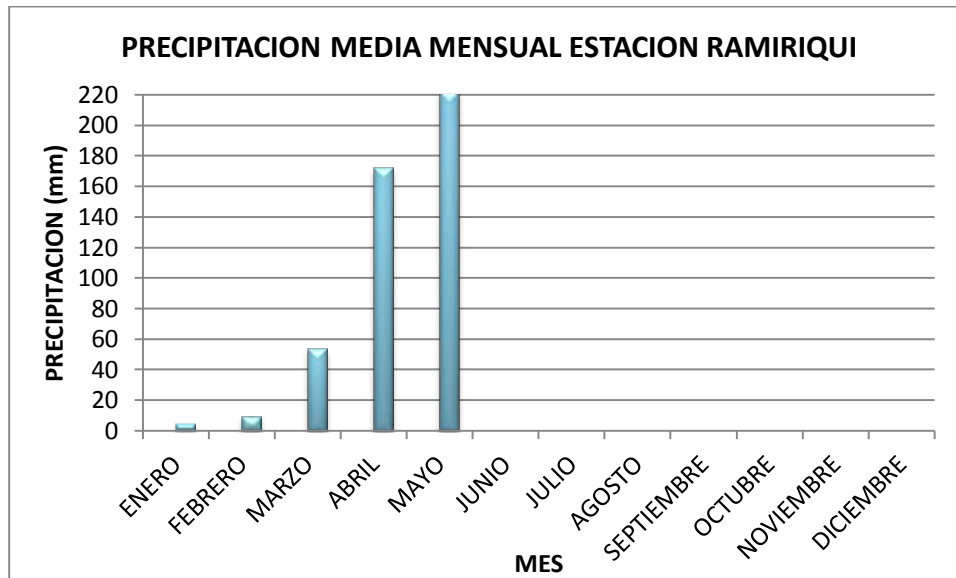
Fuente: Resultado del estudio

Figura 6. Precipitación media mensual estación Ramiriqui (2010)



Fuente: Resultado del estudio

Figura 7. Precipitación media mensual estación Ramiriqui (2011)

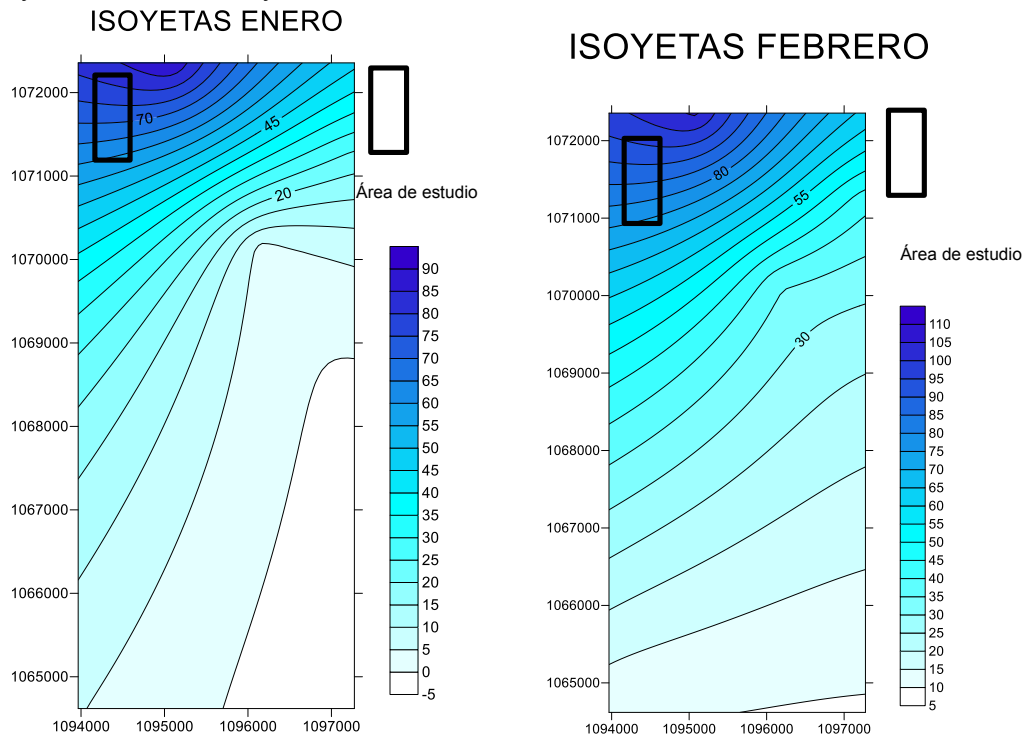


Fuente: Resultado del estudio

Para la realización de los mapas de Isoyetas se tuvieron en cuenta datos correspondientes a las Estaciones de Ramiriqui , Villa Luisa, Puente Adriana, Tibana.

2.4.1 Mapas de Isoyetas generados a partir de los datos de Precipitación.

Figura 8. Isoyetas mes de enero y febrero

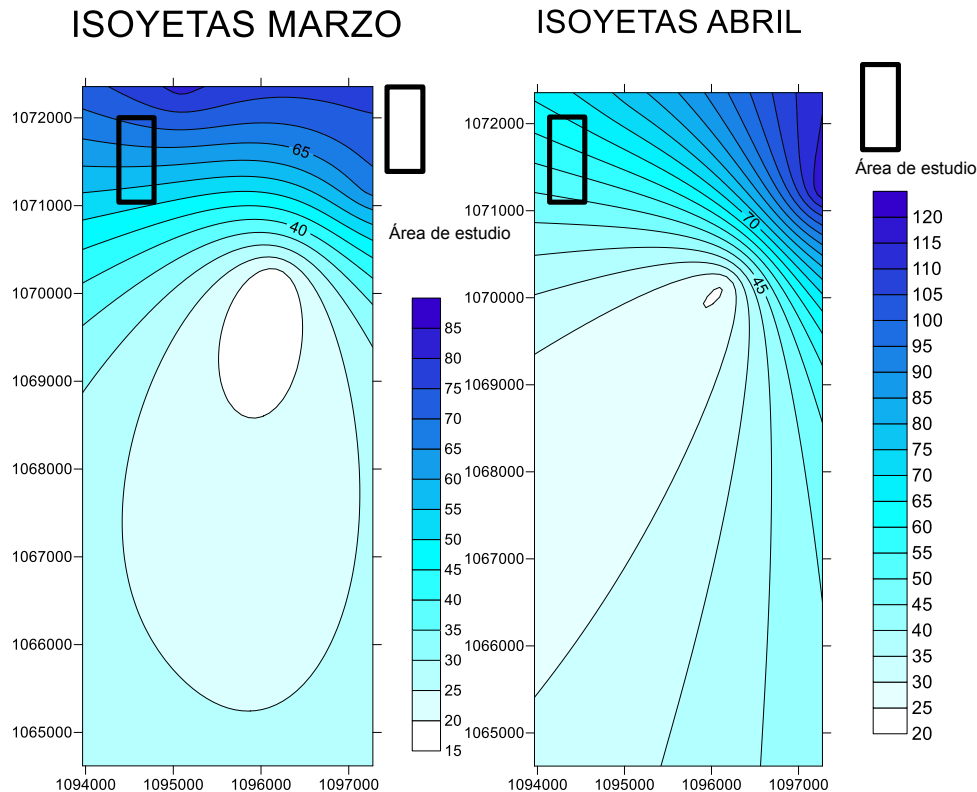


Fuente: Resultado del estudio

El comportamiento de la precipitación para el mes de Enero (0) hacia la parte occidental se encuentran valores que varían entre los 45 – 90 mm. Hacia la parte nororiental se presentan valores que van desde los 15-40 mm. Hacia el sector sureste se presentan valores inferiores a 20 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Febrero (0) hacia la parte occidental se encuentran valores que varían entre los 55 – 110 mm. Hacia la parte nororiental se presentan valores que van desde los 30-55 mm. Hacia el sector sureste se presentan valores inferiores a 20 mm.

Figura 9. Isoyetas mes de marzo y abril

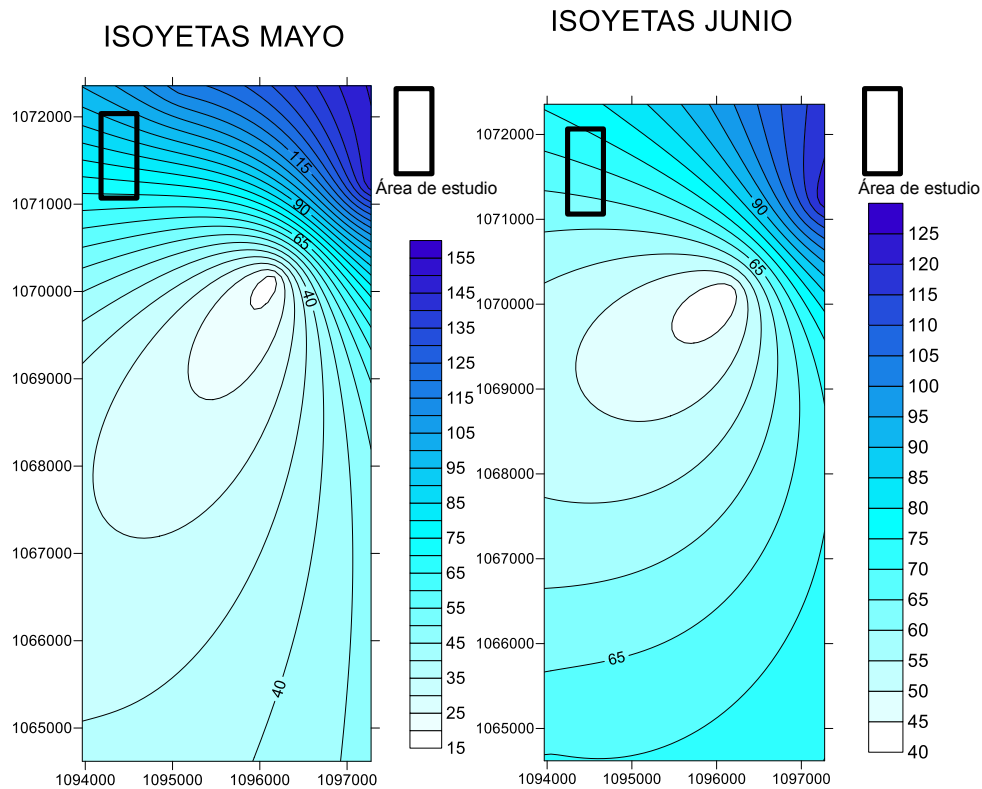


Fuente: Resultado del estudio

El comportamiento de la precipitación para el mes de Marzo (Figura 9). Hacia la parte nororiental se presentan valores que van desde los 40-80 mm. Hacia la parte central e inferior se presentan valores inferiores a 20 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Abril (Figura 9) hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 70 – 120 mm. Hacia la parte suroeste se presentan valores que van desde los 20-45 mm. Hacia el sector suroeste se presentan valores inferiores a 20 mm.

Figura 10. Isoyetas mes de Mayo y Junio

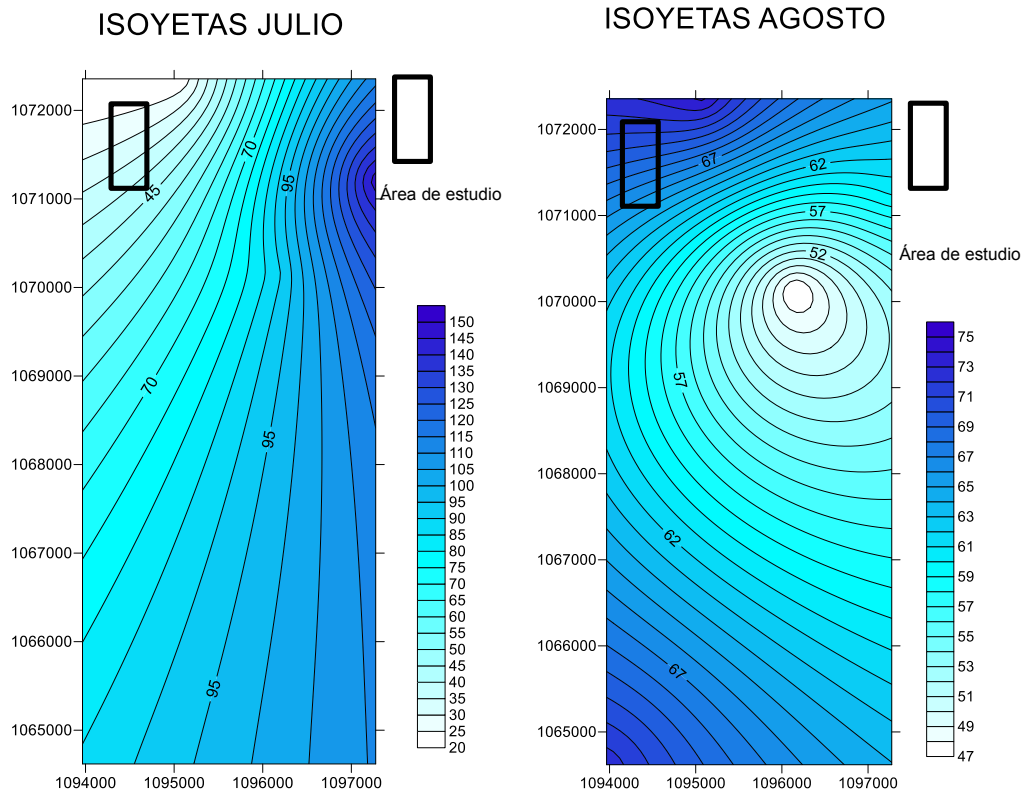


Fuente: Resultado del estudio

El comportamiento de la precipitación para el mes de Mayo (Figura 10) hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 90 – 155 mm. Hacia el sector suroeste se presentan valores inferiores a 20 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Junio (Figura 10) hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 90 – 125 mm. Hacia la parte suroeste se presentan valores que disminuyen desde los 65-45 mm. Hacia el sector noroeste se presentan valores inferiores a 40 mm.

Figura 11. Isoyetas Julio Agosto

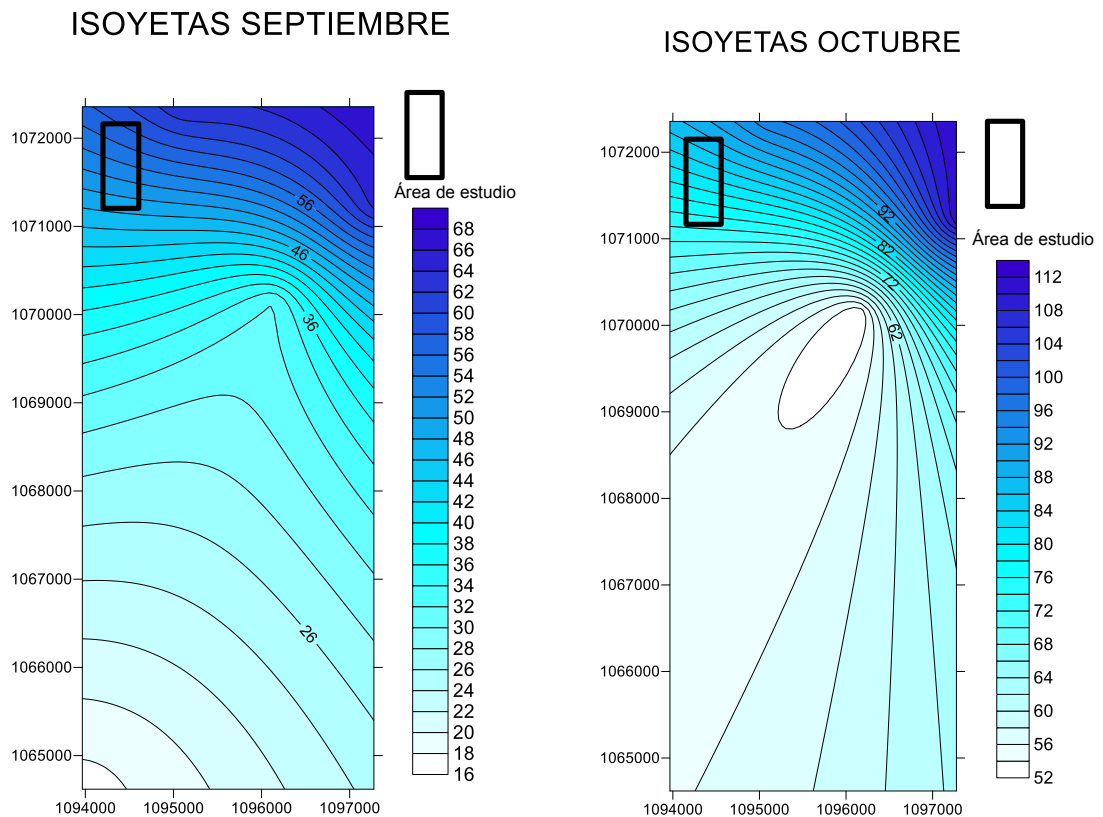


Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Julio (Figura 11) hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 90 – 150 mm. Hacia la parte noroeste se presentan valores que disminuyen desde los 70-20 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Agosto (Figura 11) hacia la parte noroeste se encuentran valores que varían entre los 62 – 75 mm. Hacia la parte suroeste se presentan valores que van desde los 62-75 mm. Hacia el sector noreste se presentan valores inferiores a 52 mm.

Figura 12. Isoyetas mes de Septiembre Octubre

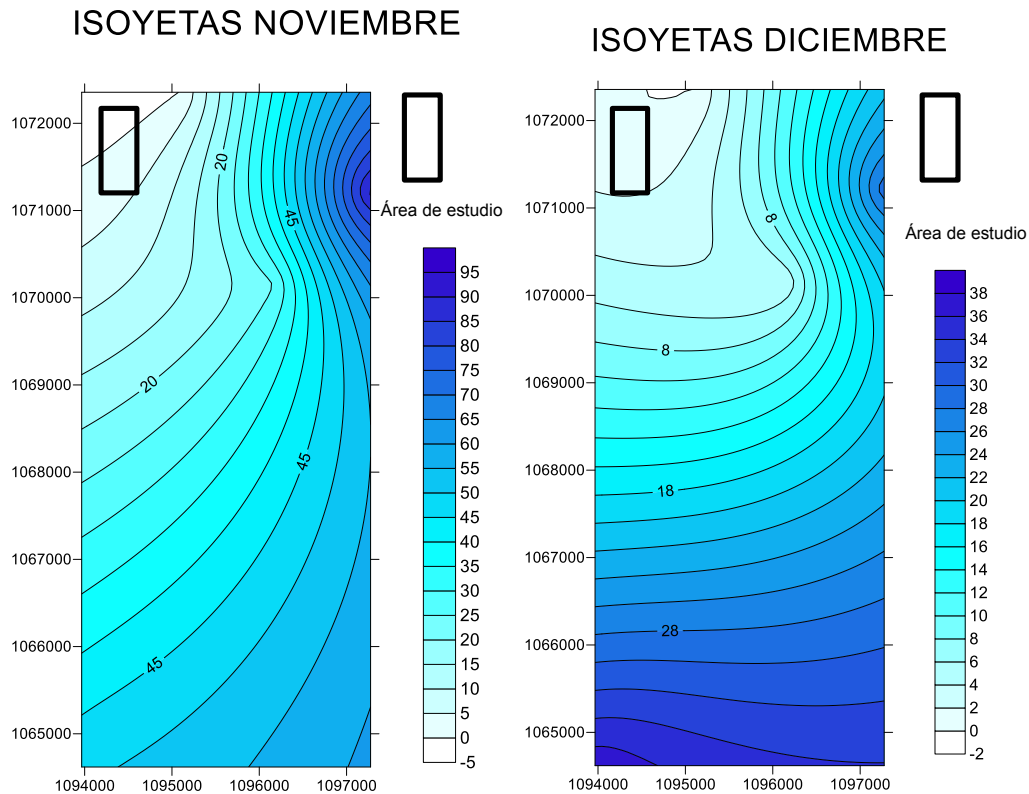


Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Septiembre (Figura 12) hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 46 – 68 mm. Hacia la parte suroeste se presentan valores que disminuyen desde los 26-16 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Octubre (Figura 12) hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 92 –112 mm. Hacia la parte suroeste se presentan valores que disminuyen desde los 62-52 mm.

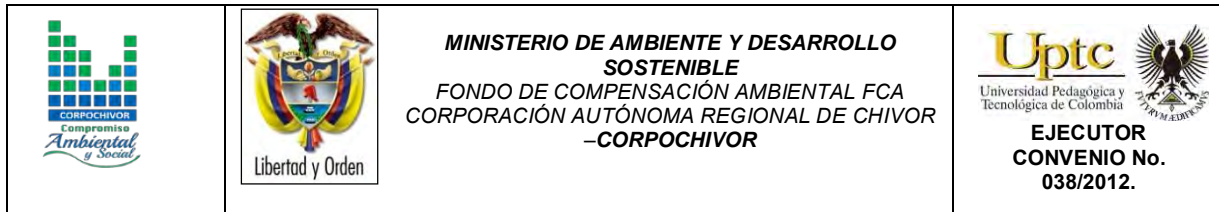
Figura 13. Isoyetas mes de Noviembre y Diciembre



Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Noviembre (Figura 13) hacia la parte noroeste se encuentran valores que disminuyen desde los 20 – 5 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Agosto (Figura 13) hacia la parte suroeste se encuentran valores que varían entre los 18–38 mm. Hacia la parte noroeste se presentan valores que disminuyen desde los 8-0 mm.



2.5 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP)

2.5.1 Formula de J. B. García y J.D. López.

Esta fórmula, de acuerdo a los resultados obtenidos en campo es aconsejable tenerla en cuenta para este tipo de estudios. Además ha sido evaluada, junto con la de L. Turc, como de las mejores para el cálculo de ETP en esta zona, según estudio comparativo de fórmulas de ETP potencial realizado por la CAR, en el que se evaluó el índice estacional, el coeficiente de correlación y su relación porcentual.

$$ETP = 1,21 \cdot 10^n \cdot (1 - 0,01 \cdot HR) + 0,21 \cdot T - 2,30 \text{ (mm)}$$

Dónde:

ETP: Evapotranspiración

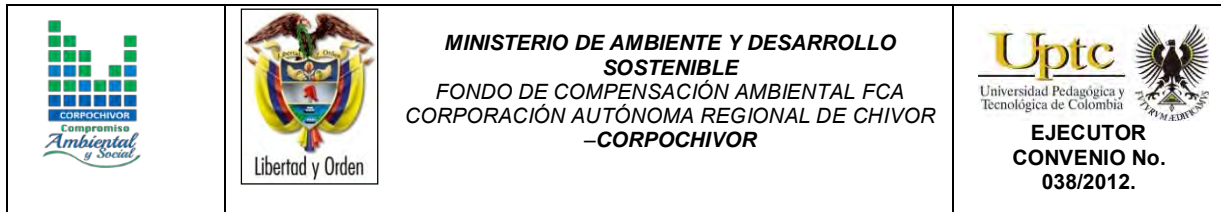
T: Temperatura media del aire en grados Celsius

HR: Humedad relativa media (%)

$$n = \frac{7,45 \cdot T}{234,7 + T}$$

$$HR = \frac{HR : 8 \text{ Horas} + HR : 14 \text{ Horas}}{2}$$

Esta fórmula fue diseñada para las regiones situadas en un régimen tropical, dentro del rango latitudinal: 15°N -15°S. Con grado de exactitud del 88 %. Los cálculos



efectuados en la aplicación de la fórmula se hicieron en un rango mensual con el objeto de observar su variación y evaluar la ETP promedio.

Se tomaron cuatro rangos de temperatura que varían de acuerdo a los periodos de precipitaciones, durante cada año.

Tabla 17. Rangos de temperatura Ramiriquí

	Temperatura (°C)
Periodo 1	12.9
Periodo 2	15
Periodo 3	10
Periodo 4	17.7

Fuente: EOT Ramiriquí

Tabla 18. Rangos de temperatura Tibana

	Temperatura (°C)
Periodo 1	18.7
Periodo 2	18.06
Periodo 3	18.5
Periodo 4	18.6

Fuente: EOT Tibana

El valor de la humedad relativa (HR) se toma del POT del municipio de Ramiriquí, que corresponde al valor del 81%. De donde obtenemos:

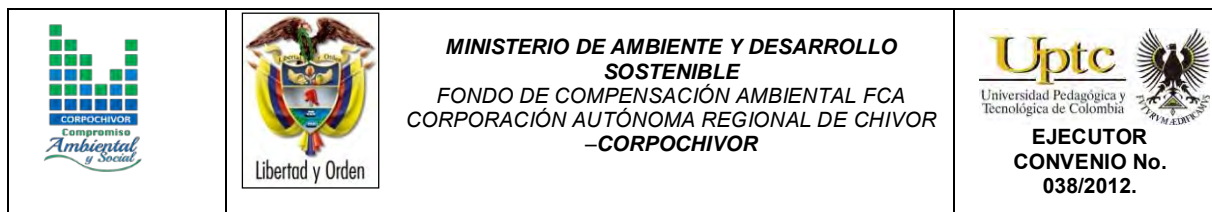


Tabla 19. Valores de Evapotranspiración

ETP1	ETP2	ETP3	ETP4
3,99666542	4,84666542	3,79666542	5,41366542

Fuente: Resultado del estudio

El valor de la humedad relativa (HR) se toma del POT del municipio de Tibana, que corresponde al valor del 75%. De donde obtenemos:

Tabla 20. Valores de Evapotranspiración

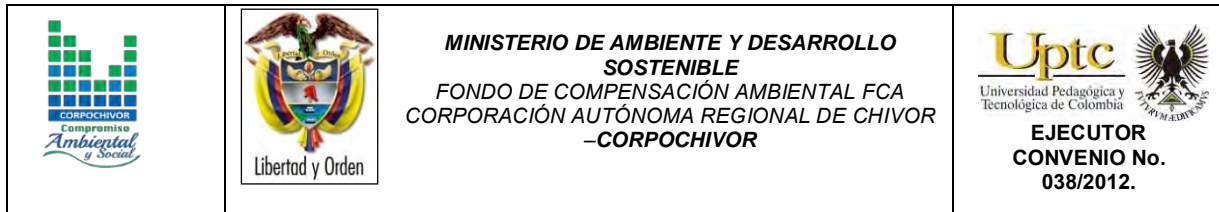
ETP1	ETP2	ETP3	ETP4
5.885913678	7.02452032	5.1011248	5.10324398

Fuente: Resultado del estudio.

2.6 Estimación del Balance Hídrico

La estimación del balance hídrico para la zona de estudio se realizó partiendo de los resultados del cálculo de precipitación, escorrentía y evapotranspiración media mensual multianual. Para poder calcular los valores de recarga potencial para las cuencas de los ríos Teatinos, Jenesano, esta recarga se estimó por medio del balance hídrico con base en los valores promedios mensuales de precipitación, evapotranspiración potencial y escorrentía calculada por el método de número de curva de escorrentía, el cual utiliza los parámetros de cobertura vegetal, Índice de infiltración del suelo, condición hidrogeológica.

- Herramientas y métodos.

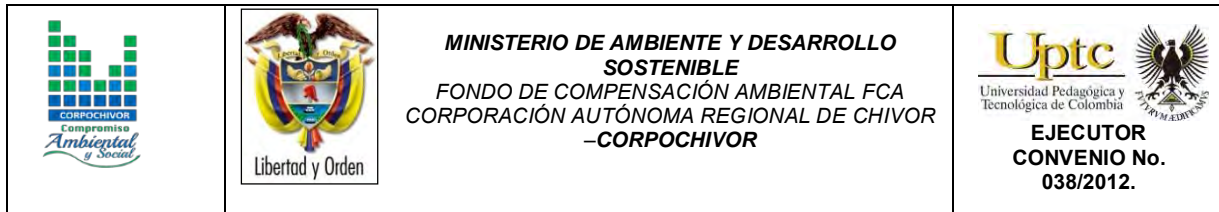


- Los datos de infiltración obtenidos mediante la ponderación de los datos proporcionados por el IDEAM.
- Datos de precipitación obtenidos de las estaciones pluviométricas y de evaporación del IDEAM.

2.6.1 Metodología

La metodología utilizada para el cálculo de la recarga es la siguiente:

- Se realiza un procesamiento de los datos de las estaciones pluviométricas del IDEAM, generando tablas de precipitación media y mensual con el comportamiento multitemporal de las precipitaciones.
- Generación de tablas de evapotranspiración media con el comportamiento multitemporal de la evapotranspiración, a partir de los datos de temperatura del IDEAM, aplicando la **Formula de J. B. García y J.D. López.** para el cálculo de la evapotranspiración.
- Se calcula el número de curva para cada categoría con características iguales de cobertura, velocidad de infiltración, condición hidrológica y uso del suelo.
- Con la ecuación propuesta por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica se calcula la escorrentía para cada categoría y microcuenca, que utiliza el número de curva de escorrentía y la precipitación media mensual como variables.



▪ Se realiza un balance hídrico, con los datos de precipitación, escorrentía, evapotranspiración para encontrar la cantidad de recarga, siguiendo las normas del IDEAM.

Cálculo del balance hídrico.

El método consiste en hacer un balance para un periodo de tiempo determinado. El balance se puede expresar de la siguiente forma:

$$P = ESC + ETR +/- \Delta S + REC$$

P= precipitación

ESC = escorrentía

ETR= evapotranspiración

ΔS= cambios en el contenido de humedad del suelo

REC= recarga o infiltración potencial

Calculo de la infiltración, consiste en calcular la infiltración a partir de la diferencia de los factores hidrológicos del balance: precipitación, evapotranspiración y escorrentía, aplicando la siguiente formula:

$$I = P - ETR - R$$

Dónde:

P = precipitación media por el método de las isoyetas.

ETR = evapotranspiración real.

R = escorrentía calculada por el método de numero de curva.

Tabla 21. Calculo de Infiltración, basado en los valores de escorrentía (R) y precipitación (P).
Estaciones Ramiriquí Villa Luisa

AÑO	P	R	I	ETP
1982	48,2583333	0,33486267	42,5098052	5,41366542
1983	60,9675	2,00901325	53,5448213	5,41366542
1984	97,7333333	12,9882128	80,7484551	3,99666542
1985	99,0366667	13,5119427	85,524724	3,99666542
1986	64,8566667	2,77097595	61,5632462	3,99666542
1987	82,2833333	7,41974317	74,8635902	4,84666542
1988	78,5333333	6,26150492	68,275163	4,84666542
1990	85,675	30,8028686	50,875466	4,84666542
1991	78,3333333	25,8098585	47,6768094	4,84666542
1992	70,7916667	20,9400474	45,0049539	4,84666542
1993	90,275	34,0425087	51,3858259	3,79666542
1994	95,8333333	38,0591604	52,9275075	3,99666542
1995	87,5558333	32,1177427	51,4414252	4,84666542
1996	98,7491667	40,2074127	54,5450886	3,99666542
1997	68,1416667	19,2993075	45,0456938	3,99666542
1998	101,583333	42,3208335	55,4658341	3,79666542
1999	96,475	38,5295716	54,148763	3,79666542
2000	101,616667	42,345834	53,8571676	5,41366542
2001	77,8583333	25,4949731	47,5166948	4,84666542
2002	92,7525	35,8196478	52,0861868	4,84666542
2003	96,75	38,7315854	52,6047492	3,99666542
2004	91,3333333	60,6061314	25,3135365	3,99666542
2005	71,7333333	21,5323136	44,7873543	5,41366542
2006	102,441667	42,9656243	55,6793773	3,79666542

Fuente: Resultado del estudio.

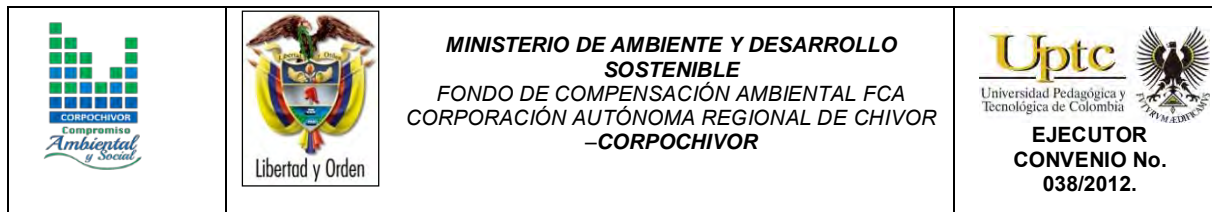


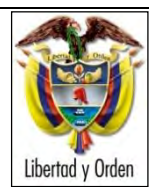
Tabla 22. Calculo de Infiltración, basado en los valores de escorrentía (R) y precipitación (P).
Estaciones Ramiriquí Villa Luisa

AÑO	P	R	I	ETP
2007	89,425	33,437882	52,190453	5,4136654
2008	113,175	51,199733	56,561601	5,4136654
2009	69,375	20,058069	43,903266	3,9966654
2010	111,325	49,759129	56,152205	3,9966654
2011	52,158333	10,349348	36,39532	3,9966654

Fuente: Resultado del estudio.

2.7 RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores obtenidos dentro del balance hídrico se encuentran resumidos en la Figura 14 y expresados esquemáticamente en la 0.



**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE**
FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR
-CORPOCHIVOR



Tabla 23. Estimación del Balance Hídrico

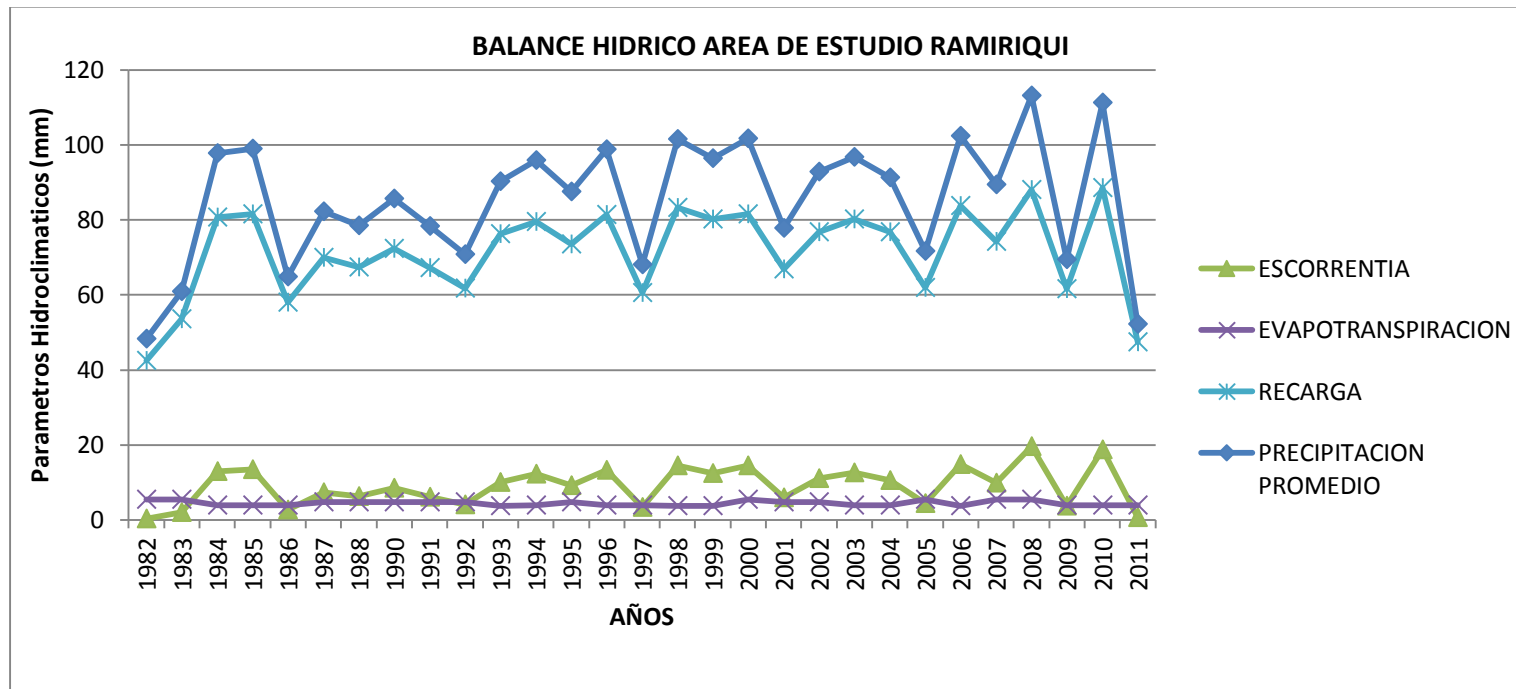
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1990	1991	1992	1993	1994
PRECIPITACION PROMEDIO	48,2583333	60,9675	97,7333333	99,036667	64,856667	82,28333	78,5333333	85,675	78,333333	70,791667	90,275	95,83333
ESCORRENTIA	0,33486267	2,00901325	12,9882128	13,511943	2,770976	7,419743	6,26150492	8,5355427	6,2020264	4,1371993	10,14756	12,23897
EVAPOTRANSPIRACION	5,41366542	5,41366542	3,99666542	3,9966654	3,9966654	4,846665	4,84666542	4,8466654	4,8466654	4,8466654	3,796665	3,996665
DELTA	42,5098052	53,5448213	80,7484551	81,528059	58,089025	70,01692	67,425163	72,292792	67,284641	61,807802	76,33077	79,5977
ALMACENAMIENTO	42,5098052	53,5448213	80,7484551	81,528059	58,089025	70,01692	67,425163	72,292792	67,284642	61,807802	76,33077	79,5977
DEFICIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RECARGA	42,5098052	53,5448213	80,7484551	81,528059	58,089025	70,01692	67,425163	72,292792	67,284642	61,807802	76,33077	79,5977

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
PRECIPITACION PROMEDIO	87,5558333	98,7491667	68,1416667	101,58333	96,475	101,6167	77,8583333	92,7525	96,75	91,333333	71,73333	102,4417
ESCORRENTIA	9,18122136	13,395738	3,49775769	14,557742	12,490094	14,57162	6,06171341	11,060896	12,598317	10,533939	4,375512	14,91679
EVAPOTRANSPIRACION	4,84666542	3,99666542	3,99666542	3,7966654	3,7966654	5,413665	4,84666542	4,8466654	3,9966654	3,9966654	5,413665	3,796665
DELTA	73,5279465	81,3567633	60,6472436	83,228926	80,188241	81,63138	66,9499545	76,844938	80,155018	76,802728	61,94416	83,72821
ALMACENAMIENTO	73,5279465	81,3567633	60,6472436	83,228926	80,188241	81,63138	66,9499545	76,844938	80,155018	76,802729	61,94416	83,72821
DEFICIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RECARGA	73,5279465	81,3567633	60,6472436	83,228926	80,188241	81,63138	66,9499545	76,844938	80,155018	76,802729	61,94416	83,72821

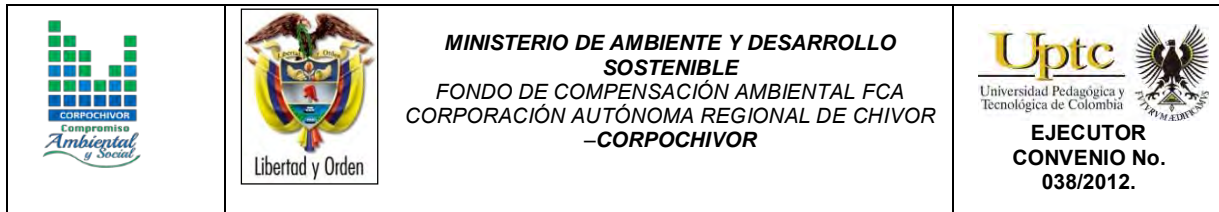
	2007	2008	2009	2010	2011	TOTAL
PRECIPITACION PROMEDIO	89,425	113,175	69,375	111,325	52,158333	2475,027
ESCORRENTIA	9,84137522	19,6719206	3,78957152	18,818547	0,7077703	266,6281
EVAPOTRANSPIRACION	5,41366542	5,41366542	3,99666542	3,9966654	3,9966654	130,4053
DELTA	74,1699594	88,089414	61,5887631	88,509788	47,453898	2077,993
ALMACENAMIENTO	74,1699594	88,089414	61,5887631	88,509788	47,453898	2077,993
DEFICIT	0	0	0	0	0	0
RECARGA	74,1699594	88,089414	61,5887631	88,509788	47,453898	2077,993

Fuente: Resultado del estudio.

Figura 14. Comportamiento de las Curvas del Balance Hídrico



Fuente: Resultado del estudio.



2.8 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. Ver Figura 15. 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).

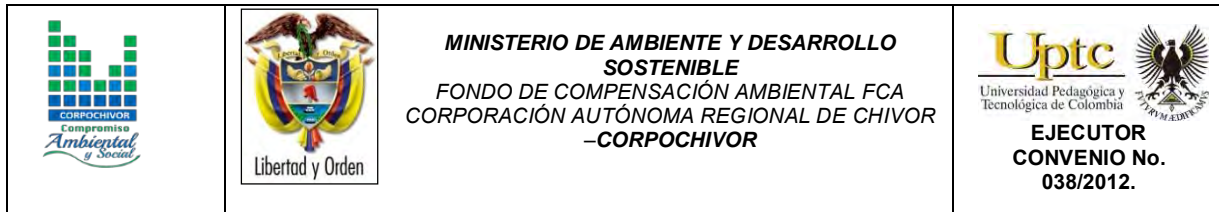
Coeficiente de redondez (K).

Densidad de drenaje (Dd)

Pendiente media de la corriente (IC)

Área de la Cuenca (A)

- **Área (A):** 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.
- **Coficiente 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

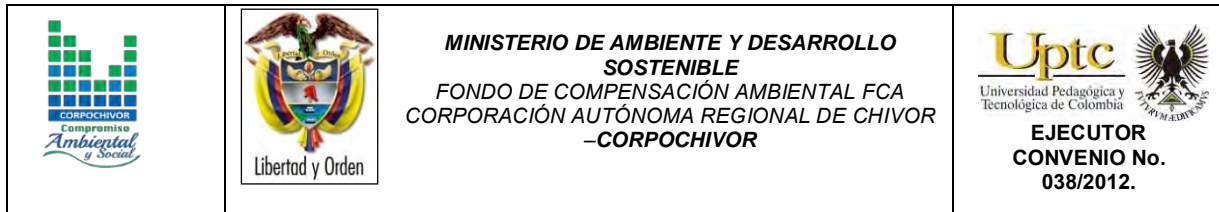
Coficiente de redondez (K). Relaciona la longitud de la cuenca, con el área de la misma.

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

- K = 1: Redonda
- K > 1: Semiredonda
- K < 1: Irregular

▪ **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

▪ **Tiempo de concentración (TC)**

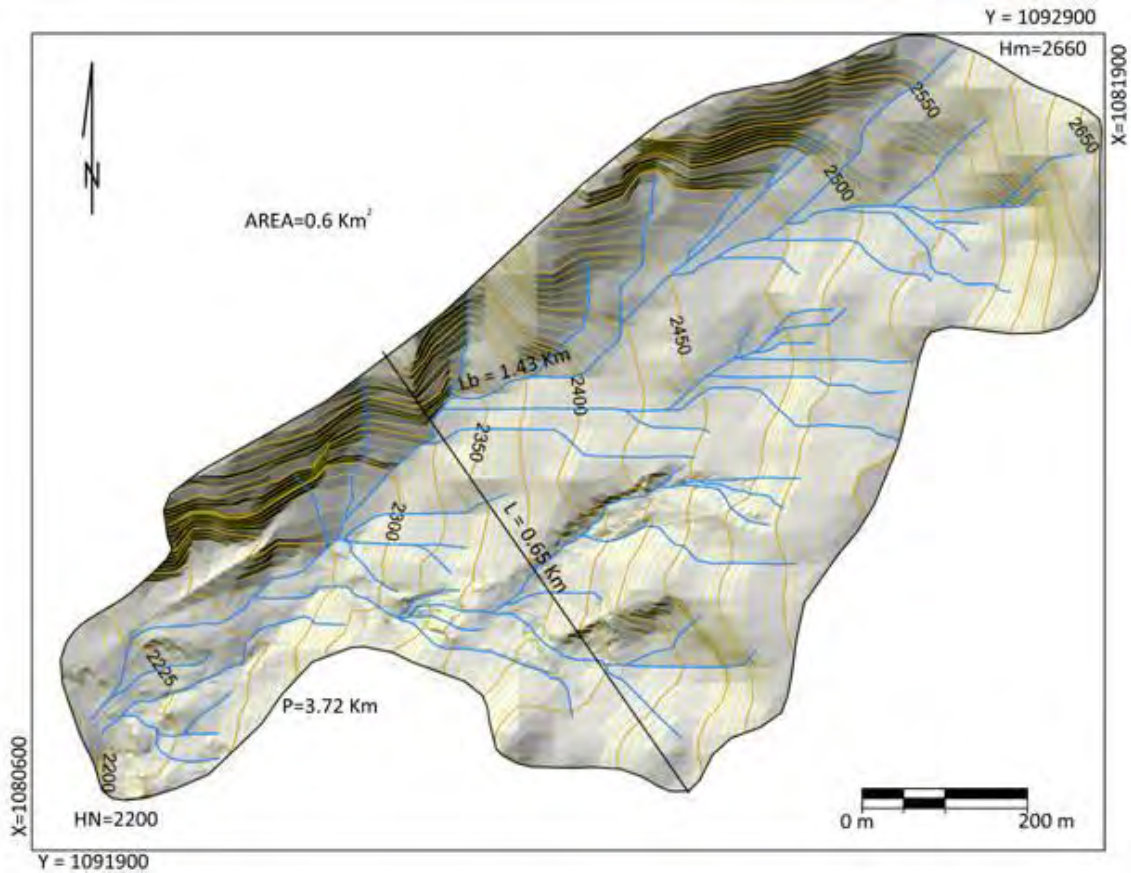
Es el tiempo que gasta una gota de agua en recorrer el sitio más lejano de la cuenca a la desembocadura del cauce principal.

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

Con base al análisis anterior sus parámetros morfométricos indican las microcuencas analizadas presentan de media a alta susceptibilidad a la torrencialidad, ver (Tabla 24).

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

Figura 15. Imagen ilustrativa de la microcuenca de la Vereda Peñas.



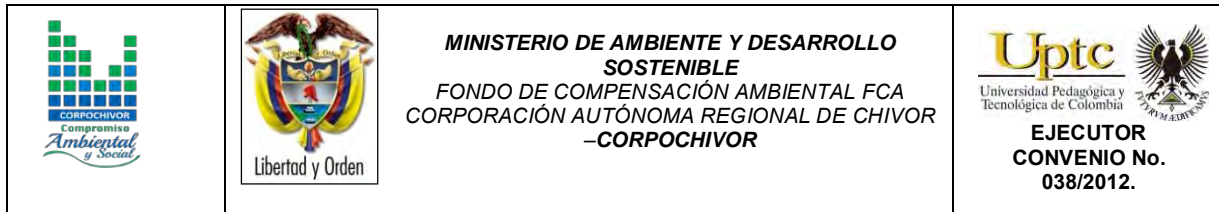
Fuente: Convenio UPTC –Corpochivor.

Tabla 24. Valores de parámetros morfométricos para la microcuenca.

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)
Vereda Peñas	0.60	3.72	1.43	0.65	8.78	2660
Cota Mínima de la Cuenca(Hn)	Diferencia de Altura Km (Hc)	Razón de Relieve (Rr)	Número de Corrientes(Nc)	Frecuencia de Corrientes (Cauces/Km ²)	Pendiente media de Corriente lc % (lc)	Índice de Alargamiento (Ia)
2200	0.46	0.32	4.00	6.63	32.17	2.19
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (C). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		COEFICIENTE DE REDONDEZ (K). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN en horas (TC)
0.85	REDONDA	0.85	Redonda	14.56	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
0.42	crítico	0.61	SEMIREDONDA	0.64	Irregular	4

Fuente resultado del estudio

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



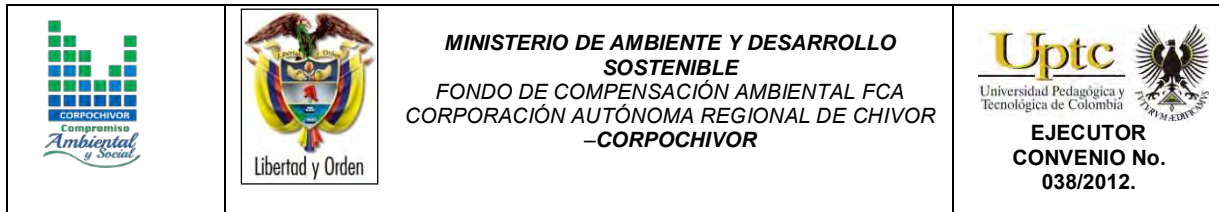
3 GEOLOGIA

El municipio de Ramiriquí se ubica sobre el bloque suroccidental de la falla de Soapagá. Las rocas aflorantes, pertenecen a formaciones geológicas de edad Cretácea, Terciaria y además depósitos recientes de tipo Aluvial y Coluvial.

Estas formaciones son una secuencia de rocas duras y blandas que en algunos sectores se encuentran bien definidas e identificadas, al igual que los depósitos recientes que generalmente se originan en zonas de muy baja pendiente

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.

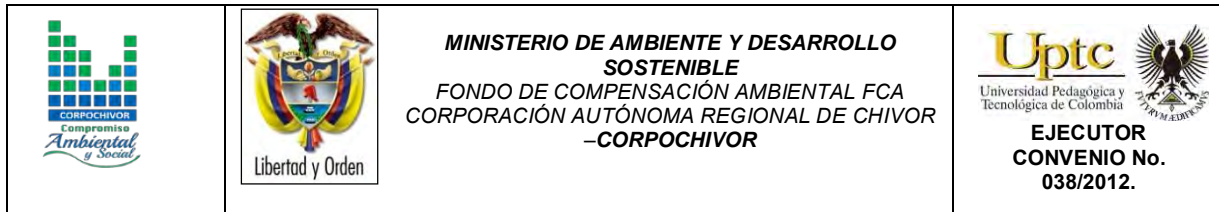


3.1.1 Periodo Cretáceo

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 Churuvida. 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.

3.1.1.1 Terciario

Durante el terciario hubo una orogénesis del continente y posterior plegamiento, cuyo evento más importante es la orogenia andina, sucediéndose el levantamiento de la cordillera oriental durante el Mioceno, por causas de las fuerzas tectónicas, los estratos existentes en la zona sufren plegamientos formando sinclinales (La Fragua



Agua, Blanca, Pantanolargo, Cruz Blanca, Bocatoma El Encanto) y fallas (Quinteros, Naguatá, Escobal, Única, Ramiriquí) y otra de tipo local.

3.1.1.2. 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.

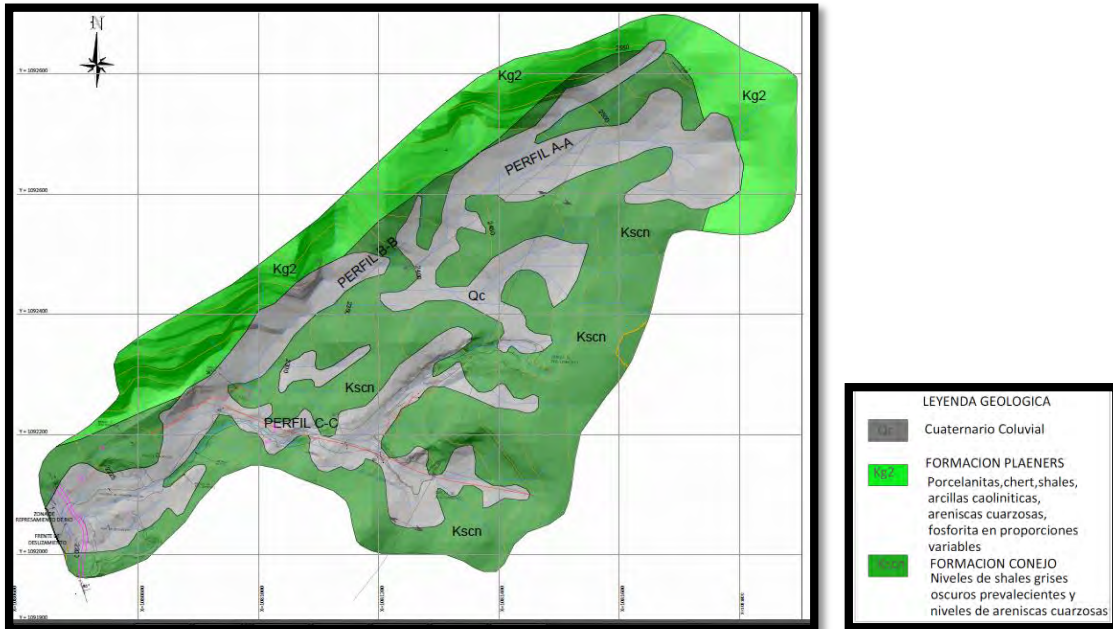
3.2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La geología regional está enmarcada por el área comprendida en el cuadrángulo J-12 (Tunja) del Ingeominas, estructuralmente se presentan las fallas de Soapagá 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 Ramiriquí son principalmente de tipo sedimentario, con edades entre el Cretáceo, Terciario y depósitos cuaternarios recientes de tipo coluvial y aluvial. Ver Figura 16.

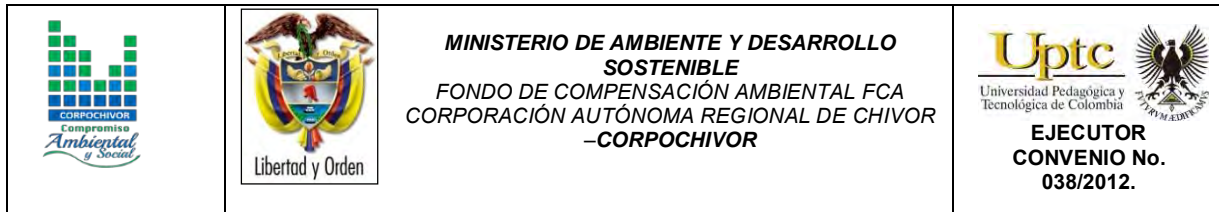
Figura 16. Imagen Mapa Geológico



Fuente: Resultado del estudio.

3.3.1 Formación Conejo (Kscn)

Secuencia estratigráfica denominada por Renzoni (1967). Es un conjunto de gran espesor en el área de estudio, se distingue claramente por mostrar topografía típica de crestas y valles, que la diferencia claramente de las unidades infra y suprayacentes. Es equivalente a la Formación Arenisca Dura de la Sabana de Bogotá. Esta formación suprayace concordantemente a la Formación Churuviata (Ksch), de igual forma se encuentra suprayacida concordantemente por la Formación Plaeners, que es morfológicamente diferente de la Formación Conejo por su topografía de escarpes fuertes; el contacto entre ellas es visible por el camino que de Puente Guaya conduce al Alto El Volador y por la carretera Ramiriquí – Boyacá. La



Formación Conejo en términos generales, está compuesta en el área por capas de arenisca (4 a 20m), intercaladas en niveles de arcillas principalmente grises oscuras, arcillolitas y limolitas.

La arenisca se presenta en bancos gruesos a medianos, llegando a ser bastante dura en algunas localidades, aunque friable e incluso porosa. Algunos de estos bancos presentan laminación ondulada, laminación paralela o estratificación gradada. Generalmente la arenisca es de color claro, gris, blanca, amarilla, siendo común la oxidación. El grano es principalmente fino y en ocasiones amarilla. En menor proporción se encuentran, también, limolitas grises y lutitas negras que presentan laminación paralela.

Esta formación también se halla expuesta a lo largo de una amplia faja de orientación NE-SW, principalmente en las veredas: Farquenta, Escobal en los núcleos del anticlinal y Sinclinal Pantano largo, en la Vereda Guacamayas, en la Vereda el Común y por la carretera Ramiriquí – Boyacá 40 m al SE de Puente Camacho.

Se puede decir que la Formación Conejo fue depositada en un medio marino, cuyos sedimentos corresponden a una facie areno arcillosa desarrollada en un ambiente propio de las zonas sub-litorales bastante someras, su edad comprende desde el Coniaciano Superior al Santoniano.

Fotografía 2. Afloramiento Formación Conejo (Kscn). Margen derecha río Jenesano. Coordenadas: E: 1'081.511 N: 1'092.570.



Fuente: Convenio UPTC -Corpochivor

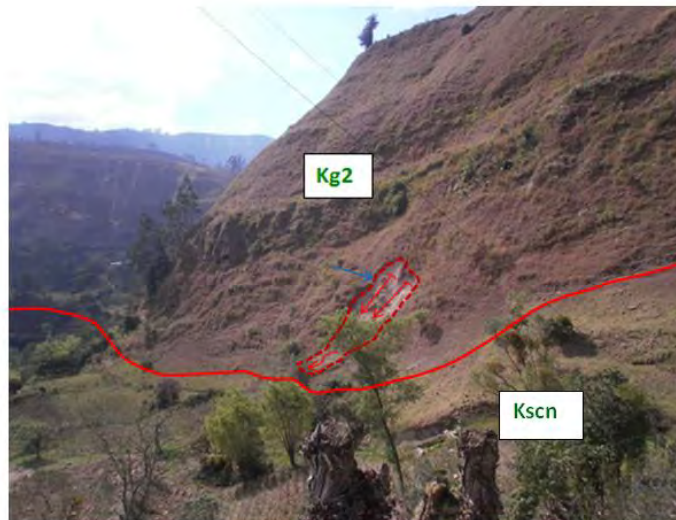
3.3.2 Formación Plaeners (Kg2).

Secuencia estratigráfica definida por Hubach (1931) En el municipio, esta Formación se presenta al norte del municipio de Ramiriquí en la salida por la vía a Boyacá (Boyacá), sector urbano del municipio, en las Veredas Caicedos, Naguata, Pantano Largo, El Común Poteros y El Rosal.

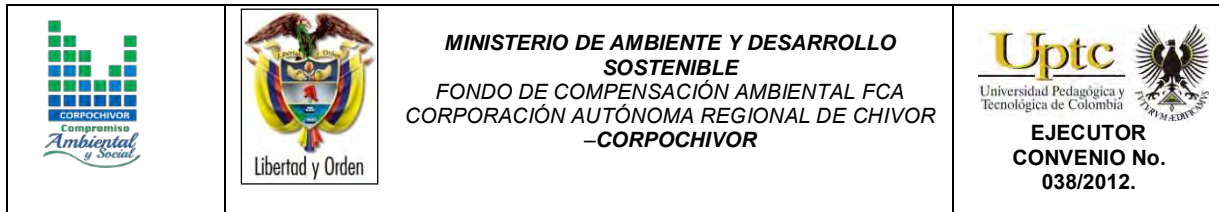
Se caracteriza por presentar la composición litológica más uniforme y por su topografía de escarpes fuertes, además de la omnipresencia de capas silíceas, representada esencialmente por liditas de variados colores: amarilla clara, gris clara, café, azulosa, la cual se fractura en planos paralelos, arcillolitas silíceas pardas y café muy semejantes a las liditas, limolitas silíceas y esporádicamente areniscas y

areniscas ligeramente fosfáticas, en su parte basal; abundancia de arcillolitas silíceas bastante compactas y areniscas en su sección intermedia, mientras que la parte superior se presenta arcillosa, menos dura que las anteriores y con intercalaciones arcillolíticas y limolíticas; es frecuente la laminación paralela en los estratos silíceos y el poco espesor de ellos, al igual que es común el replegamiento y fracturamiento menor, en toda la secuencia, como también la presencia de foraminíferos, vertebras, escamas, dientes y espinas de peces, pellets y nódulos calcáreos. Por la composición litológica y los fósiles de la Formación Plaeners se supone que fue depositada en una zona menos somera que para la Formación Conejo y próxima a la margen continental. La edad de esta formación es Campaniano y su ambiente de depositación es marino poco profundo (zona nerítica).

Fotografía 3. Contacto litológico entre la Formación Conejo (Kscn) y la Formación Plaeners (Kg2). Se observa la generación de nuevos movimientos de remoción sobre elementos litológicos rocosos. Coordenadas: E: 1°080.880 N: 1°092.295.



Fuente: Convenio UPTC -Corpochivor



3.3.3 Formación Labor y Tierna (Kg1).

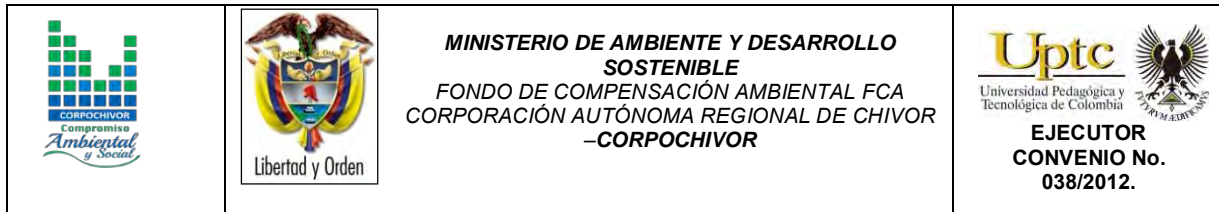
Secuencia estratigráfica definida por Hubach (1951) y redefinida por el mismo en 1957; las rocas correspondientes a esta formación se localizan en la parte Norte del municipio de Ramiriquí, en las veredas Caicedos, Pabellón El Rosal y en Santa Ana, donde hace parte del anticlinal y sinclinal del mismo nombre; y hacia la parte sur del municipio, en las Veredas Fernandez, Fragua, Hervideros, Pantano Largo, El Común, Ortigal, Guayabal, y en las veredas Escobal y Naguata donde hacen parte del Sinclinal de Nonceta y La Chapa respectivamente.

Litológicamente se compone de un conjunto arenáceo arcillofítico. En bancos gruesos, predominando los de arenisca. La arenisca varía de grano fino a grueso; blanca o amarilla friable. Las arcillas son grises, rojas y amarillas, en menor proporción se presentan lutitas negras y arenisca arcillosa, blanca, amarillenta; en donde se posible encontrar moldes lamelibranquios.

3.3.4 Formación Guaduas (Ktg).

Geológicamente el termino Guaduas fue creado por Hettner (1892) al llamar " Piso de Guaduas" a rocas sedimentarias que suprayacian el " Piso de Guadalupe" en el Sinclinal de Guaduas. Desde entonces ha tenido diversas modificaciones.

Está representada primordialmente por arcillas negras, grises, pardas, amarillas y rojas, en general muy meteorizadas. En menor proporción hay delgadas capas de arenisca blanca o café y algunas bandas grises y blancas dando laminación ondulada y lenticular. Su grano es generalmente fino, pero también lo hay muy fino y medio. De acuerdo con la litología, descrita por varios autores, el conjunto presenta



la transición de la depositación de sedimentos en condiciones marinas del Cretáceo a las condiciones continentales que prevalecieron en el Terciario.

En el área de estudio no se logró establecer un sitio donde esta formación este bien expuesta, su reconocimiento es muy difícil ya que los cultivos y vegetación sobre ella son frecuentes o está muy erosionada.

3.3.5 Depósitos Cuaternarios.

En el área de estudio se encuentran depósitos cuaternarios de tipo Coluvial.

3.3.5.1 Cuaternarios Coluviales (Qc).

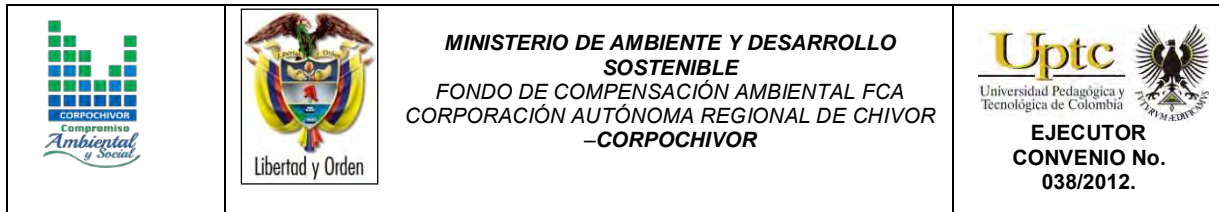
Son el resultado de procesos erosivos antiguos y recientes que consisten en el desprendimiento de materiales de las partes altas de las formaciones aledañas, transportadas por gravedad y acumulados en las partes bajas y planas. Una buena exposición de este tipo de depósito, se puede apreciar 200 m al sur de la capilla del Alto de Monserrate o de la Cruz. Litológicamente está compuesto por bloques angulosos a subredondeados de arenisca amarilla, de grano de tamaño máximo de los bloques es de 1m; embebidos en una matriz arcillo-arenosa color marrón.

3.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

3.4.1 Tectónica.

Los pliegues y fallas en el municipio de Ramiriquí presentan una dirección preferencial NE-SW, la cual corresponde a la directriz tectónica normal para la Cordillera Oriental. Las principales fallas, las de mayor longitud, son inversas, mientras que las de menor longitud tienen en su mayoría una dirección aproximadamente perpendicular a las anteriores y están truncandola o desplazándoles la línea de falla.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



3.4.1.1 Fallas

Las Principales fallas presentes en el área de estudio son:

3.4.1.1.1 Falla de Ramiriquí.

Localizada a medio kilómetro al norte del casco urbano, con dirección SW-NE y es de tipo normal. Coloca en contacto la Formación Plaeners con la Formación Guaduas. Esta falla está cerca del área de estudio.

3.4.1.2 Pliegues.

Estas estructuras son originadas por esfuerzos de tensión y/o compresión.

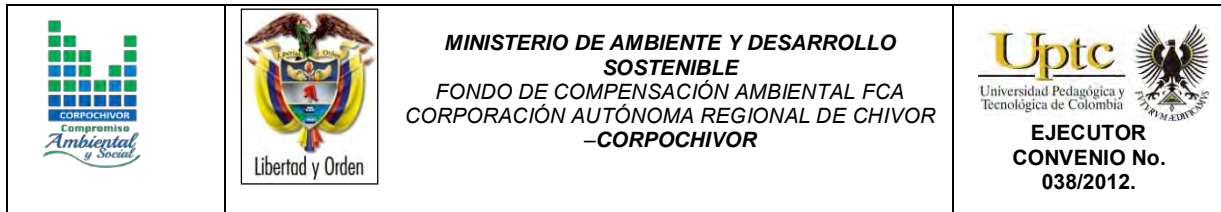
3.4.1.2.1 Anticlinales

En el área de estudio se presentan estructuras anticlinales en materias competentes, la dirección de sus ejes es generalmente noreste y sus núcleos están notablemente erosionados. En el área de estudio los anticlinales más representativos son:

3.4.1.2.1.1 Anticlinal El volador.

Está localizado en la parte NW del área, norte de la carretera Ramiriquí – Boyacá, llamado así por conformar el Alto Volador. El eje del anticlinal está orientado en dirección NNE, paralelo al eje del sinclinal de Cruz Blanca.

En general el anticlinal es simétrico, con estratos buzando en sus flancos entre 30 y 40 grados. La estructura esta dibujada perfectamente tanto por los estratos silíceos de la Formación Plaeners, como por los distintos niveles resistentes de arenisca de la Formación Conejo, expuestos nítidamente, en la parte sur, a causa de la erosión diferencial que ha actuado sobre ellos. El núcleo de la estructura está ocupado en su

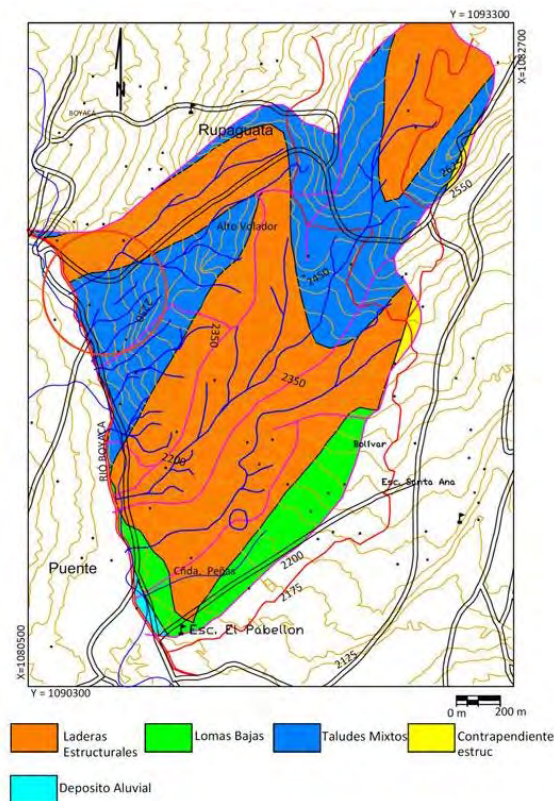


mayor parte por capas pertenecientes a la Formación Plaeners, aunque al sur en la Vereda Peñas está ocupado por capas más antiguas: los estratos superiores de la Formación Conejo.

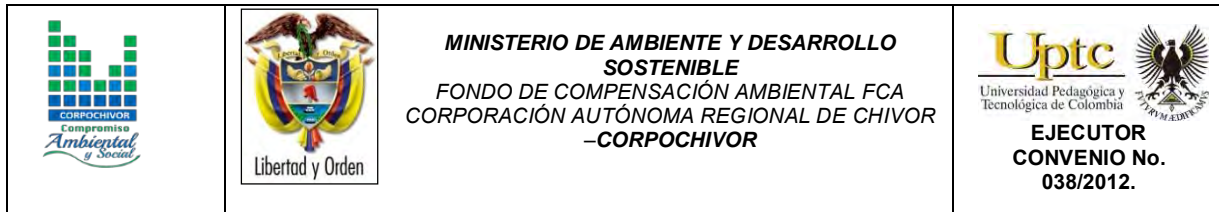
4 GEOMORFOLOGÍA

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 Ramiriquí, 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 17.

Figura 17. Ventana extraída del mapa regional de Geomorfología del estudio de Consultoría para la Homologación y Estructuración de la Información Cartográfica Base.



Fuente: CORPOCHIVOR para ser integrada al SIAT



Lomas bajas

Lomas disectadas y erosionadas producto de la acción de agentes denudativos, se reconocen por ser geoformas que no superan los 300 m de diferencia de altura entre la parte más baja y su cima y que generalmente siempre tiene una forma redondeada.

Contrapendiente estructural

Son geoformas empinadas localizadas en dirección opuesta al acimut del buzamiento de las capas, casi siempre están asociadas a las laderas estructurales, compuestas principalmente por materiales de las Formaciones Conejo (Kscn) y Plaeners (Kg2), constituidos por arcillolitas intercaladas con areniscas y Cherts con niveles arcillosos respectivamente.

Deposito aluvial

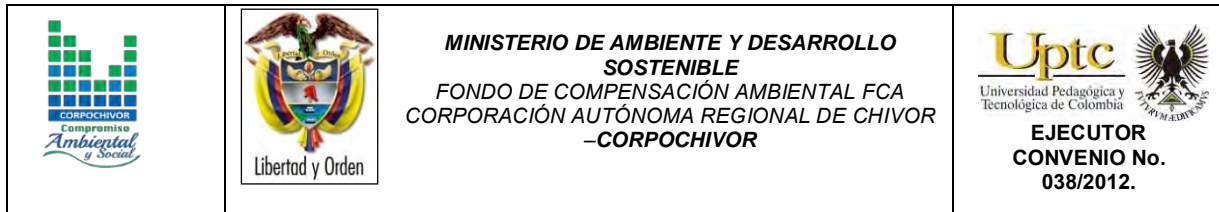
Geoformas originadas por la depositación de sedimentos durante la migración fluvial. Incluye diferentes niveles de terrazas, en general son materiales no consolidados y poco cohesivos

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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



Igualmente, se aclaran los criterios utilizados para definir las unidades geomorfológicas. Como resultado final, se elaboró el Plano geomorfológico del área de estudio y las fichas de los Inventarios de los procesos.

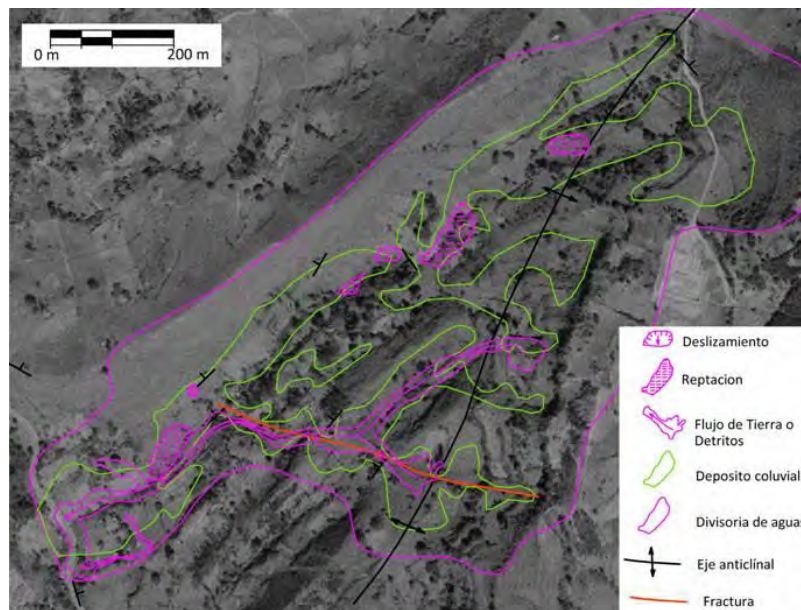
4.1.1 Análisis foto geológico

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 identifican 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 con base en esta dinámica, disparada por lluvias intensas y la intervención antrópica en el área por cortes en la vía y la deforestación. Ver Figura 18.

Figura 18. Fotografías pertenecientes al vuelo 2803-252, 253 tomadas por el IGAC, durante los años 90



Fuente: Resultado del estudio

4.1.2 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 7.

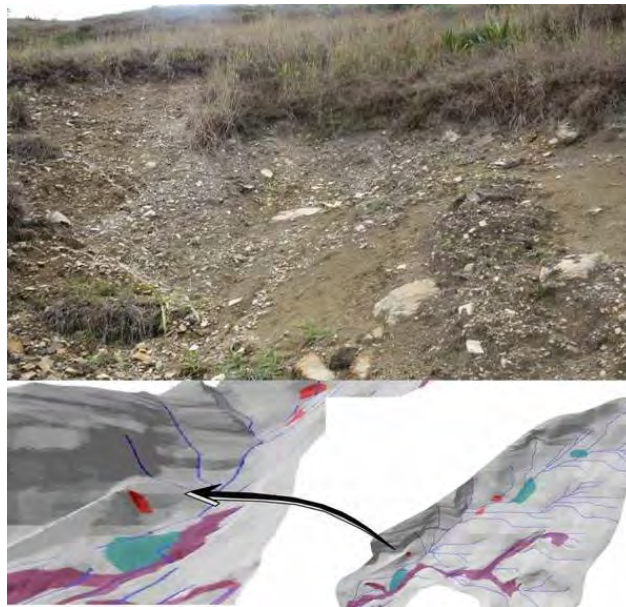
4.1.2.1 Los deslizamientos compuestos

Deslizamientos compuesto 1

Presentan un 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. Ver Figura 19.

Figura 19. Esquema del movimiento compuesto



Fuente: Resultado del estudio

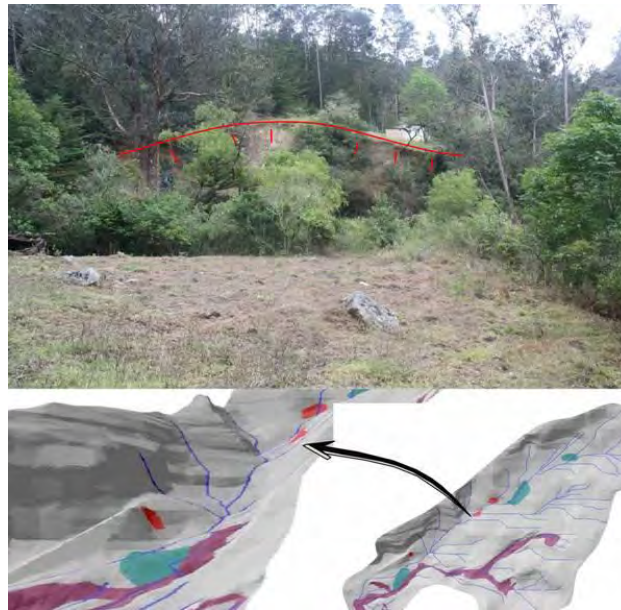
Se presenta ante las Formación Plaeners (Kg2) y el deposito coluvial (QCol) (Figura 19) causado por el mal manejo del suelo, detonado en épocas de lluvias, tiene 230 m² con distribución creciente.

Deslizamientos compuesto 2

Presenta las mismas características del anterior, 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.

Se observa en la Formación Churuvita (Ksch) Figura 20 causado por el mal manejo del suelo, detonado en épocas de lluvias, tiene 570 m² con distribución creciente, afectando vivienda en la parte alta. Ver Figura 20.

Figura 20. Esquema del movimiento compuesto



Fuente: Resultado del estudio

Deslizamientos compuesto 3

Presenta las mismas características del anterior, movimiento rotacional a lo largo de un escarpe principal seguido de un desplazamiento direccionado por el drenaje principal.

Se presenta en el depósito coluvial. Figura 21, Causado por el mal manejo del suelo, detonado en épocas de lluvias, tiene 756 m² con distribución creciente. Ver Figura 21.

Figura 21. Esquema del movimiento compuesto



Fuente: Resultado del estudio

4.1.2.2 Reptaciones

Reptación 1

Movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación es de tipo estacional, se asocia a cambios climáticos o de humedad de los terrenos originados en delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de moderada pendiente, tiene 3300 m². En este proceso se observa acumulación de esfuerzos y de aguas de escorrentía lo que lo hace tener alto grado de peligrosidad en épocas lluviosas ya que por saturación de esfuerzos puede colapsar, convirtiéndose en un flujo. Ver Figura 22.

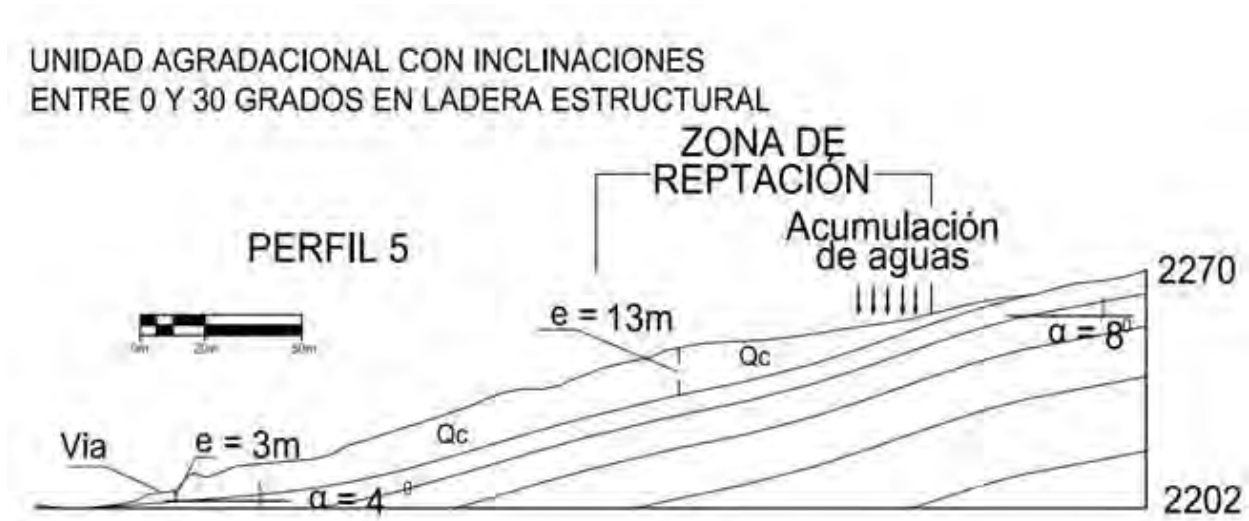
Figura 22. Esquema del movimiento, reptación 1



Fuente: Resultado del estudio

En el perfil de la Figura 22 se ilustra el cuerpo del proceso y la geoforma en la cual se encuentra, siendo favorable a su movimiento.

Figura 23. Esquema del movimiento, perfil reptación 1

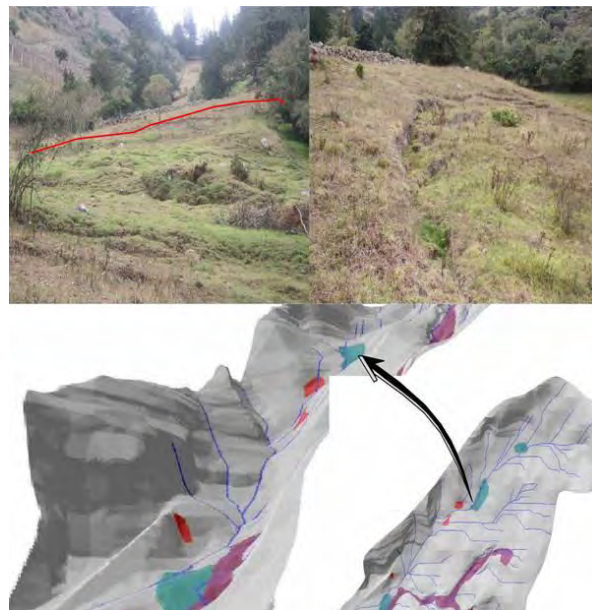


Fuente: Resultado del estudio

Reptación 2

Movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación es de tipo estacional, se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno originadas en delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de moderada pendiente. Causado por el mal manejo del suelo, detonado en épocas de lluvias, tiene 4162 m² con distribución creciente. Ver Figura 24.

Figura 24. Esquema del movimiento, reptación 2



Fuente: Resultado del estudio

Reptación 3

Presentan las mismas características del anterior, movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación es de tipo estacional, se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno originadas en delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de moderada pendiente. Causado por el mal manejo del suelo, detonado en épocas de lluvias, tiene 1736 m² con distribución creciente. Ver Figura 25.

Figura 25. Esquema del movimiento, reptación 3



Fuente: Resultado del estudio

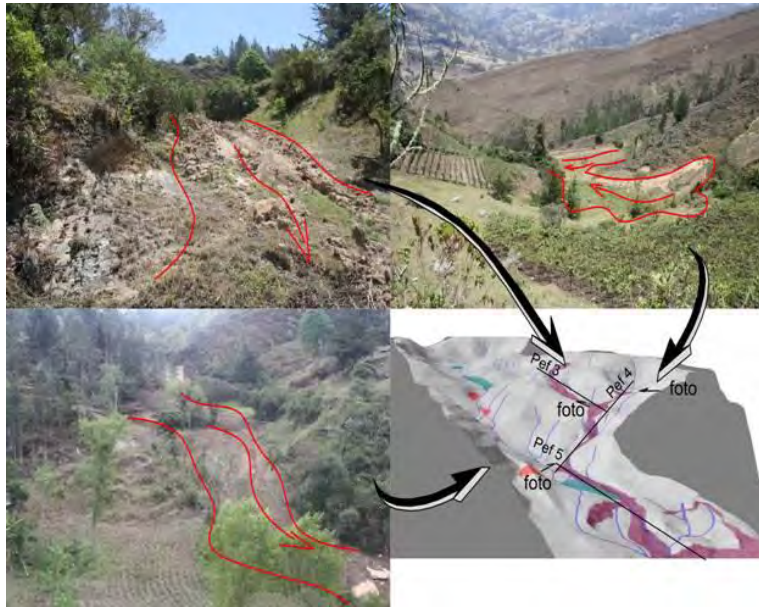
Flujo de detritos

Movimiento rápido a extremadamente rápido, detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Originado por una serie de sucesos, en su parte alta se observa una zona de acumulación tanto de material caído como de aguas, dicha parte coincide con el eje de una estructura anticlinal la cual es una zona de fractura de formaciones rocosas (ver Figura 26 y perfil Figura 27; posteriormente sigue el direccionamiento dado por una fractura producida por esfuerzos compresionales del área (ver figura de interpretación fotogeología y plano geológico); en una parte intermedia toma el direccionamiento de la estratificación del área y

finalmente los depositan en abanicos de detritos, sobre un deposito coluvial el cual ha venido presentando dinámica, presentando procesos morfo dinámicos.

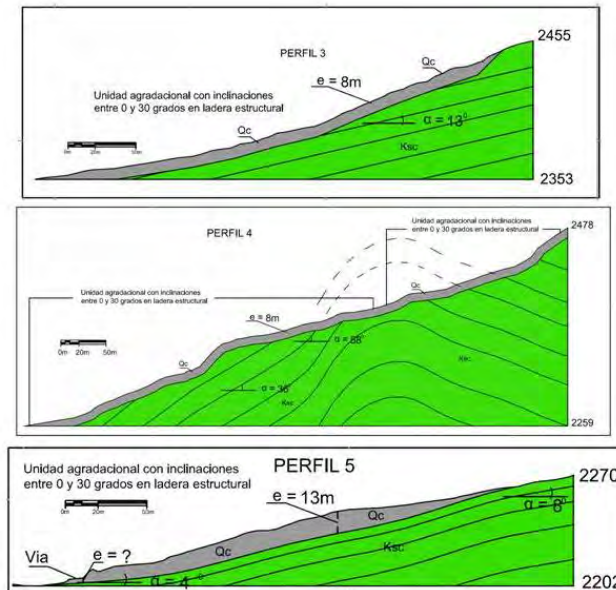
El proceso incorpora gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal tiene un área de 30433 m². Ver Figura 26.

Figura 26. Esquema del movimiento, Flujo de detritos



Fuente: Resultado del estudio

Figura 27. Esquema del movimiento, perfil Flujo de detritos



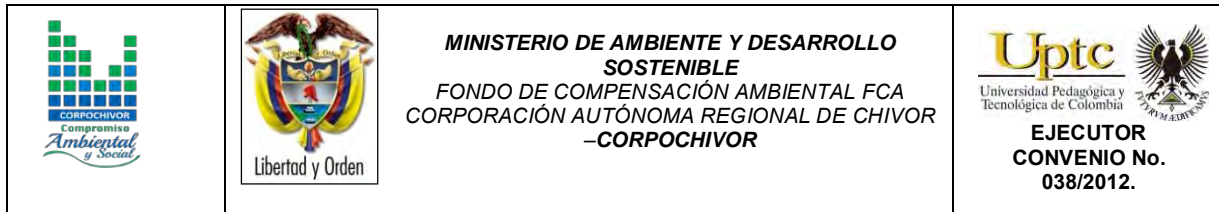
Fuente: Resultado del estudio

4.2 EROSIÓN

La erosión se define como la remoción de partículas de suelo debido a la acción de fenómenos climatológicos, como son la lluvia, el viento y el oleaje. La magnitud del material removido depende del grado de interperismo del suelo.

El fenómeno de erosión se considera como un proceso lento, cuando es en forma natural, y sus manifestaciones no se identifican a corto plazo sino cuando se encuentra en una fase final, desgraciadamente cuando se ha perdido la mayor cantidad de suelo fértil. Al intervenir el hombre, para abrir caminos, desmontar áreas para campos de cultivo, explotar los bosques, ampliar las zonas urbanas, etc. entonces, se altera el equilibrio natural y se acelera el proceso.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



Este fenómeno implica dos problemas importantes: por un lado es la pérdida de suelo en la cuenca, sobre todo la pérdida de suelo fértil en los campos de cultivo con cierta inclinación y por otro lado el depósito del sedimento en embalses o en sitios donde esto es indeseable.

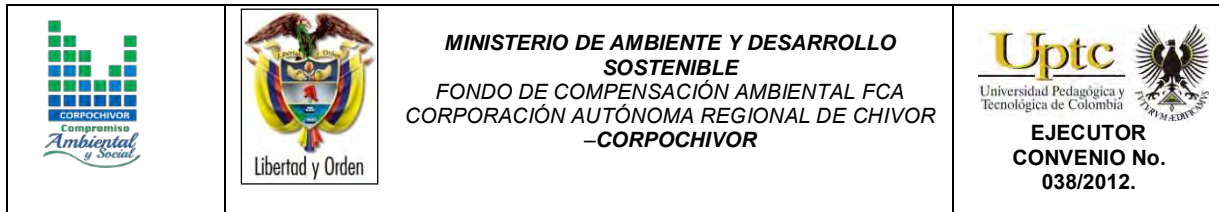
Existen dos clases de erosión, la geológica y la antrópica.

- **La erosión geológica**, que ocurre en forma lenta, y es el desgaste natural de la tierra en busca de su propia estabilización, sus factores son el agua lluvia, las corrientes fluviales, el mar, el viento, la temperatura, la gravedad. La erosión geológica contribuye a la modelamiento de la superficie del terreno y a la formación de los suelos.

- **La erosión antrópica o acelerada**, es propiciada por el hombre, y sucede al utilizar inadecuadamente el suelo; cultivos, tala de bosques, quemas, construcciones; entre otros. Estos procesos debilitan la capacidad del terreno, acelerando la erosividad y causando problemas de desestabilización.

La erosión antrópica o acelerada, favorece la aparición de surcos y cárcavas que representan un grado superior del proceso de erosión que se manifiesta en los suelos. Su formación tiene origen en el drenaje superficial y es aumentada por el incremento del tiempo de concentración

El viento y el agua son los principales agentes generadores de erosión y de acuerdo al agente erosivo se distinguen dos formas de erosión:



▪ **Erosión Eólica.** Donde quiera que el suelo sea débilmente agregado, seco, la superficie lisa y desnuda y en donde los vientos sean fuertes, se podrá presentar erosión eólica, que de hecho es más fuerte en regiones de clima árido y semiárido. No obstante puede presentarse erosión eólica severa en algunas regiones húmedas, donde los vientos fuertes pueden desarrollarse moviendo dunas en zonas costeras.

▪ **Erosión Hídrica.** Es un proceso continuo que consiste en la separación de las partículas y agregados de la masa del suelo, su transporte y sedimentación, siendo el agente activo, el agua.

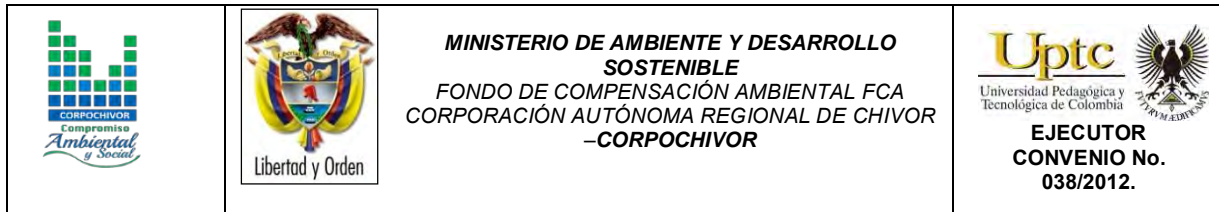
La erosión hídrica se inicia cuando las gotas de lluvia golpean en la superficie de un suelo desnudo, causando el movimiento de las partículas más finas como sedimentos en suspensión en el flujo del agua, el cual en su movimiento cuesta abajo, va abriendo surcos.

Cada lluvia subsecuente, erosiona cantidades adicionales de suelo; con la degradación del suelo, se manifiesta la degradación de la tierra.

Este tipo de erosión, se ve propiciada cuando se remueve la cobertura vegetal por el laboreo para los cultivos, la quema de residuos de cosecha, el sobrepastoreo, deforestación y por la perturbación del suelo al paso de maquinaria pesada en la construcción de vías, obras de infraestructura y minería.

4.2.1 Algunas Formas de Erosión

El proceso de erosión tiene diferentes formas de expresión dependiendo de la concentración del agua. Comenzando con la erosión laminar, erosión en surcos, y en la medida que el agua forma pequeños cauces, erosión en cárcavas.



La erosión laminar es el arrastre casi uniforme de delgadas capas de suelo. Por su parte, la erosión en surcos comienza con transporte de material desprendido por salpicadura de gotas de lluvia (Hudson, 1981). Esta erosión es producida por la escorrentía concentrada y forma pequeños canales. La erosión en canales es el proceso de desprendimientos y transporte de suelo. Las cárcavas ocurren cuando hay mayor concentración del escurrimiento y la topografía permite la unión de los surcos. El ancho de las cárcavas crece por socavación.

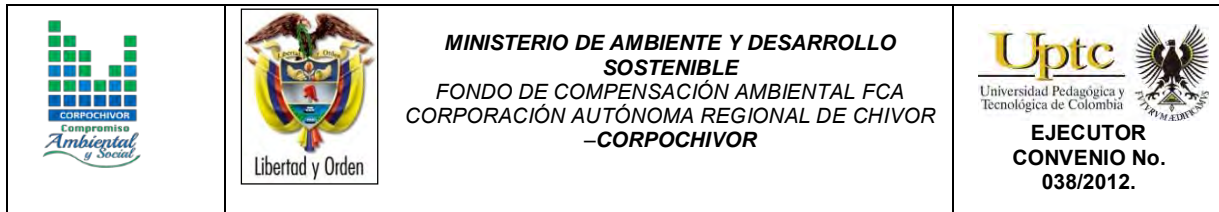
4.2.2 Factores externos

Son aquellos que disparan o detonan la inestabilidad en la ladera. Una causa desencadenante pequeña, puede ser suficiente para provocar la inestabilidad, esos factores pueden ser:

- **Naturales:** Las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura, sismos.
- **Antrópicos:** Tales como; deforestación, quemas e incendios forestales, cortes de taludes para construcción de carreteras u otra infraestructura, el asentamiento humano en las laderas, la actividad minera, el uso indebido del suelo, etc.

4.2.3 Factores internos

Existen una variedad de factores condicionantes que inciden en los procesos de inestabilidad de laderas y son relativos a la propia naturaleza o características de las laderas, esos factores pueden ser:



- **Geológicos:** Representan un factor de inestabilidad permanente; la litología, la estratigrafía de la roca (orientación y ángulo de inclinación), discontinuidades estratigráficas y estructurales y la alteración de las rocas (alteración hidrotermal y/o meteorización).

- **Hidrológicos e hidrogeológicos:** Cambio en las presiones de poros o Hidrostáticas y el comportamiento geomecánico (resistencia a la deformabilidad, compresibilidad, cohesión, etc.).

A partir del análisis del procesamiento digital de imágenes, se obtuvo un mapa de intensidad de erosión las cuales nos dan una idea de los diferentes tipos de erosión reflejado en la zona dándonos unidades de intensidad de erosión así: erosión baja, erosión moderada y erosión alta. Ver Figura 28.

Figura 28. Imagen del Mapa de erosión



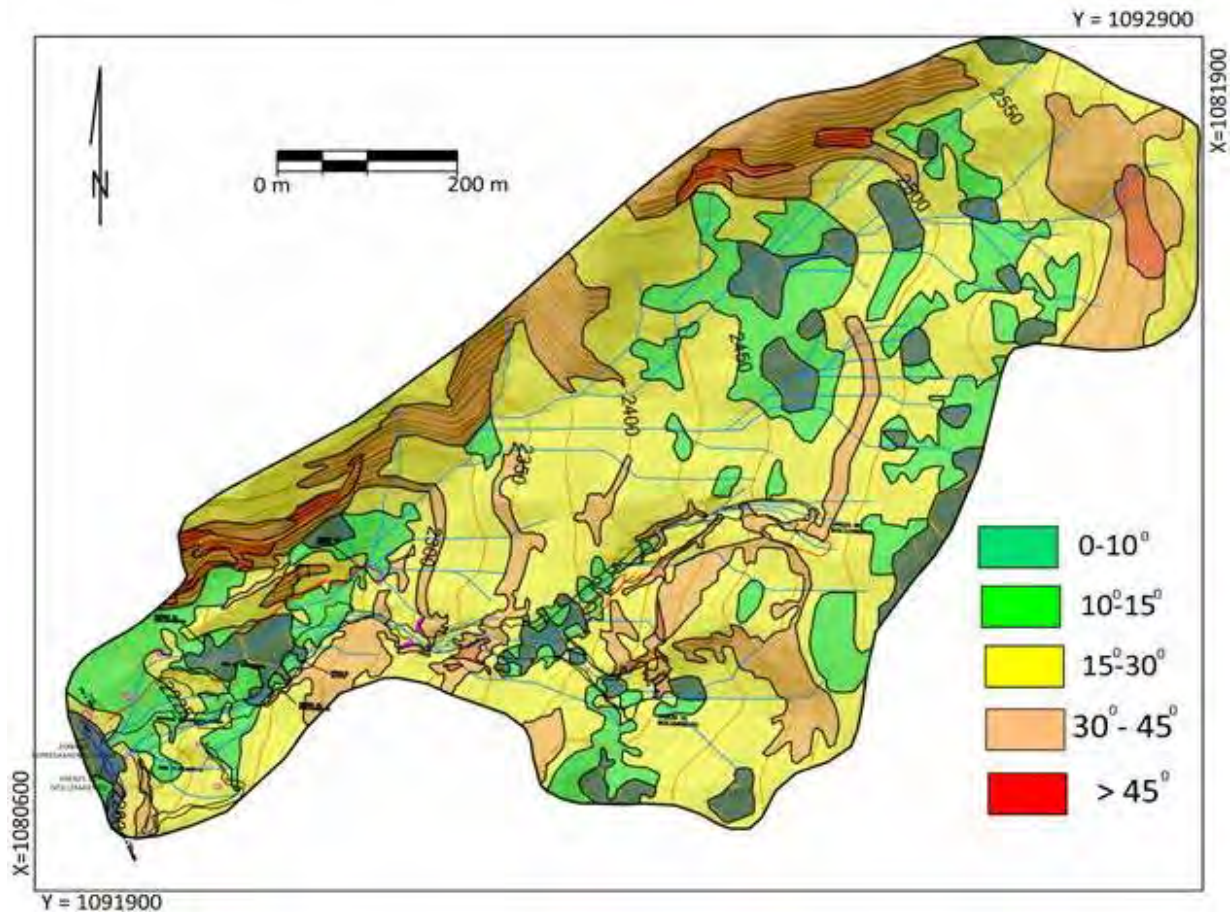
Fuente: Resultado del estudio.

4.3 PENDIENTES

4.3.1 Inclinación de las pendientes

A partir de un modelo digital de terreno generado tras a digitalización de curvas de nivel a una escala 1:25.000, se generó el mapa de pendientes con seis clases para el área de estudio. Los valores de susceptibilidad de este parámetro o variable son presentados en la Figura 29.

Figura 29. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes



Fuente: Resultado del estudio.

Figura 30. Clasificación de 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: Ambientes Geomorfológicos, Geológicos. C.Bartolini, B. Palla, E. Pranzini

4.3.2 Unidades geomorfológicas

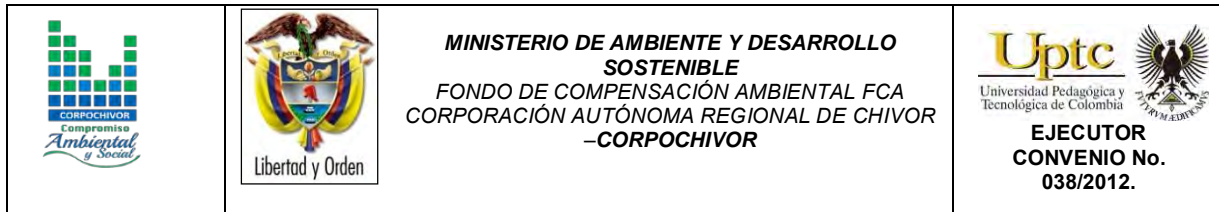
Teniendo en cuenta, las necesidades de los análisis de estabilidad y amenaza por fenómenos de remoción en masa y la relación de estas con los procesos de inestabilidad, se delimitaron seis (6) unidades geomorfológicas, de carácter local ver Figura 31, denominadas como:

4.3.2.1 Geoformas de Origen Denudacional.

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

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

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 9.28 ha, de las cuales el 8.1 % presenta inestabilidad. Siendo su susceptibilidad a movimientos en masa alta.



4.3.2.1.2 Unidad agradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera estructural (UA e)

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 10.24 ha, de las cuales el 22.6 % presenta inestabilidad. Siendo la más susceptible a movimientos en masa.

4.3.2.1.3 Unidad degradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera en contra pendiente (UD c1)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 17.44 ha, de las cuales el 0.6 % presenta inestabilidad. Siendo de las más estables a movimientos en masa.

4.3.2.1.4 Unidad degradacional con inclinaciones mayores a 30 grados en ladera en contra pendiente (UD c2)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 9.21 ha, de las cuales el 1.0 % presenta inestabilidad. Presenta estabilidad a movimientos en masa.

4.3.2.1.5 Unidad degradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera estructural (UD e1)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, Formación Churuvita (Ksch), formación de rocas blandas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 10.38 ha, de las cuales el 7.5 % presenta inestabilidad. Presenta alta susceptible a movimientos en masa.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

4.3.2.1.6 Unidad degradacional con inclinaciones mayores a 30 grados en ladera estructural (UD e2)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 3.75 ha, de las cuales el 2.3 % presenta inestabilidad. Presenta estabilidad a movimientos en masa.

Figura 31. Imagen del Mapa Geomorfológico



Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

A continuación describimos en la Tabla 25 las características y análisis de las unidades geomorfológicas:

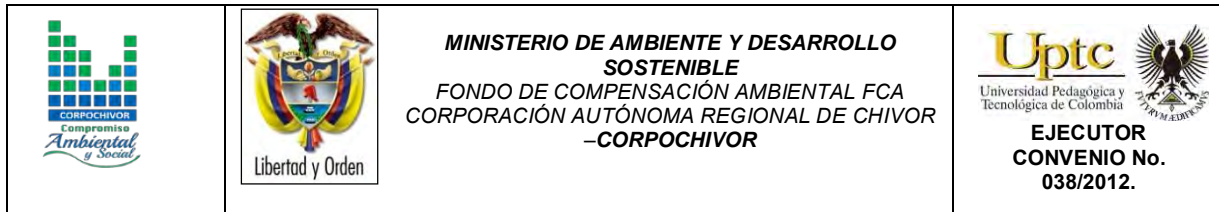
Tabla 25. Descripción geomorfológica

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

Fuente: Resultado del estudio.

4.4 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



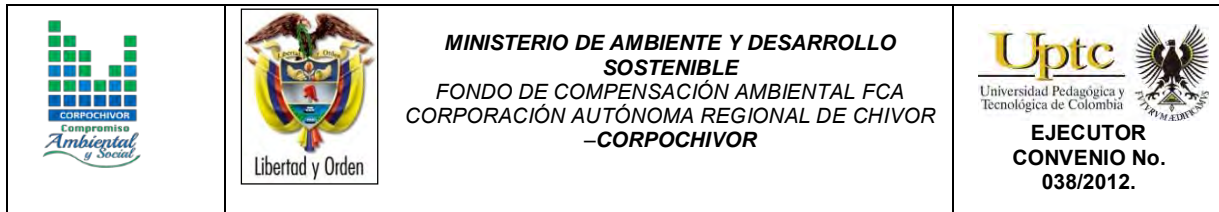
que los ecosistemas acuáticos. Mientras que a estos últimos les corresponde aproximadamente un 75 %, los ecosistemas terrestres dominan el 25 % restante.

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.



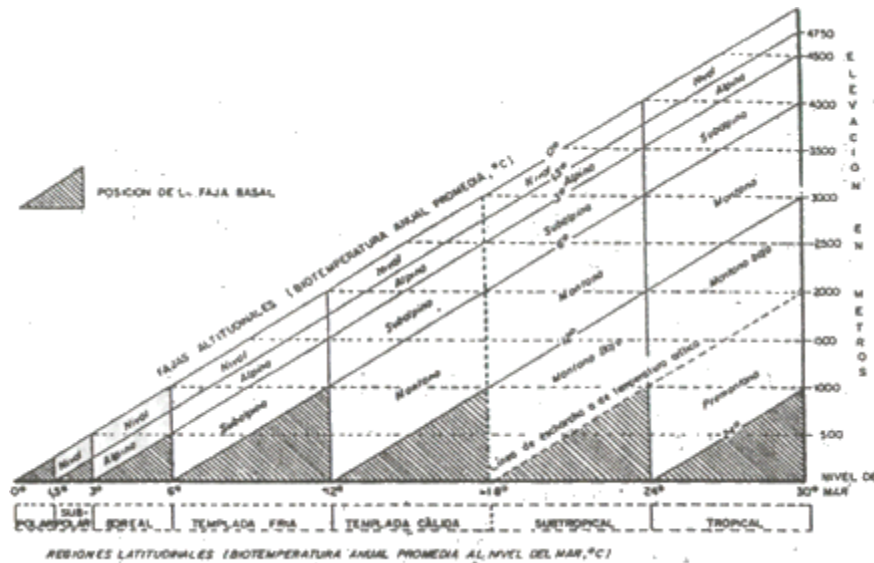
Investigaciones aplicadas a los cambios en la cobertura vegetal están teniendo un mayor grado atención debido esencialmente a las implicaciones de la deforestación. A nivel regional, dicho mecanismo ocasiona la disminución e incluso la pérdida de la cobertura vegetal, el detrimento de los recursos forestales,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

4.4.1 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 32. 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).

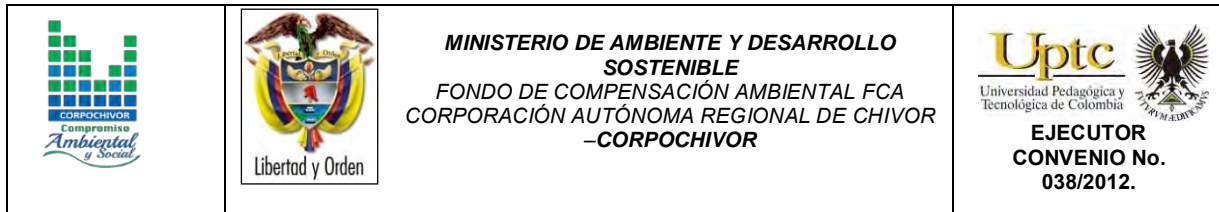


Fuente: Holdridge, L., 1987.

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:

4.4.1.1 Bosque andino

Se presentas en áreas de gran pendiente, protegido con pequeñas manchas para estabilizar los suelos o áreas de mínima condición para labores agrícolas. Predominan las especies como encenillo (*Weinannia tormentosa*), raque (Vallea



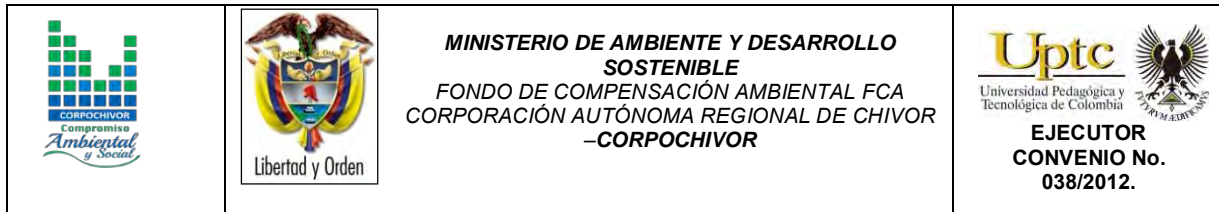
estipularis), cucharo (*Rapanea quiqmensis*), laurel (*Myrica parsifolia*), pegamoscos (*Befaria resinosa*) aparece principalmente.

4.4.1.2 Bosque rastrojo alto andino

La vegetación de este municipio se caracteriza por presentar una mediana intervención antrópica que ha sido acentuada sobre sus especies constitutivas y por lo tanto del bosque en general. Se presenta en la formación vegetal de bosque húmedo montano bajo (bh-MB), en parches aislados y a veces continuos con topografía ondulada. Se localiza en las veredas Matorral andino secundario. Dominado por plantas de 2 - 3 metros, con especies como (*Miconia ligustina*) Tuno, (*Myrsine dendenius*), (*Bacharis prumifolis*) chilco, (*Dyplostephyun, rossasimifolium*), (*Monachaetun myrtoidum*), (*empalthorium lancrolaliym*), (*Escallonea myrtilloides*) Tobo, (*Berberis glauca*), (*Glauteria radifolia*) y otros. En medio de ellos crecen musgos, helechos, orquídeas y muchas lianas de passifloras y bejucos, se encuentra diseminado sobre gran parte del municipio preferentemente en rastrojos y potreros abandonados con bosques naturales.

4.4.1.3 Bosque secundario heterogéneo andino

Predominan el aliso (*Alnus acuminata*), uva camarona (*Carendishiabracteata*), arrayán (*Myrtiasiantees foliosa*), Espino (*Xilosma especuliferum*), cucharo (*Myssine ferruginea*), borrachero (*Viburnun tinoides*). Son bosques dispersos y constituyen el testimonio de la tala de los árboles. Se conservan como protectores del suelo en el curso de las quebradas, importantes en el mantenimiento de humedales y cuerpos de agua, como barreras vivas en los linderos de fincas y delimitación de potreros, se presenta en toda el área del municipio en forma dispersa; conforma áreas y unidades



de paisaje pero principalmente actúa como cercas vivas y divisoria áreas de pastos naturales y pequeños cultivos aislados.

4.4.1.4 Matorral bajo

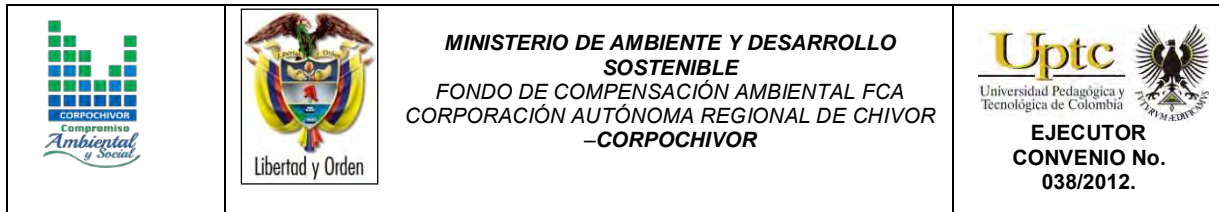
Con especies como la jarilla (*Stevia lucida*), chilco (*Bacharis latifolia*), zarzamora (*Rubus urticifoliums*), pasto rabo de zorro (*Andropogón sp*) y otras. Se caracteriza porque son áreas de potreros que han sido abandonadas o descuidadas o áreas que fueron cultivados anteriormente.

4.4.1.5 Matorral bajo de laderas con afloramientos de rocas

Se localizan en terrenos con afloramientos de rocas y áreas intervenidas del bosque alto andino que no tienen oferta ambiental en producción óptima con altos pendientes y escaso horizonte A y con formación rocosa; sufren alta irradiación y estrés hídrico durante gran parte del año; sin embargo, son reguladores de los flujos hídricos.

4.4.2 Pastos

Representan un 50% aproximadamente del área del municipio y son áreas donde están establecidas las ganaderías. Las especies de pastos son: puntero (*Hiparhenia rufa*), guinea (*Panicum maximun*), pará (*Paspalum stoloniferum*), gordura (*Dactylis flomerata*), imperial (*Axonopus scoparium*), guatemala (*Tripsacum laxum*), pasto azul archoro (*Dactylis glomerata*), elefante (*Pennisetum purpureum*), oloroso (*Antoxathum odoratum*), falsa poa (*Holcus lanatus*), kikuyo (*Pennisetum clandestinun*), trébol blanco (*Trofolium repens*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), cortaderas (*Cyperus sp*, *cortadera sp*), chicoria (*Hypochoeris radicata*), sangre de toro (*Rumex acetacella*).



4.4.2.1 Bosque nativo

Está diezmado por la tala inmisericorde de que ha sido víctima buscando ampliar la frontera agropecuaria. Quedan relictos de estos bosques a alturas superiores a los 2.600 m.s.n.m. y lo demás ha sido reemplazado por pastizales de ciperáceas y gramíneas como el kikuyo, pasto oloroso falsa poa y tréboles.

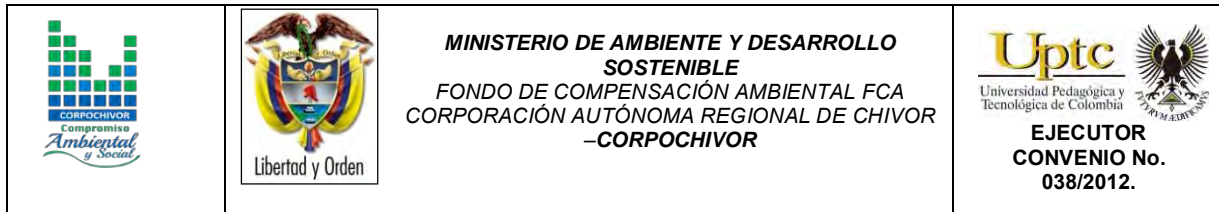
En estos bosques predominan el encenillo (*Weinmania tormentosa*), granizo (*Hedyosmum* sp), el gaque (*Clusia* sp), sietecueros (*Tilouchinas*), el chusque (*Chusquea scandens*) y mora (*Rubus* sp). En la parte baja (1200-2200 m.s.n.m.) se encuentran reductores de bosques de lo que fueran bosques nativos de clima medio. Entre estos se tiene: cedro (*Cedrella montana*), ceibo (*Ceiba pentandra*), higuerón (*Ficus* sp).

En toda el área se encuentran dispersas plantaciones pertenecientes a familias de Myrtaceae y Cupresaceae en desarrollo producto de las campañas de reforestación emprendidas por Isa y el municipio Ramiriquí en años anteriores. Los principales cultivos observados son: maíz con una presencia de un Caducifolios 30% con un 10%, frijol 30%, tomate un 5%, papa 5%, arveja 5% y otros cultivos misceláneos con un 25% (arracacha, alverja, maíz, habichuela, pepino, pimentón, etc.).

4.4.3 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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VÍA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



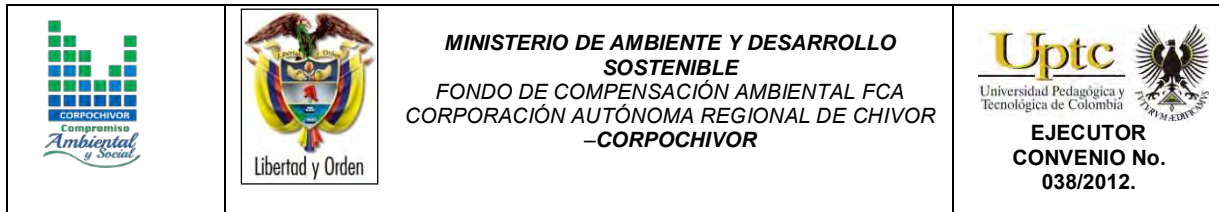
políticas relacionadas con el medio ambiente y el ordenamiento territorial, aceptada por la Unión Europea. Hoy en día se aplica sobre la totalidad del territorio europeo a través del proyecto CLC2000.

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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



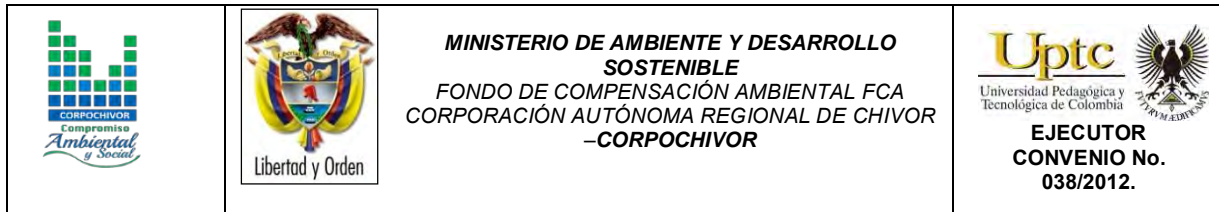
asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica, junto con los siguientes procedimientos generales,

- 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.
- 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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



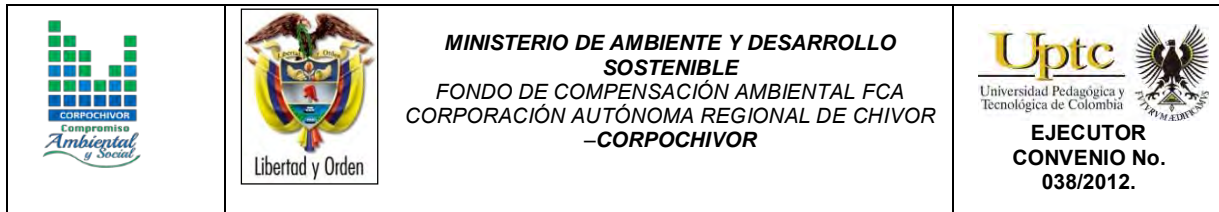
Finalmente, se espera que este producto, sea usado como una herramienta de apoyo para la gestión sostenible de los recursos naturales y para construir las bases para el ordenamiento ambiental y territorial del país, y unificación de las metodologías de coberturas de la tierra que se aplican actualmente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

4.4.4 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:

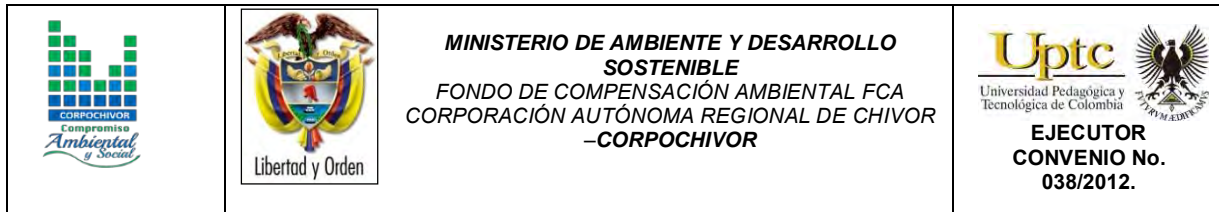
- Identificar, sectorizar y describir las zonas de vida o formaciones vegetales.
- Identificación, sectorización y descripción de los diferentes tipos de cobertura vegetal existente.
- Identificación de especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.
- Presentar un plano de cobertura vegetal 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:

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



- 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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



- Descripción fisionómica de las diferentes coberturas vegetales, perfil y estructura de estratos (arbóreo; arbustivo: herbáceo; epígeo; entre otros).
- Identificación de los usos y/o destinos específicos dados por las comunidades, incluyendo los usos culturales.

4.4.5 Identificación y descripción de coberturas

Mediante el sistema de clasificación de coberturas de tierra metodología Corin 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:

4.4.5.1 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 o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativas del área rural del sector de Puente Camacho.

4.4.5.2 Zonas urbanizadas

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.

La zona de estudio presenta las siguientes unidades:

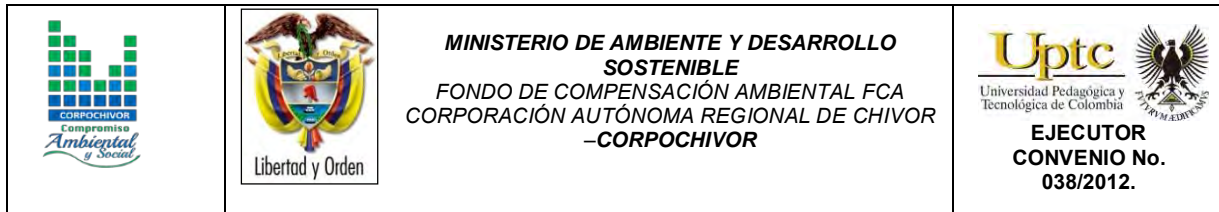
4.4.5.3 Tejido urbano discontinuo

En la zona de estudio se observan 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 y seminatural se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas.

Fotografía 4. Tejido urbano discontinuo presente en la zona de estudio.



Fuente: Resultado del estudio



4.4.5.4 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.

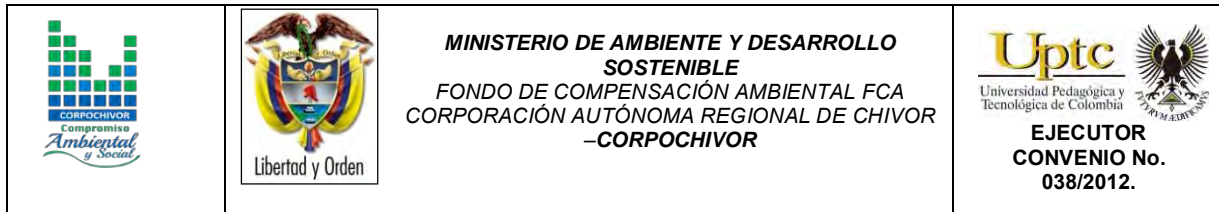
4.4.5.5 Red vial, ferroviaria y terrenos asociados

Es un espacio artificializado con infraestructuras de comunicaciones como carreteras que comunica el municipio de Ramiriquí con la ciudad de Tunja; se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes.

Fotografía 5. Tejido artificializado de nivel 4 red vial.



Fuente: Resultado del estudio



4.4.5.6 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.

4.4.5.7 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 algunas solanáceas, cucurbitáceas, rosáceas, 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.

4.4.5.8 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)

4.4.5.9 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.

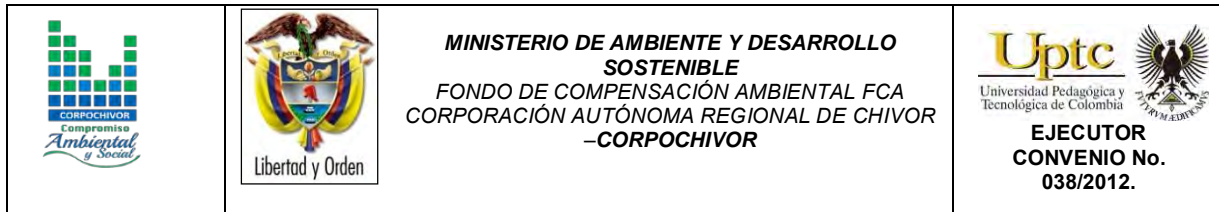
Fotografía 6. Cultivo de Zea Mays



Fuente: Resultado del estudio

4.4.5.10 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.



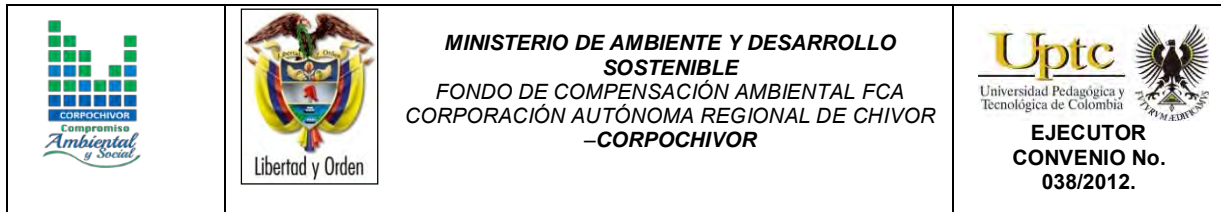
4.4.5.11 Arracacha:

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).

Fotografía 7. Cultivo De Arracacia Xanthorrhiza Bancroft (Hoker, 1831 y Muñoz, 1968) Presente en la zona.



Fuente: Resultado del estudio

4.4.6 Cultivos permanentes

Comprende los 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 y los cultivos arbóreos como árboles frutales.

4.4.6.1 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.

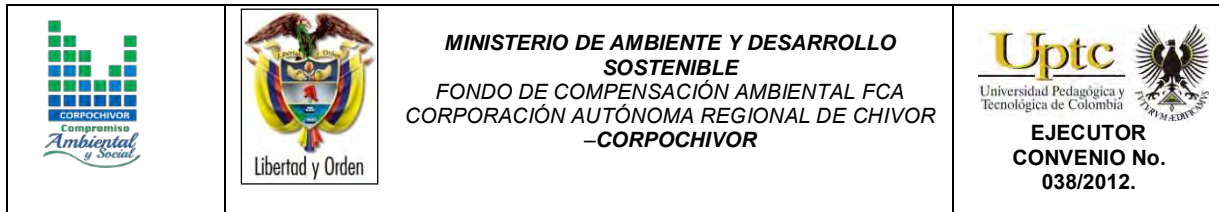
4.4.6.2 Caña

La *Saccharum officinarum* 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 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.

Fotografía 8. *Saccharum Officinarum* Cultivo Presente en la zona de estudio



Fuente: Resultado del estudio



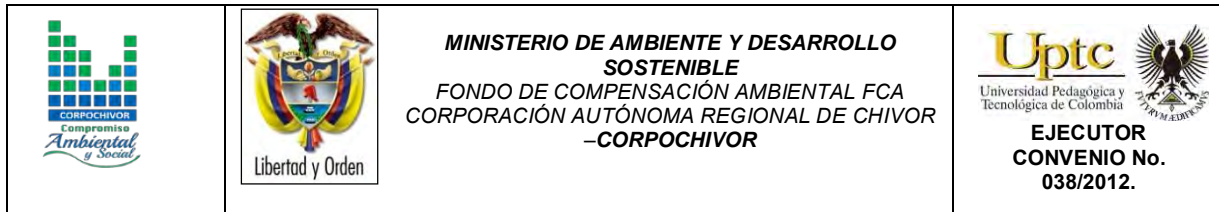
4.4.6.3 PLÁTANO

Cobertura predominantemente compuesta por cultivo de banano *Musa sapientum* L.J, planta herbácea perenne gigante de la familia Musáceae. 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 primeras hileras son de flores femeninas, con las masculinas en la parte superior. Los floros masculinos forman capullos ovoides a elípticos, con las brácteas imbricándose en el ápice

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VÍA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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 transluciéndose 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.

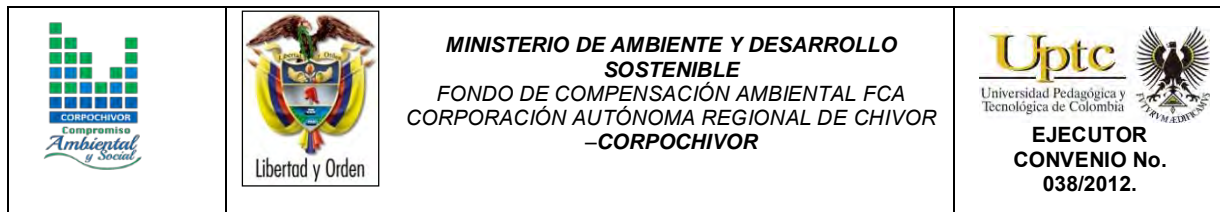
El fruto es una falsa baya de forma lineal o falcada, de 7 a 15 cm de largo y hasta 4 de diámetro, que forma un racimo compacto. Está cubierta por un pericarpo coriáceo verde en el ejemplar inmaduro y amarillo intenso al madurar. El extremo basal se estrecha abruptamente hacia un pedicelo e 1 a 2 cm. 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 9. Musa Sapientum L.J Presente en la zona de estudio



Fuente: Resultado del estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



4.4.7 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).

4.4.7.1 El ají

Capsicum Anuum de la familia Solanáceae es un arbustito de unos 80 cm hasta 1 m de alto. De tallos glabrescentes ramificados con hojas aovadas, pecioladas, solitarias o por pares, de 4-12 cm por 1,5 a 4cm de ancho, también pubescentes, con márgenes enteros, base estrechada y ápice algo acuminado. Las flores son solitarios o por grupos de unas pocas, erectas o algo péndulas y naciendo en el nudo de las hojas con el tallo. El cáliz, persistente, es acampanado y entero, con 5 a 7 costillas principales redondeadas terminadas en un diente, generalmente romo, y unas cuantas costillas secundarias. La corola, más bien pequeña. 5 a 7 pétalos todos anchamente soldados en sus bases, de color blanco denticulados en sus bordes. Las anteras son generalmente purpúreas. El fruto puede tener una infinidad de formas, es una baya hueca con 2 a 4 tabiques incompletos que soportan las simientes, que son discoidales o espirales, muy comprimidas, de unos mm de diámetro y de color anaranjado.

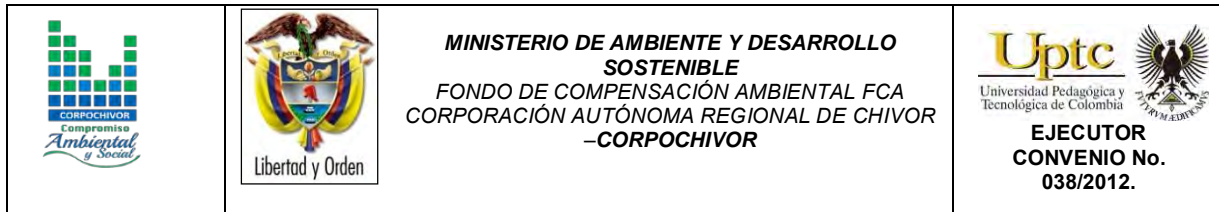
Fotografía 10. Capsicum Anuum Presente En la zona de



Fuente: Resultado del estudio

4.4.7.2 La mora

Rubus ulmifolius de la familia de las Rosáceas es un arbusto sarmentoso de ramas arqueadas y espinosas, hojas compuestas de 3 ó 5 folíolos elípticos y de borde aserrado, dispuestos de forma palmeada. Florece desde el final de la primavera hasta el principio del otoño. Sus flores crecen en racimos compuestos, con 5 sépalos y 5 pétalos blancos o rosados sobre un receptáculo ensanchado, con numerosos estambres. Su fruto es una polidrupa, la popular mora o zarzamora, que es al principio rojiza y finalmente negra brillante cuando madura. La zarza comprende numerosas variedades e híbridos, muy abundantes y extendidos por todo el mundo. Nacen de forma espontánea en bordes de caminos, lindes de bosques abiertos, campos en barbecho, y en otros numerosos lugares que abarca desde los valles



hasta las montañas. También se cultiva en Europa como planta curativa y por sus frutos.

Con fines medicinales se recolectan las raíces, las hojas jóvenes y frutos bien maduros. Las hojas se recogen a mano una por una, justo en el momento de la floración de la planta, que sucede en primavera-verano. Los frutos se recogen en verano-otoño cuando están bien maduros, para consumir en fresco. Las hojas se dejan secar a la sombra en lugar bien aireado; se almacenan resguardadas del polvo y la humedad.

4.4.8 Cultivos permanentes arbóreos

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

4.4.8.1 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.

4.4.8.2 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.

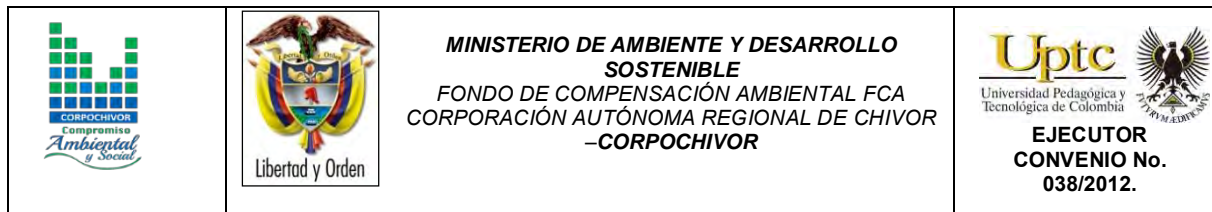
Fotografía 11. *Pyrus Communis* Presente En la zona de estudio



Fuente: Resultado del estudio

4.4.8.3 Tomate de árbol

Cyphomandra betacea Nombre común o vulgar: Árbol de los tomates, Árbol del tomate, Tomate arbóreo del Perú, Tamarillo, Tamarillos, Tomate de árbol, Tomates



de árbol de la Familia de las Solanáceas (Solanaceae). Originaria de los Andes, ésta especie se encuentra en huertos familiares desde el norte de la Argentina hasta el sureste de México y en las Antillas. Son países productores Colombia, Brasil, Nueva Zelanda, Kenia, Sudáfrica, California (EE.UU.), India, Sri Lanka.

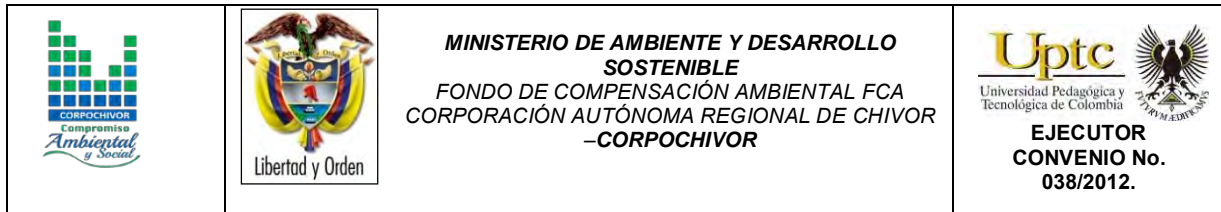
Hojas simples, aovadas o cordadas, por lo general íntegras, pubescentes, de hasta 30 cm de largo. Los frutos son comestibles, pudiendo comerse crudos o guisados. Tiene forma oviforme, su piel es lisa, turgente, brillante y de un cierto sabor amargo.

El color varía del rojo al carmín, aunque también hay variedades de tonos anaranjados a los que se les han alterado sus propiedades siendo más dulces y conteniendo unas semillas más pequeñas y tiernas.

4.4.8.4 Curuba

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 las 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.

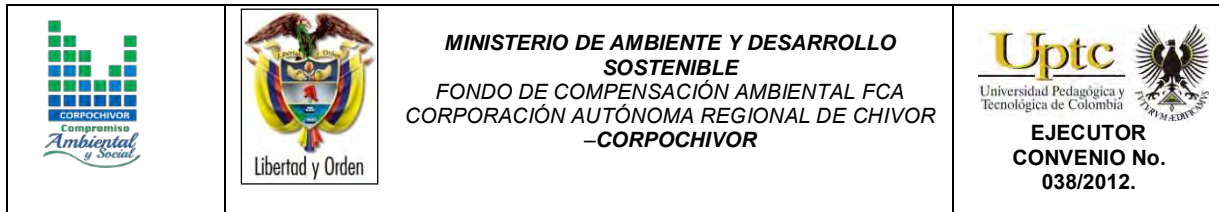
Fotografía 12. Passiflora Mollissima Presente En la zona de estudio.



Fuente: Resultado del estudio

4.4.9 Cítricos

Cobertura compuesta por especies arbóreas de hojas perennes cuya altura puede variar de los 3 a los 15 metros, poseen tallos erectos, verdosos, con ramas provistas de espinas. Las flores, muy fragantes, suelen estar reunidas en inflorescencias, generalmente en forma de corimbos aunque raramente aparecen aisladas.



4.4.9.1 Mandarina

El Citrus Nobilis de la familia Rutáceae, es originario del sureste de Asia y China, se cultiva intensamente en toda la cuenca mediterránea, y vegeta en zonas subtropicales y en las proximidades de mares u océanos. Es un arbolillo que no rebasa los 4 m. de altura, con un follaje perenne, verde brillante y con una hermosa floración de un aroma agradable. Tronco con frecuencia torcido, generalmente sin espinas, y ramas angulosas. Las hojas son oblongo-ovales, elípticas o lanceoladas, con margen aserrado por encima de la base. Son de color verde oscuro brillante en el haz y verde amarillento en el envés, fragantes cuando se las tritura.

Fotografía 13. Citrus Nobilis Presente en la zona de estudio.



Fuente: Resultado del estudio

4.4.10 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.

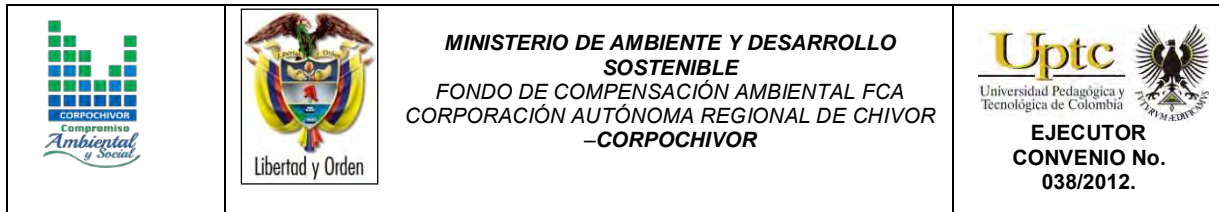
4.4.11 Cultivos y árboles plantados

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 14. Cultivo Agroforestal



Fuente: Resultado del estudio



4.4.12 Pastos

En la zona de influencia de la falla es 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.

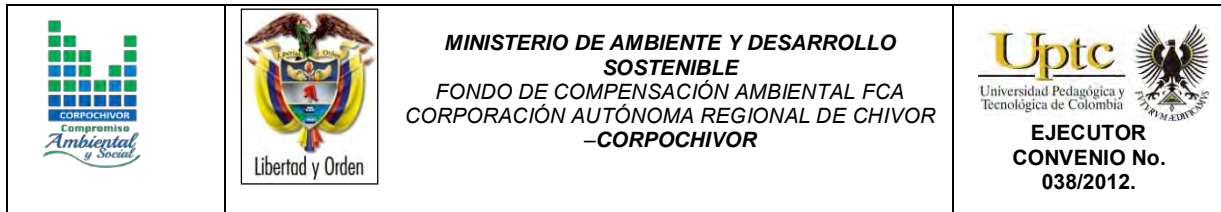
Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace. Ver Fotografía 15.

4.4.13 Pastos limpios

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; 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, dominancia principalmente en la zona media de la zona de estudio.

El deslizamiento descendió por esta cobertura, facilitándole su avance y velocidad debido a la ausencia de cobertura vegetales mayores como bosques bajos. esta exposición del suelo a los agentes erosivos es debido a la disminución de la cubierta vegetal por el pastoreo y a la remoción del suelo por el pisoteo. Estos factores favorecen a la erosión hídrica y a la erosión Eólica Sumados a la Inclinación Facilitaron El Deslizamiento. El sobrepastoreo facilita la desertificación de áreas

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



semiáridas y la desprotección de las escorrentías. Esto último influye también en el balance de las aguas superficiales y subterráneas.

Fotografía 15. Pastos limpios presente en la zona de estudio



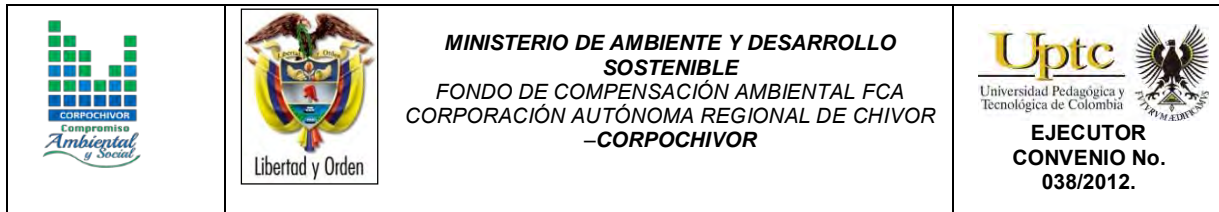
Fuente: Resultado del estudio

En la zona de estudio existe sobrepastoreo debido a las siguientes características observadas:

Presencia de vegetación herbácea muy baja, como si se hubiera "cortado el pasto" en un jardín. Esto se puede ver si el lugar tiene cierta humedad que permita su recuperación.

Presencia de "pie de vaca", que se visualiza a la distancia como líneas paralelas aproximadamente horizontales que se ven en las zonas serranas, a modo de "arrugas" en la montaña y que son caminos de recorrido y pastoreo del ganado.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



Vegetación herbácea muy rala, en algunos casos inexistente, con tierra suelta y removida, hasta incluso con abundancia de huellas de animales.

Preponderancia de especies leñosas espinosas bajas, con muy pocas hierbas, característica del fachinal.

Composición florística herbácea conformada fundamentalmente por hierbas poco palatables o no palatables para el ganado, debido a que las apetecidas por los animales fueron comidas por el constante pastoreo.

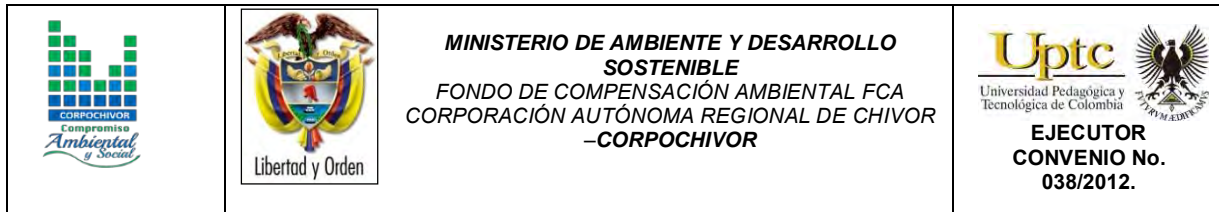
4.4.14 Pastos arbolados

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos. Ver Fotografía 16.

Fotografía 16. Pastos Arbolados Presentes En El Sector de Puente Camacho



Fuente: Resultado del estudio



4.4.15 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.

4.4.16 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.

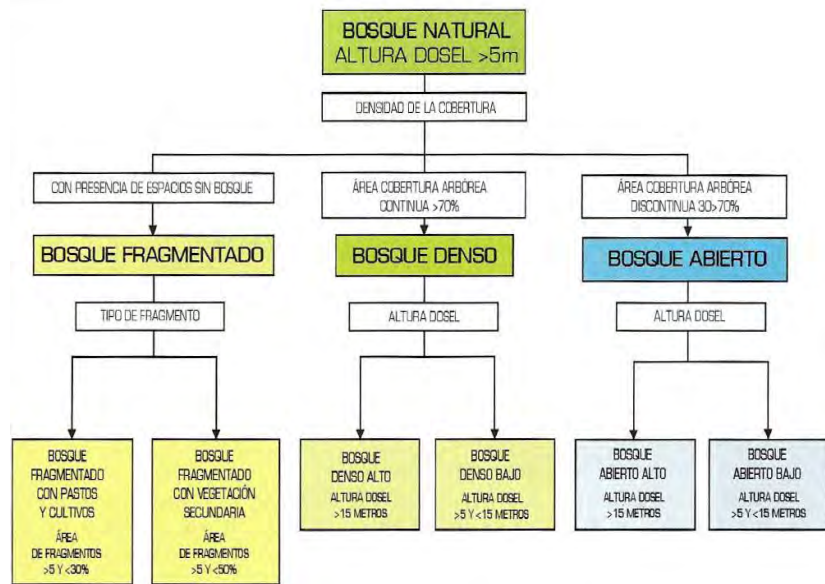
Para efectos de la caracterización de la densidad se definió como el porcentaje de cobertura de la copa. Por su parte, la cobertura de la copa, en este documento, corresponde al porcentaje del suelo o del terreno ocupado por la proyección perpendicular de la vegetación en su conjunto, o por uno de sus 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),

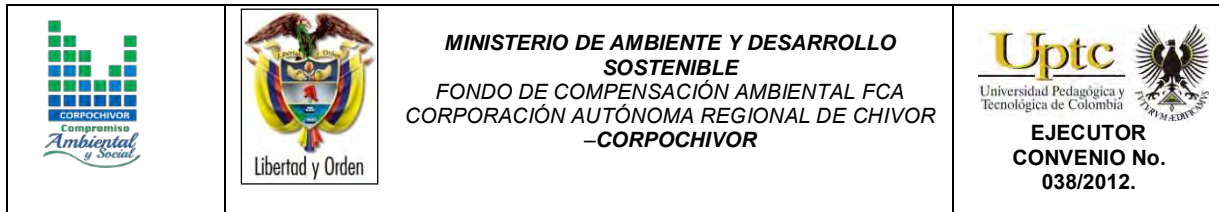
ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VÍA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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 33. Criterios para la clasificación de los bosques



Fuente: Corine Land Cover 2010



4.4.16.1 Bosque denso

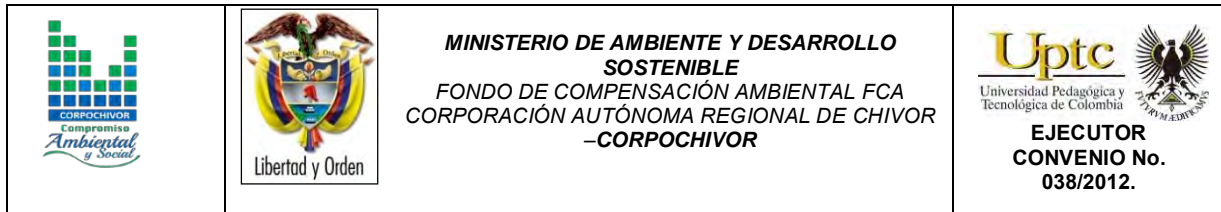
Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no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

4.4.16.2 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.

4.4.16.3 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. Ver Fotografía 17.



Fotografía 17. Bosque denso bajo de tierra firme



Fuente: Resultado del estudio

4.4.16.4 Bosque de galería y ripario

Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o canadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario. Ver Fotografía 18

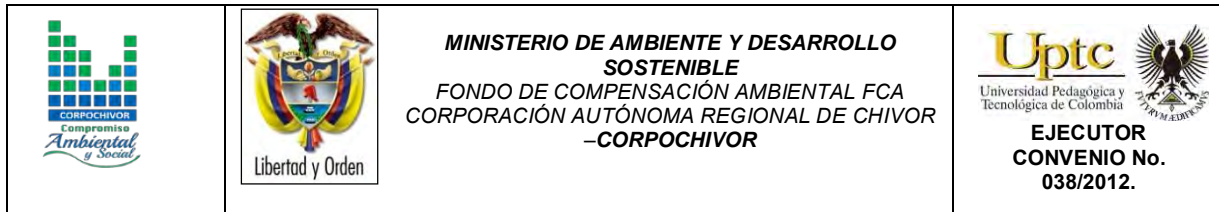
Fotografía 18. Bosque Ripario Presente En la zona de estudio



Fuente: Resultado del estudio

4.4.16.5 Plantación 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.



4.4.16.6 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 (gálbulos leñosos), las inflorescencias femeninas del género *Juniperus*, en cambio, dan lugar a una estructura carnosa denominada gábullo carnoso, 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 19. Pino presente en la zona de estudio.



Fuente: Resultado del estudio

4.4.16.7 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. Ver Fotografía 20.

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.

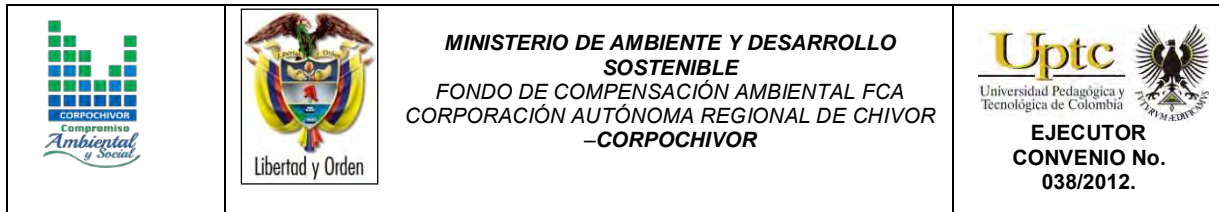
Fotografía 20. Eucaliptos presentes en la zona de estudio



Fuente: Resultado del estudio

4.4.17 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:

4.4.17.1 Herbazal

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos.

Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas a su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999). Para su diferenciación, los herbazales fueron clasificados de acuerdo con tres criterios: por la densidad de la cobertura herbácea, en densos y abiertos; de acuerdo con la condición de inundabilidad se clasifican en inundables y de tierra firme; y de acuerdo con la presencia de árboles y arbustos, en arbolados y no arbolados. Los criterios utilizados para la diferenciación entre los diferentes tipos de herbazales tienen como fundamento los elementos pictóricos de las imágenes de sensores remotos, los cuales pueden ser identificados directamente en las imágenes, tales como la presencia de árboles y arbustos, a una característica inferida del terreno como es la condición de inundabilidad y densidad del herbazal.

De acuerdo con la información disponible y escala de trabajo, esta unidad puede ser dividida en las siguientes clases:

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

4.4.17.2 Herbazal de tierra firme

Corresponde a una cobertura natural constituida por un herbazal denso, el cual se desarrolla en áreas que no están sujetas a periodos de inundaciones, las cuales pueden presentar o no elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos.

Fotografía 21. La *Furcraea Bedinghausii* K. Koch Herbácea presente presente en la zona

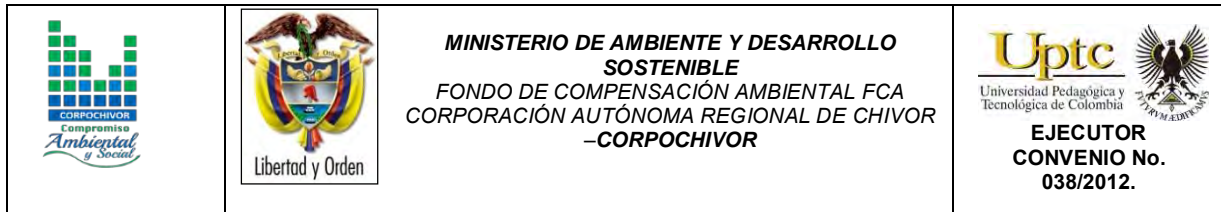


Fuente: Resultado del estudio

4.4.17.3 Helechal

Cobertura dominada por la especie de helecho tropical *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn llamado por lo general helecho águila o común, es una especie de helecho perteneciente a la familia Hypolepydaceae. Esta especie es uno de los organismos vegetales de más amplia distribución pudiéndose encontrar en todos los continentes, salvo la Antártida.

Helecho isospóreo vivaz o perenne con un rizoma subterráneo muy desarrollado que llega a alcanzar hasta un metro de longitud de color pardo y cubierto de vellosidades



oscuras. Frondes muy grandes, de hasta 2 metros con láminas tri o cuatripinnadas con pinnas ovoides y glabras en el haz mientras que en el envés son muy pilosas, peciolo menor o igual en longitud que la lámina. Posee soros reunidos en cenosoros lineares con doble indusio, por una parte un pseudoindusio membranoso compuesto por la misma lámina y un indusio verdadero de color pardo situados en el envés de los frondes.

Esporangios esferoidales con anillo longitudinal, esporas triletas muy ligeras que se diseminan muy rápidamente por el viento. Ver Fotografía 22.

Fotografía 22. Helechal



Fuente: Resultado del estudio

4.4.17.4 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, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAD, 2001).

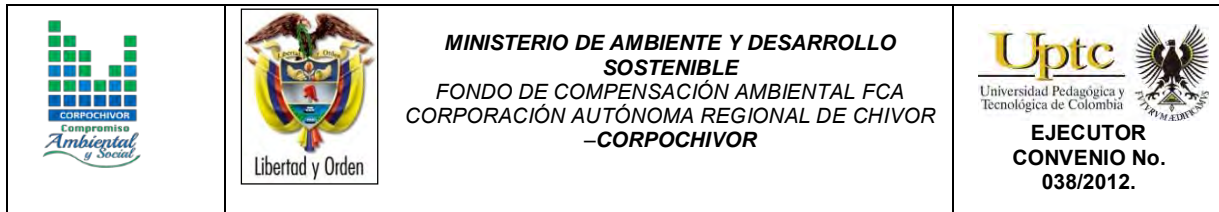
4.4.17.5 Arbustal abierto mesofilo

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 23. Arbustal Abierto Mesofilo



Fuente: Resultado del estudio



4.4.17.6 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.

4.4.17.7 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 arbustivo herbáceo 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 24. Vegetación En Transición.



Fuente: Resultado del estudio

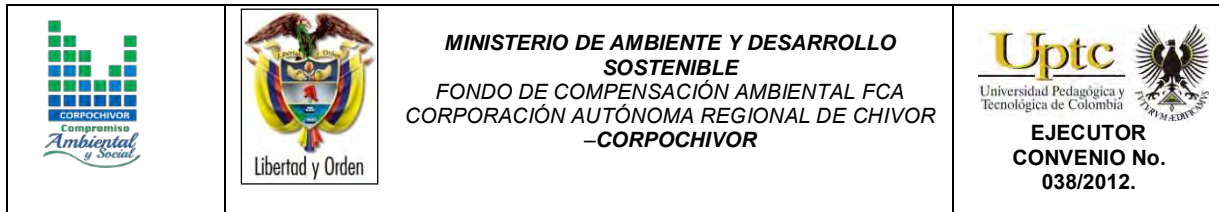
4.4.18 Áreas y porcentajes de las coberturas en el área de estudio.

4.4.19 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.

En ecología se pueden hacer estudios de fauna de diferentes formas. Los estudios pueden ser de tipo descriptivo, comparativo, observacional y experimental. Los

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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.

Tabla 26. Especies de cobertura vegetal presentes en la zona de estudio.

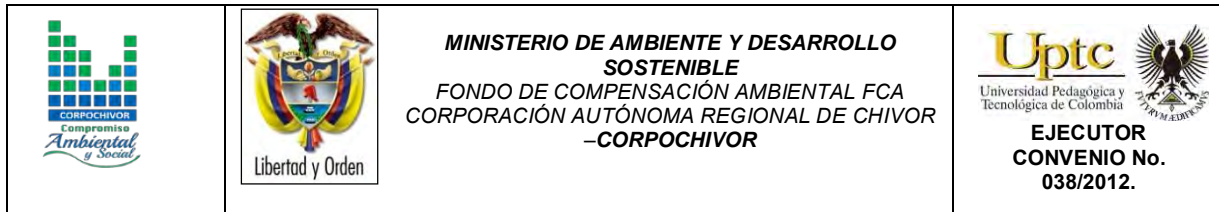
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Agaváceae	<i>Furcraea bedinghausii</i>	Maguey
Asteraceae	<i>Eupatorium leivense</i> Hieron.	
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca
Asteraceae	<i>Bidens</i> sp.	Bernada
Asteraceae	<i>Chromolaena scabra</i> (L. f.) R.M. King & H. Rob.	
Asteraceae	<i>Gnaphalium</i> sp.	
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca
Asteraceae	<i>Baccharis cundinamarcensis</i> Cuatrec.	Chilca
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp.	Hoja de agua
Asteraceae	<i>Bidens simplicifolia</i> C.H. Wright	Chipaca
Asteraceae	<i>Baccharis floribundum</i> Kunth	Chilca
Asteraceae	<i>Ageratina boyacensis</i> R.M. King & H. Rob.	
Asteraceae	<i>Coniza bonariensis</i> (L.) Cronquist	Velon
Asteraceae	<i>Bidens</i> sp.	Berbena
Asteraceae	<i>Baccharis bogotensis</i>	Chilca
Asteráceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león
Cupresáceas	<i>Pinus halepensis</i>	pino de piña
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Helecho marranero
Fabaceae	<i>Erythrina rubrinervia</i> Kunth	Chocho
Fabaceae	<i>Inga vera</i> Willd.	Guamo
Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i> L.	Trebol
Fabáceae	<i>Acacia decurrens</i>	Acacia Blanca
Melastomataceae	<i>Miconia squamulosa</i> Triana	Tuno
Musácea	<i>Musa sapientum</i> L.J	Maduro

Fuente: Resultado del estudio

Tabla 27. Especies de cobertura vegetal presentes en la zona de estudio.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Myrtaceae	<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto
Myrtaceae	<i>Eucalyptus pellita</i>	Eucalipto
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto
Papilionáceae	<i>Vinga trilobata</i>	Vinga
Passifloraceae	<i>Passiflora tarminiana</i>	Curuba
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Yanten
Poaceae	<i>Pennisetum setaceum</i>	Catalán
Poaceae	<i>Bromus unioloides</i>	Cebadilla criolla
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Pasto
Poaceae	<i>Holcus lanatus</i> L.	Pasto
Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Pasto de olor
Poaceae	<i>Andropogon rufus</i> (Nees) Kunth	
Poaceae	<i>Saccharum officinarum</i>	Caña dulce
Poaceae	<i>Zea mays</i>	Maíz
Polygalaceae	<i>Monnina salicifolia</i> Ruiz & Pav.	Tulipan
Polygonaceae	<i>Polygonum</i> sp.	
Primulaceae	<i>Myrsine</i> sp.	Endrino
Primulaceae	<i>Myrsine</i> sp.	
Pteridaceae	<i>Pteridium esculatum</i>	Helecho
Rosáceae	<i>Rubus Ulmifolius</i>	Mora
Rubiaceae	<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Boton blanco
Rutacea	<i>Citrus Nobilis</i>	Mandarina
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce
Umbelliferae	<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft (Hoker, 1831 y Muñoz, 1968)	Arracacha
Verbenaceae	<i>Duranta mutisii</i> L.f.	Garbanzo

Fuente: Resultado del estudio



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 Ramiriquí, analizar la presencia de posibles acuíferos, con el fin de conocer las condiciones que influyen en el deslizamiento. Ver Figura 34.

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 tres 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.

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

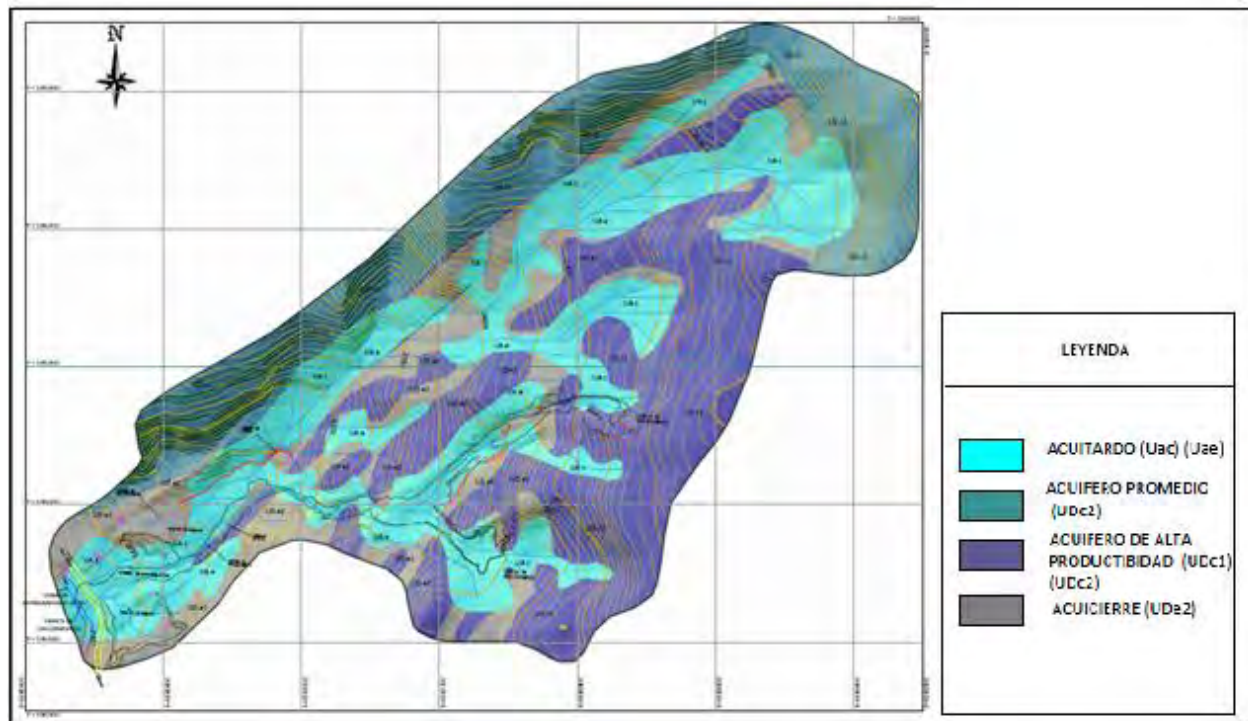
5.1.2 Acuitardo.

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.

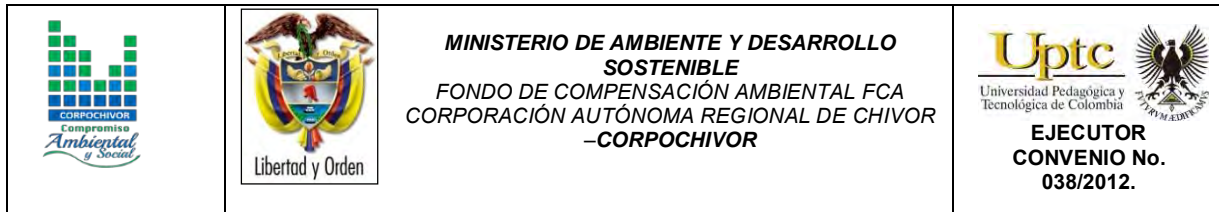
5.1.3 Acuíferos.

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

Figura 34. Imagen del Mapa Hidrogeológico del área de estudio



Fuente: Resultado del estudio.



5.2 MARCO HIDROGEOLÓGICO GENERAL

5.2.1 UNIDAD I (Permeabilidad Alta)

Se encuentran areniscas de la formación conejo (Kscn), con alta porosidad y permeabilidad primaria, debido a la distribución de los poros que se encuentran conectados entre sí, lo que genera que los fluidos se transmitan más rápidamente.

5.2.2 UNIDAD II (Permeabilidad Media)

Se asocia a rocas, que permiten almacenar cierta cantidad de agua, pero que la transmiten muy lentamente, como es el caso de los cuaternarios, estos poseen poros, pero no están conectados entre sí, por lo tanto no se transmite el agua y se va reteniendo en la matriz lodosa que la contiene, por otra parte la formación Plaeners (kg2) en el sector de estudio presenta niveles predominantes de lodolitas, se caracteriza por presentar fracturas es decir una porosidad secundaria, permitiendo el flujo de agua, pero de manera muy lenta.

5.2.3 UNIDAD III (Permeabilidad Baja)

Rocas con porosidad pero que no permiten el tránsito a través de ellas porque su permeabilidad es muy baja; constituidas por capas de arcillas, presentes en la Formación conejo (Kscn), las cuales se clasifican como acuícierres.

5.3 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Un punto de agua es un lugar, obra civil, o circunstancia que permita un acceso directo o indirecto al acuífero. Se considera como punto de agua los aljibes, pozos, manantiales y demás cuerpos de agua, que presenten verdaderos afloramientos de acuíferos ya sean superficiales o profundos

Se realizó un inventario de puntos de agua dentro y alrededor del área con el fin de conocer la disponibilidad del recurso hídrico y su influencia en el deslizamiento,

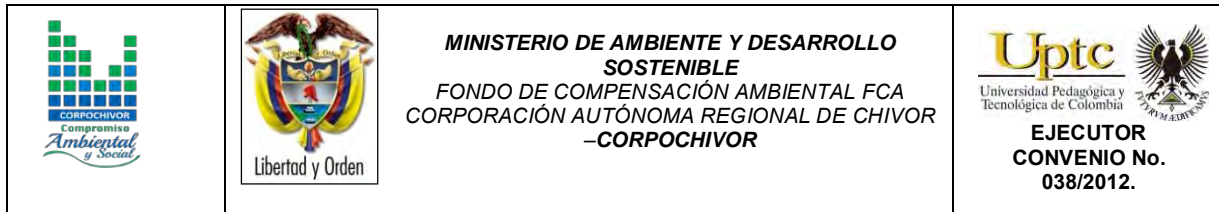
ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

encontrándose tres (3) nacaderos. El inventario se realizó en la época seca (Febrero a Marzo) y se pudo evidenciar los drenajes superficiales totalmente secos. (Tabla 28).

Tabla 28. Inventario de nacaderos observados.

Nacadero.	Coordenadas	Observaciones	Figura
1	X= 1'081.183 Y= 1'092.234	Generados por el material, debido a fracturas y grietas, junto con la acumulación del material de arrastre.	
2	X= 1'080.950 Y= 1'092.310	Generados por el material, debido a fracturas y grietas, junto con la acumulación del material de arrastre, de menor volumen que el ya mencionado.	
3	X=1'080.870 Y= 1'092.226	Generados por el material, debido a fracturas y grietas, junto con la acumulación del material de arrastre, y afectado por procesos de erosión y meteorización.	

Fuente: Resultado del estudio.



6 ESTUDIO GEOELECTRICO (TOMOGRAFIA ELECTRICA RESISTIVA)

6.1 INTRODUCCION

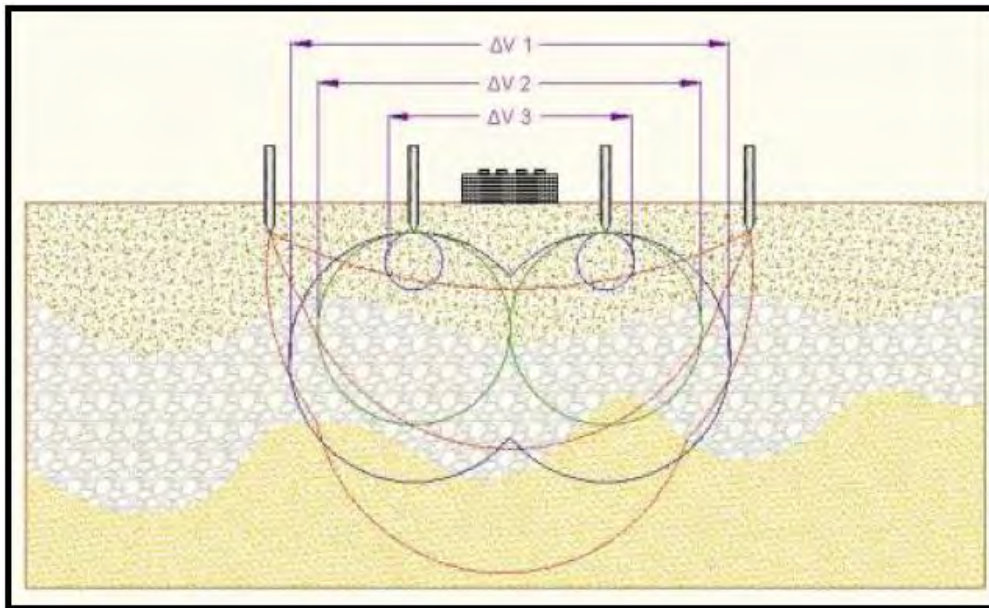
Las Tomografías Eléctricas Resistivas (TER) son métodos geofísicos de exploración o Ingeniería Geofísica, los cuales están constituidos por una serie de técnicas que permiten medir las variaciones de diversas propiedades físicas en los materiales que forman la corteza terrestre tales como: densidad, 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 35); 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 36). 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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

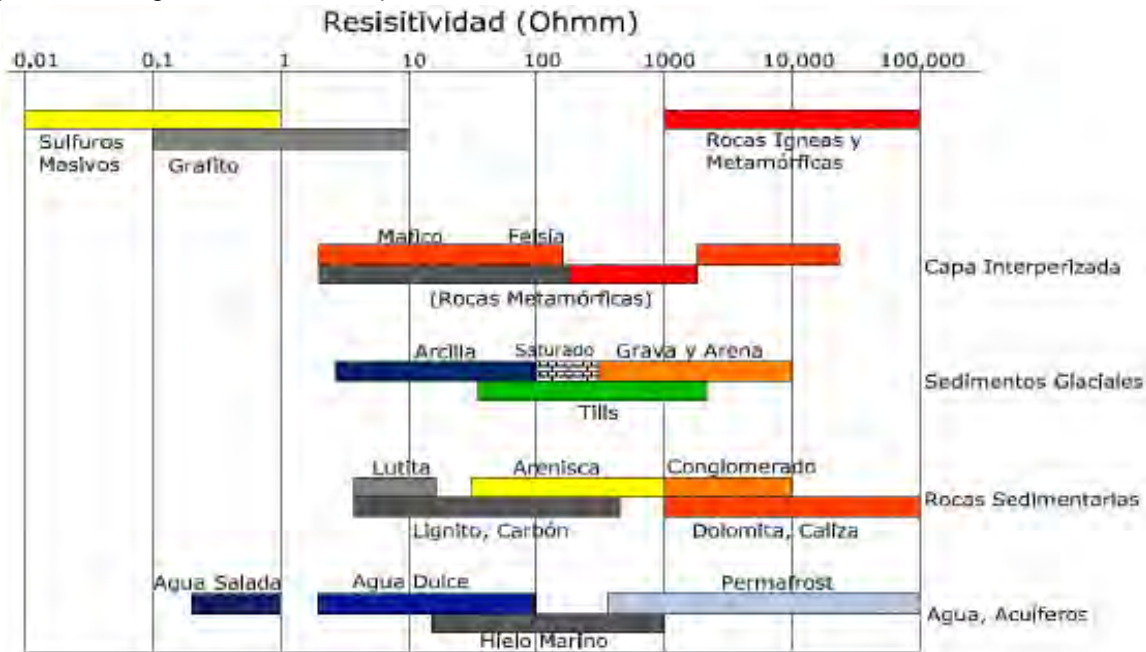
investigaciones sobre hidrogeología, geotecnia y también actualmente en estudios ambientales (Loke 2004).

Figura 35. 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 Avila, Jose Angel.

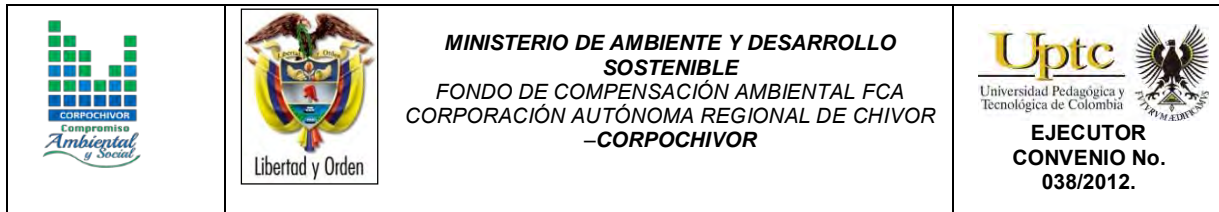
Figura 36. Rangos de resistividad para diferentes materiales.



Fuente: aplicación de la tomografía eléctrica para la caracterización de un deslizamiento de ladera en un vertedero, Arcil Avila, Jose Angel.

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.

La adquisición de datos de campo puede llevarse a cabo con configuraciones de



electrodos 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 Las Peñas, del municipio de Ramiriquí, 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.

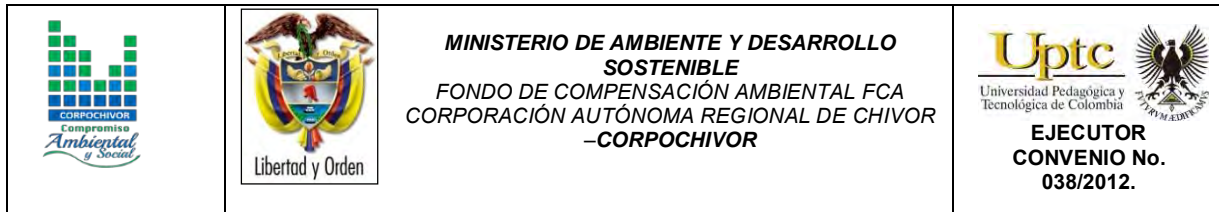
6.3.1 Resistividad Aparente:

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.

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:

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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

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:

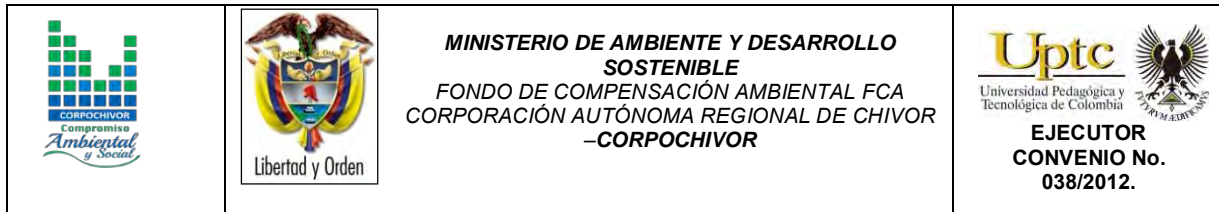
$$\rho a = K = \frac{\Delta V}{I}$$

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 29, 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 1966, Orellana 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 29 se encuentra un conjunto de valores típicos de resistividad de geomateriales.

Tabla 29. Resistividades de algunos suelos y rocas.

Material	Resistividad (Ωm)
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 Geoeléctricas - DANIEL EDUARDO ARIAS.

6.3.2 Dispositivos:

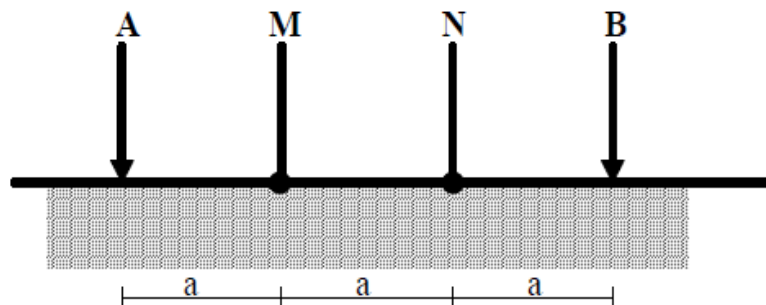
Un dispositivo es un arreglo de electrodos formado con dos pares de electrodos, dos emisores y dos receptores. A través de los electrodos emisores C1C2 se inyecta la corriente continua al terreno midiendo su intensidad con un miliamperímetro en serie, y a través del segundo par se mide la diferencia 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 en la tomografía realizada fue el siguiente:

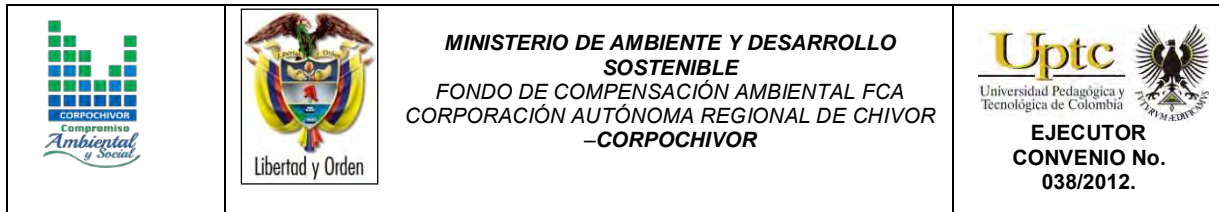
6.3.2.1 Dispositivo Wenner.

Los electrodos se disponen equidistantes sobre una línea en el orden AMNB (Figura 37).

Figura 37. 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 $K=2\pi$

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 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:

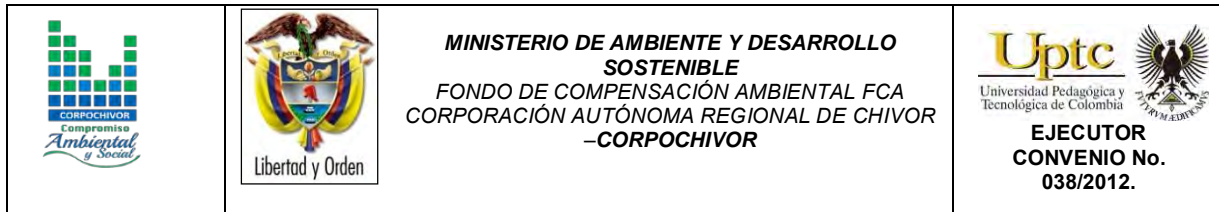
$$d = X_{total} / N^{\circ}electrodos$$

Donde:

d= Distancia entre elctrodos

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 las Peñas, del municipio de Ramiriqui, 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 las siguientes líneas con su respectivo análisis.

6.4.1 TOMOGRAFIA N°1

Localizada en la parte alta del deslizamiento Coordenadas parte inicial X: 1081173, Y: 1092258, parte final X: 1081190, Y: 1092153, orientación N40°E, con una longitud de 123 mts., profundidad obtenida de 22 mts., y los electrodos conectados a una distancia de 3 mts cada uno. Ver Fotografía 25.

Fotografía 25. Parte alta del deslizamiento.



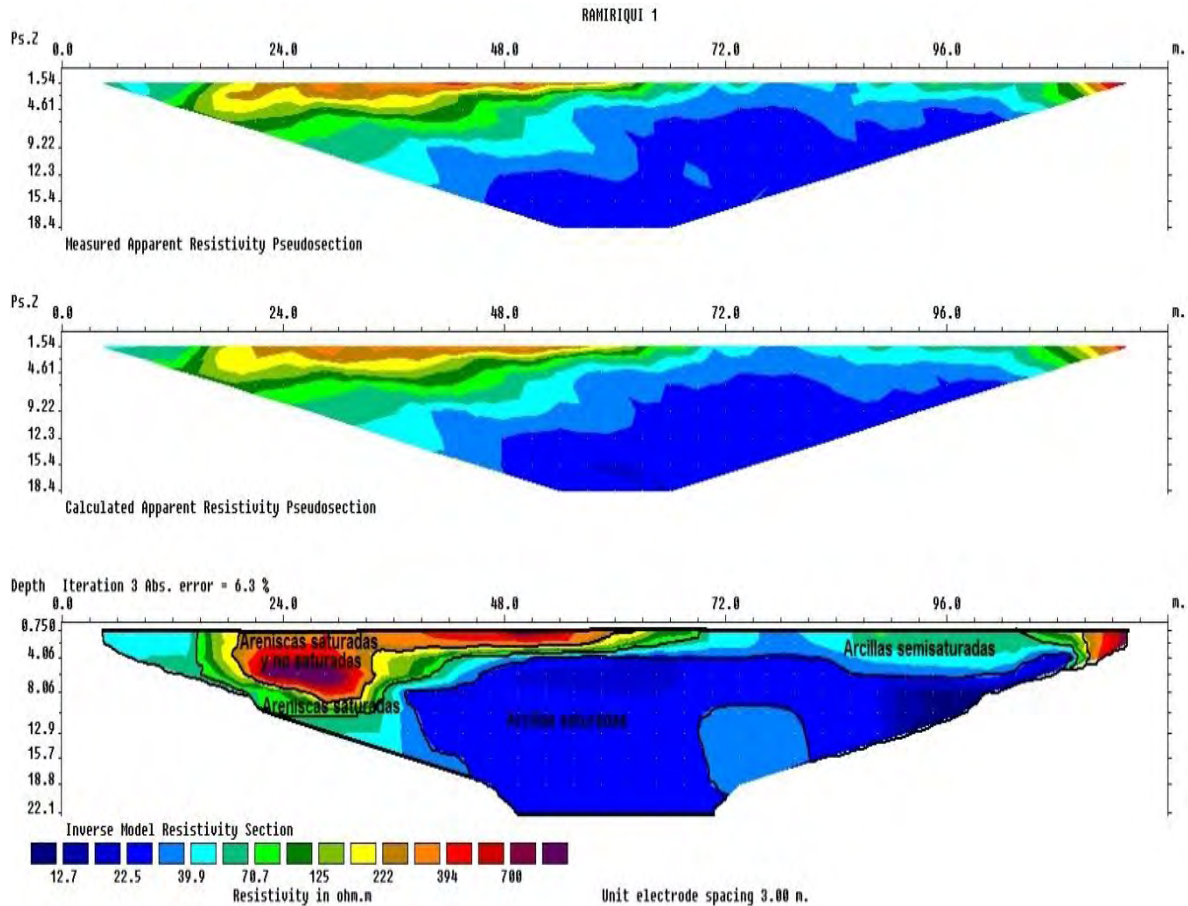
Fuente: Registro fotográfico.

Tabla 30. Resistividad de los materiales presentes.

MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)	RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
1	0 – 10	12 - 20	Arcillas saturadas
2	4 – 22	20 - 40	Arcillas semisaturadas o no saturadas
3	0 – 10.	80 - 200	Areniscas saturadas
4	0 – 10	200 - 700	Areniscas no saturadas

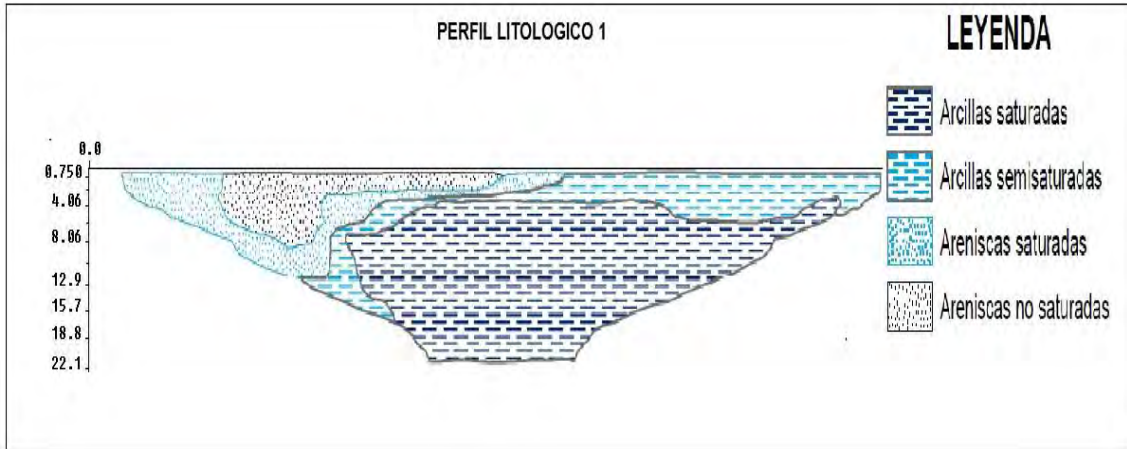
Fuente: Resultado del estudio.

Figura 38. Perfil 1 Tomografía.



Fuente: Resultado del estudio.

Figura 39. Perfil litológico 1



Fuente: Resultado del estudio.

6.4.2 TOMOGRAFIA N°2

Localizada en la parte baja del deslizamiento Coordenadas parte inicial X: 1080768, Y: 1092139, parte final X: 1080790, Y: 1092084, orientación N25°W, con una longitud de 62 mts, profundidad obtenida de 11 mts, y los electrodos conectados a una distancia de 1.5 mts cada uno. Ver Fotografía 26.

Fotografía 26. Parte baja del deslizamiento.



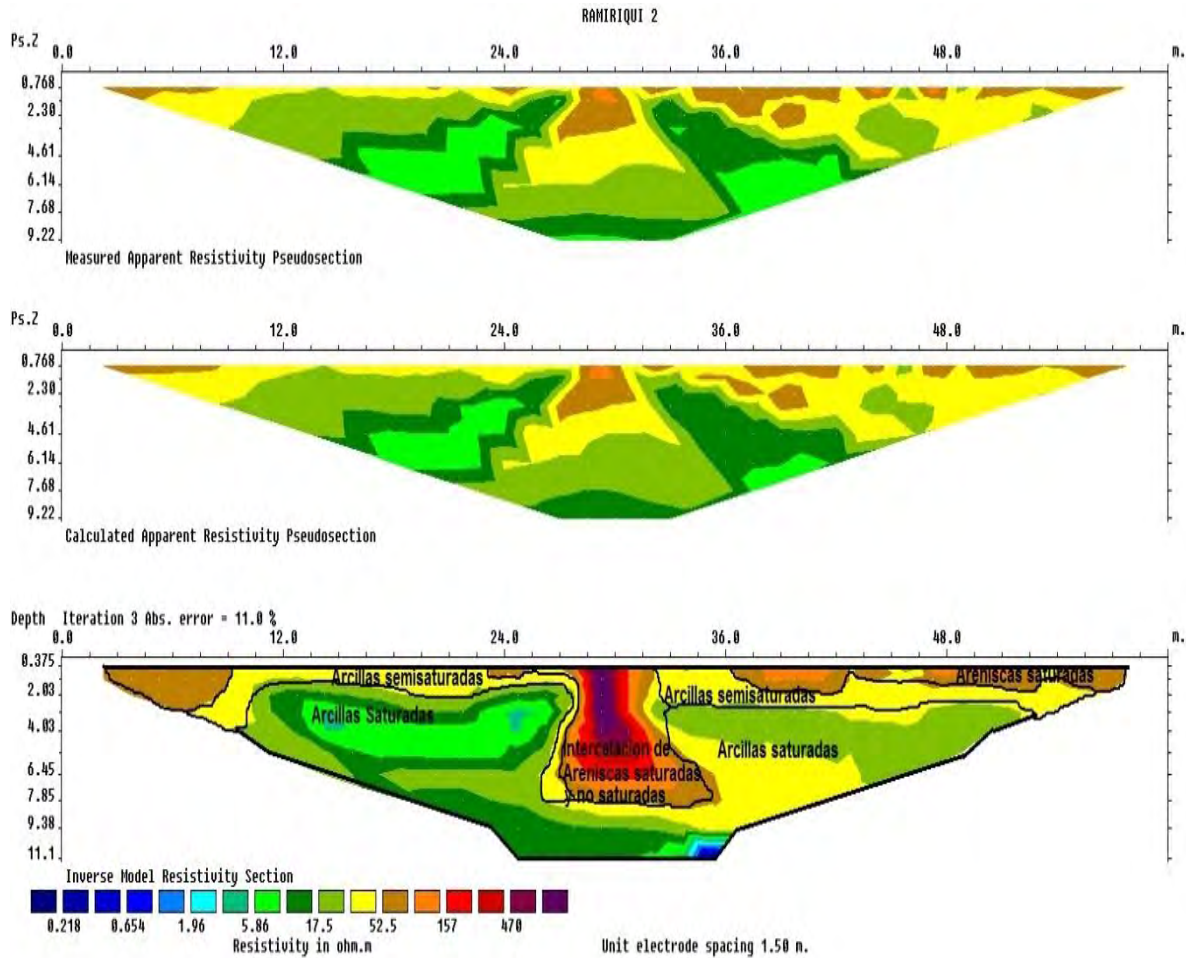
Fuente: Registro fotográfico.

Tabla 31. Resistividad de los materiales presentes.

MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)	RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
1	2 – 11	0 - 20	Arcillas saturadas
2	0 – 4	20 - 40	Arcillas semisaturadas o no saturadas
3	0 – 6.	80 - 200	Areniscas saturadas
4	0 – 8	200 - 470	Intercalación de Areniscas saturadas y no saturadas

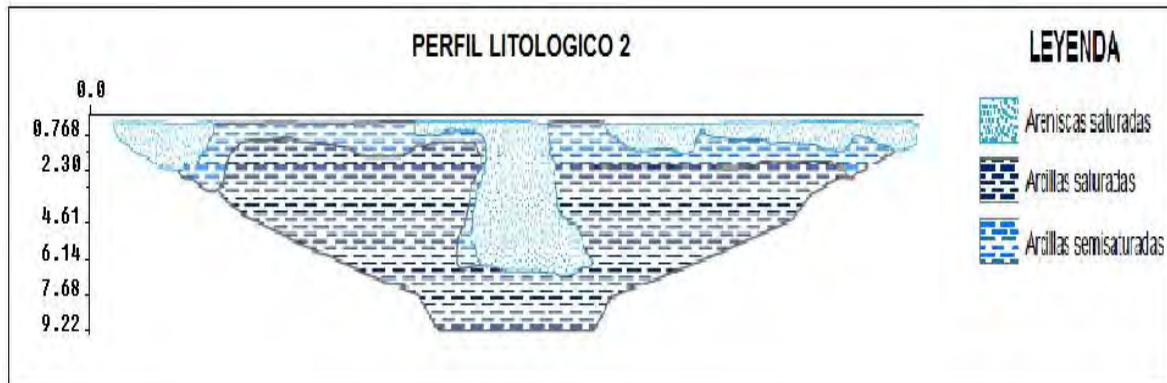
Fuente: Resultado del estudio.

Figura 40. Perfil 2 tomografía.



Fuente: Resultado del estudio.

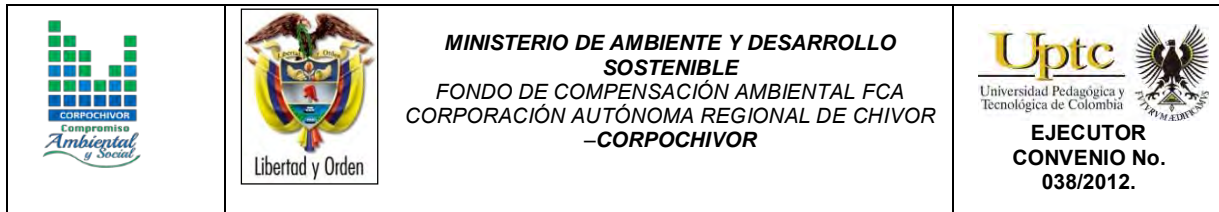
Figura 41. Perfil litológico 2



Fuente: Resultado del estudio.

6.4.3 RESULTADOS.

Con ayuda del software Res2DINX64, 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 cuatro unidades Geoeléctricas bien definidas, donde encontramos niveles de arcillas saturadas con rangos de resistividades que oscilan entre 0 – 20 $\Omega \cdot m$, arcillas semisaturadas o no saturadas con resistividades que van desde 20 - 40 $\Omega \cdot m$, areniscas saturadas con resistividades entre 80 – 200 $\Omega \cdot m$ y finalmente areniscas no saturadas que poseen resistividades que oscilan entre 200 - 700 $\Omega \cdot m$, ver figuras Figura 40 y Figura 41.



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 peñas municipio de Ramiriquí, sucedidos desde hace unos años, y que han evolucionado hasta afectar considerablemente la vía entre Ramiriquí y Tunja.

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 Sondeos geotécnicos

7.1.1.1 Exploración directa del sub suelo.

La exploración directa del sub suelo consiste en la realización de apiques (3) con una profundidad aproximada a 2 a 4 metros, las coordenadas de cada uno de estos se relaciona en la Tabla 32. De estos se tomaron muestras alteradas e inalteradas para realizar los ensayos pertinentes para caracterizar los materiales presentes en esta zona.

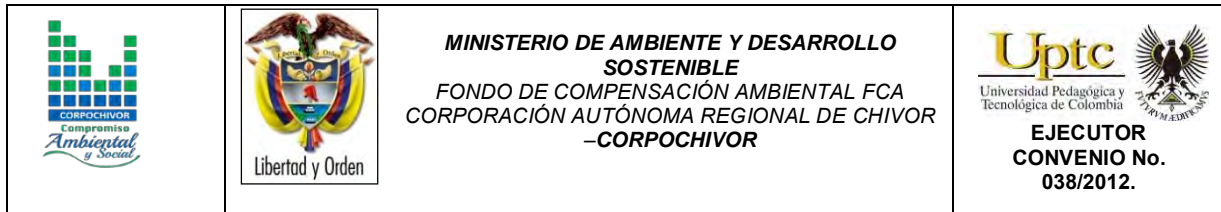


Tabla 32. Coordenadas de los apiques realizados.

Ramiriquí			
Apique N°	Coordenadas		Altura (m.s.n.m)
	Este	Norte	
1	1080769	1092163	2191
2	1080994	1092231	2257
3	1081207	1092139	2335

Fuente: Resultado del estudio.

También 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 33; de estos se realizaron los también ensayos de propiedades índices y propiedades mecánicas.

Tabla 33. Coordenadas de los sondeos realizados

Ramiriquí				
Sondeo	Coordenadas		Altura (m.s.n.m)	Profundidad (metros)
	Este	Norte		
S1	1081243	1092167	2345	9,8
S2	1080994	1092231	2315	7,4
S3	1081207	1092139	2194	6,4

Fuente: Resultado del estudio.

De estos se obtuvieron perfiles geotécnicos del sitio como se observa en la Figura 42, como también para los apiques

Fotografía 27. Perforación realizada en la zona de estudio



Fuente: Resultado del estudio.

También se caracterizó las rocas aledañas al deslizamiento y se realizó la toma de muestras tamaño puño para caracterizar sus propiedades físicas y algunos pequeños bloques para realizar ensayos en laboratorio como tilt test y cargas por punta con el fin de conocer su resistencia y a la vez en estos puntos se realizó el mapeo, donde se hizo el levantamiento de discontinuidades. Las coordenadas de estos sitios se relacionan Tabla 34.

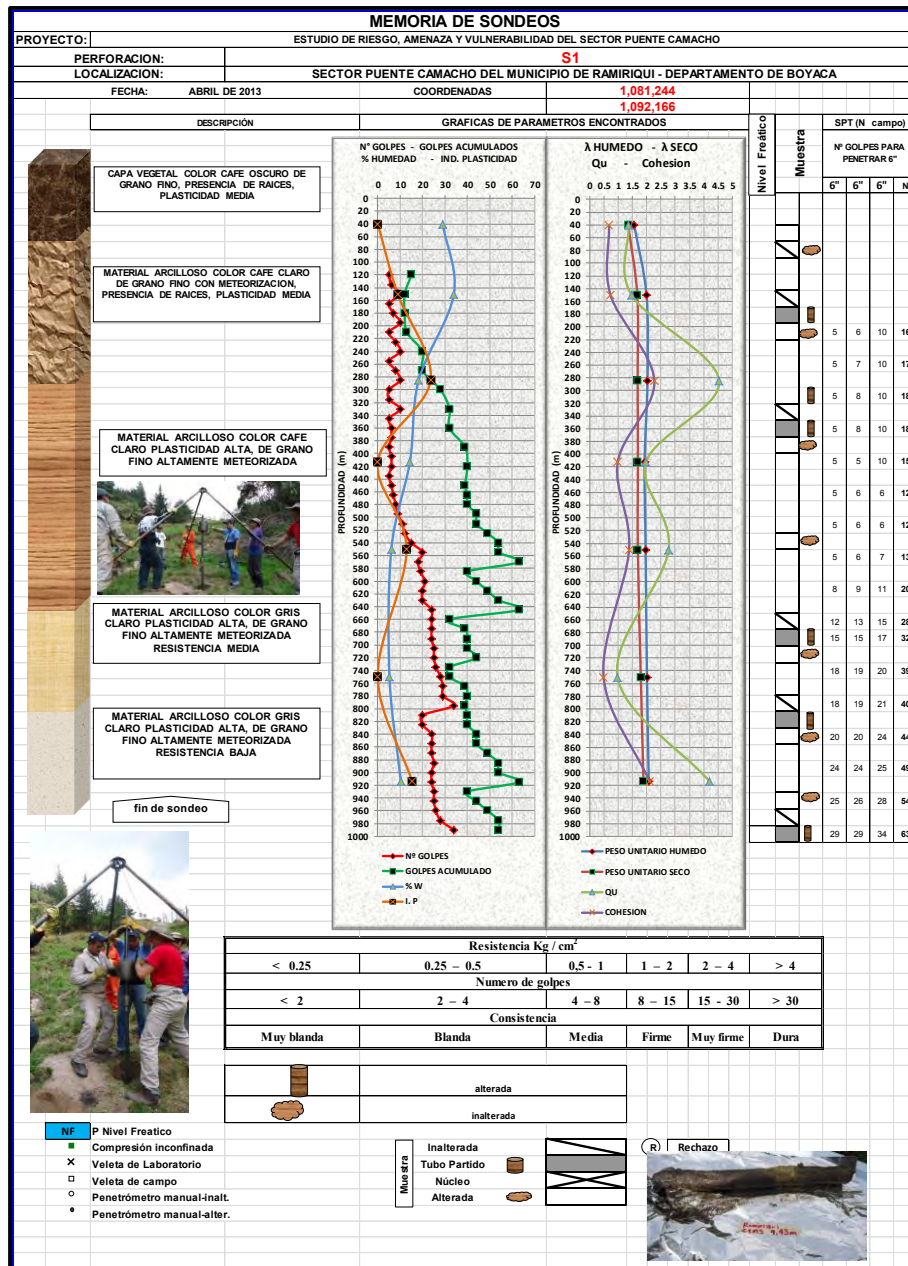
Tabla 34. Puntos de tomas de muestras de rocas aflorantes.

Formación	E	N	Z	Descripción
Kcsn	1080696	1091935	2159	Arcillolita Limosa
Kcsn	1080785	1091683	2161	Arenisca
Kg2	1080467	1092349	2176	Limolita

Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

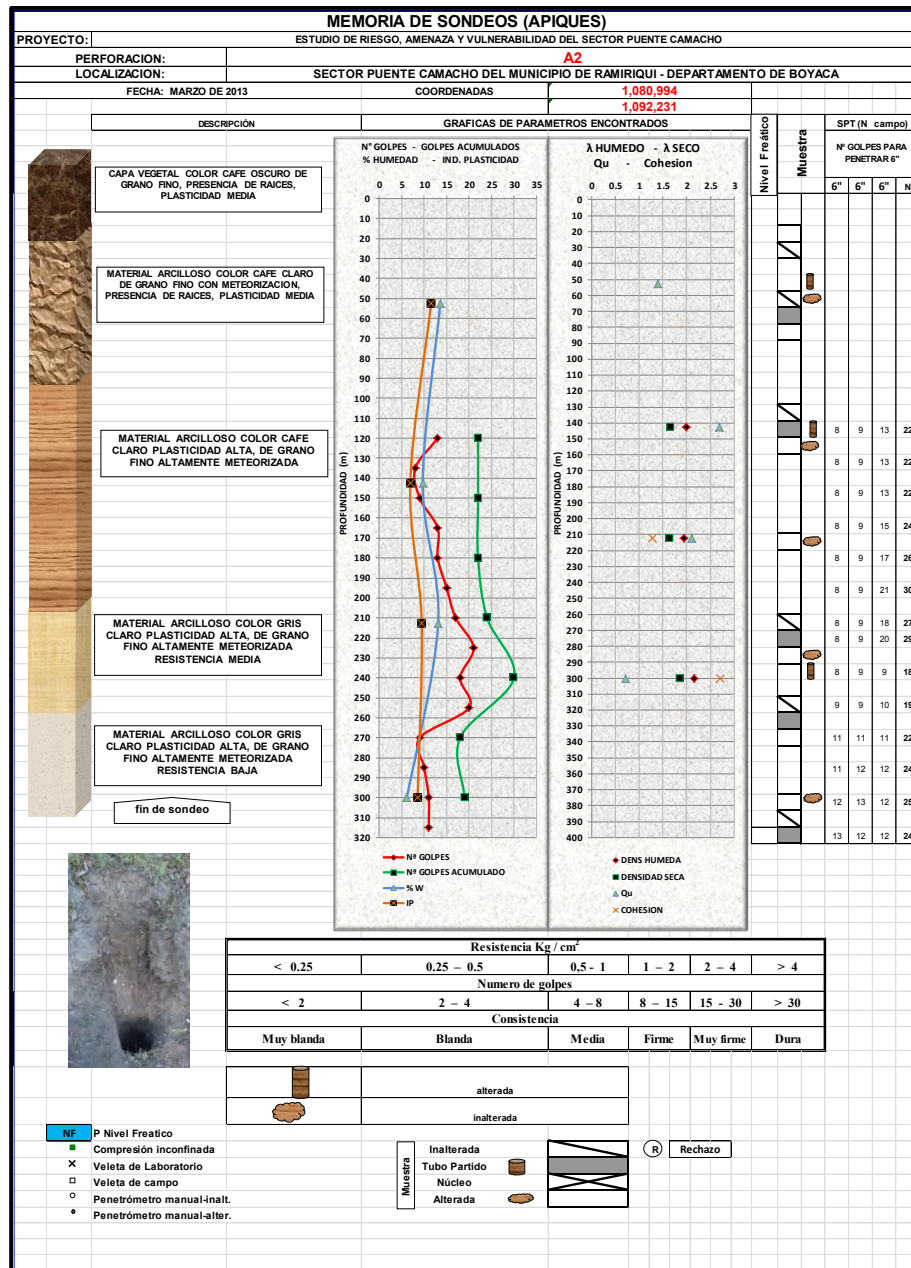
Figura 42. Perfil Geotécnico Sondeo (S3)



Fuente: Resultados del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Figura 43. Perfil Geotécnico apique (A2)



Fuente: Resultados del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Fotografía 28. Punto de rocas aflorantes en la cercanía del deslizamiento y zona de mapeo geológico.



Fuente: Resultado del estudio.

7.2 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO

7.2.1 Trabajos de Laboratorio

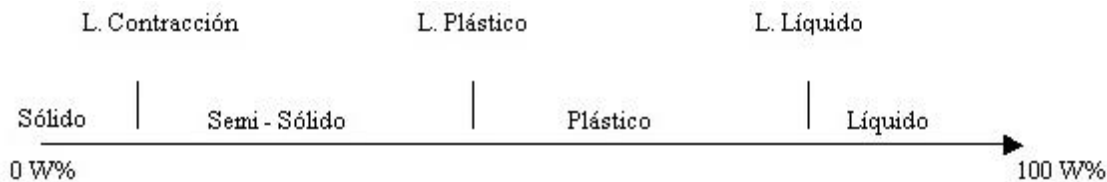
De acuerdo con el muestro anterior y con las muestras recolectadas tanto en los sondeos (Suelos) y en los afloramientos (Rocas), en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron pruebas índice (Límites de Atterberg, Granulometría, humedad natural, peso unitario), compresión inconfiada 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.

7.2.1.1 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.

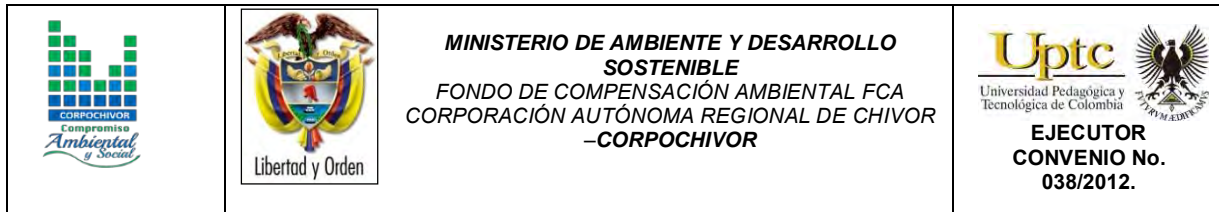
Atterberg definió tres límites para la clasificación del suelo; el de retracción o consistencia que separa el estado de sólido seco y el semisólido, el límite plástico, que separa el estado semisólido del plástico y el límite líquido, WL, que separa el estado plástico del semilíquido; estos dos últimos 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 44. Límites de Atterbeg



Fuente: Juárez Badillo y Rico Rodríguez

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.

7.2.1.2 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:

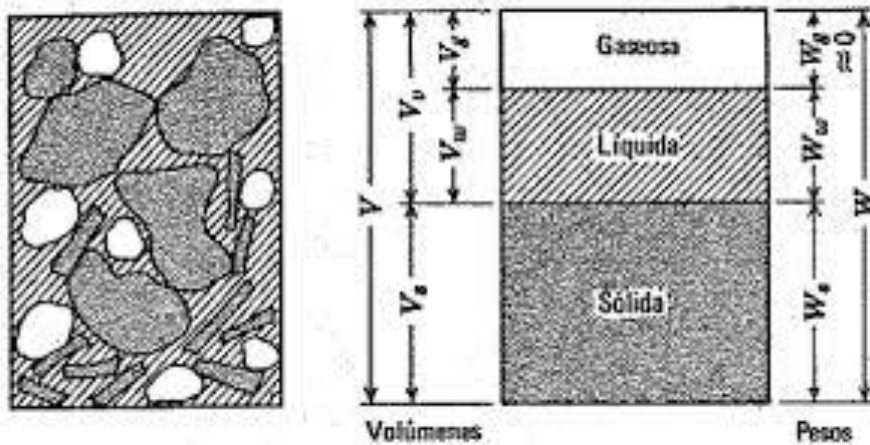
- Densidad total de la muestra (ρ)
- Densidad seca de la muestra (ρ_d)
- Densidad saturada de la muestra (ρ_{sat})
- Porcentaje de humedad (ω %)
- Porcentaje de saturación (S%)
- Porosidad (n%)
- Relación de vacíos (e)
- Peso específico (γ (KN/m³))
- Peso específico seco (γ_d (KN/m³))
- Peso específico saturada (γ_{sat} (KN/m³))

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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 45. Manera de establecer las fases de la roca



Fuente: Juárez Badillo y Rico Rodríguez

Fotografía 29. Medición de volumen de la muestra para establecer propiedades físicas de la roca.



Fuente: Registro Fotográfico

7.2.1.3 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 30. 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 31. Muestras a las que se les realizo la prueba de corte directo.



Fuente: Resultado del estudio.

7.2.2 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 32. Ensayo de Tilt Test



Fuente: Registro Fotográfico del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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 33. Ensayo de carga por punta o ensayo Franklin.

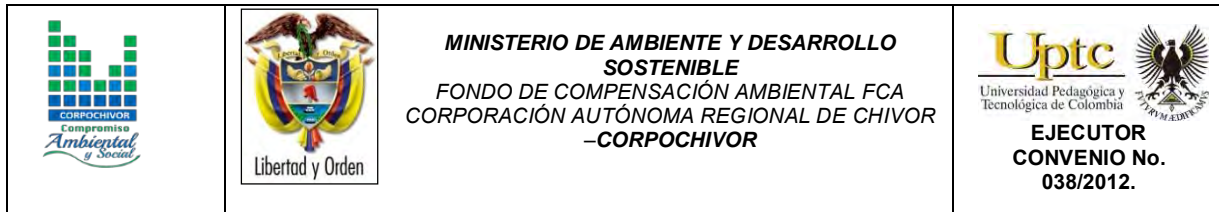


Fuente: Registro Fotográfico del Proyecto.

7.2.3 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 1.5 – 2.2 gr/cm³, con limite líquido < 50% e IP entre 4% y 28%.

Los resultados de las propiedades mecánicas reflejan una resistencia a la compresión simple de 0.68 - 4.6 kg/cm², cohesión de 0.6 – 2.605 Kgf/cm², ángulos



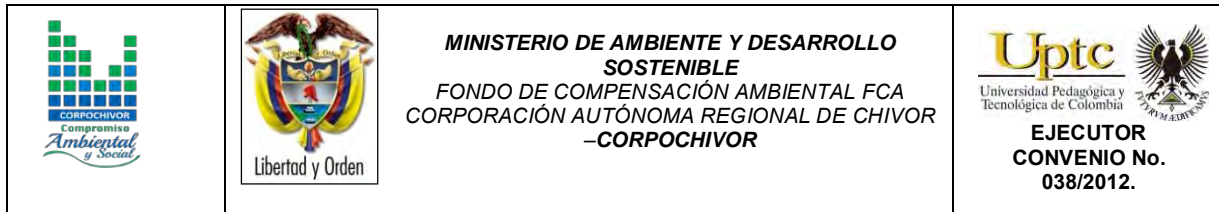
de fricción entre 7° y 34°. Estos resultados de las propiedades físicas y mecánicas se utilizaron para el análisis de estabilidad. (Ver anexo 4).

En cuanto a las rocas presentes se obtuvieron pesos específicos de entre los valores de 20 a 29 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.

Estos resultados se relacionan en las Tabla 37, Tabla 38, Tabla 39. Donde se observa la consolidación de los resultados obtenidos en laboratorio tanto para los apiques, sondeos y pruebas realizadas a las rocas tomadas en los afloramientos aledaños al deslizamiento como se menciona en numeral 7.1.1.1.

7.3 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.



7.3.1 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:

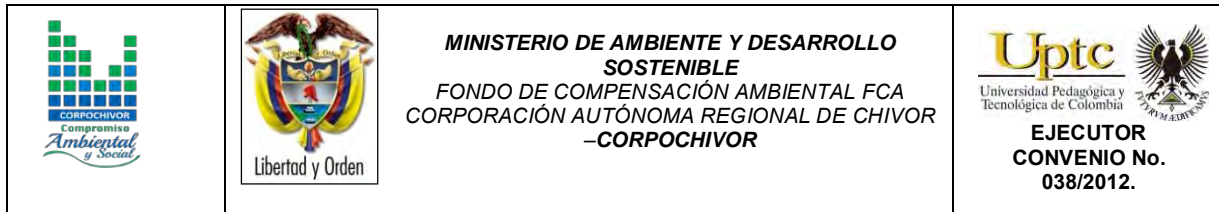
$$RQD = 100 \exp^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1)$$

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 **75-90%**, lo cual indica una buena calidad del macizo según los rangos establecidos para esta caracterización.

7.3.2 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.

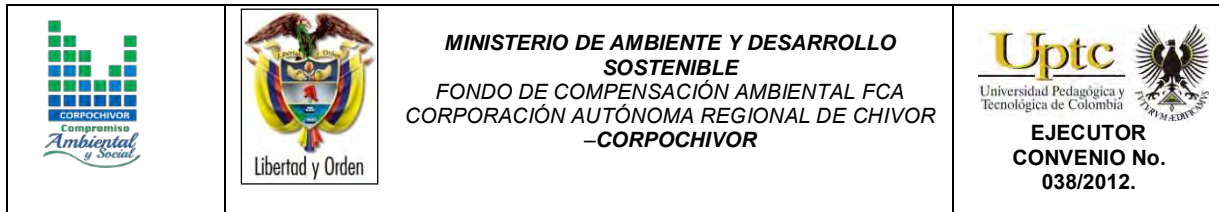
Condiciones de las discontinuidades.

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 la siguiente tabla se muestra el resultado de la clasificación por el método RMR para los afloramientos presentes.

Tabla 35. Resumen de Resultados de la Clasificación RMR

Parámetro de clasificación		RAMIRIQUI					
		Arcillolita limosas (Kcsn)		Areniscas		Limolita	
		Parámetro	Valuación	Parámetro	Valuación	Parámetro	Valuación
Resistencia Compresión simple (MPa)		41.00	6	14.00	3	34	5
R.Q.D (%)		Buena+	15	Muy Buena	17	Buena+	15
Separación de las discontinuidades		Mj	8	Ms	20	Md	15
Estado de las discontinuidades	Rugosidad - JRC	Ondulada lisa	2	Ondulada lisa	4	Plana lisa	2
	Abertura	<0.1	4	<0.1	4	<0.1	4
	Relleno	Suelos Resi.	3	Suelos Resi.	3	Suelos Resi.	3
	Alteración	Mod. Alt.	3	Lige. Alt.	5	Lige. Alt.	5
	Continuidad	1-3 m	3	1-3 m	3	3-10 m	3
Agua subterránea		LIG. HÚMEDO	12	LIG. HÚMEDO	10	LIG. HÚMEDO	10
VALORACIÓN RMR		56		69		62	
VALORACIÓN GSI		51		64		57	
VALORACIÓN DE Q'		3.8		16.1		7.4	
Ajuste	Favorables/Medias	-5	-25	-5	-25	-5	-25
VALOR RMR		51	31	64	44	57	37
Clase		III Media	IV Mala	II Buena	III Media	III Media	IV Mala

Fuente: Resultados de la Investigación.

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

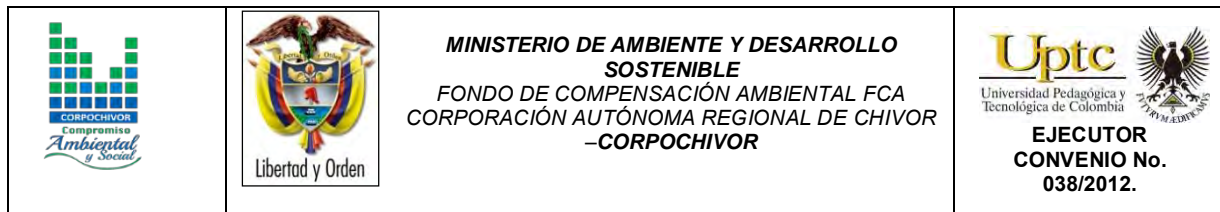


Tabla 36. Puntos de Control para realizar la clasificación geomecanica.







Formación	E	N	Z	Descripción
Kcsn	1080696	1091935	2159	Arcillolita Limosa
Kcsn	1080785	1091683	2161	Arenisca
Kg2	1080467	1092349	2176	Limolita

Fuente: Resultados de la Investigación.

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

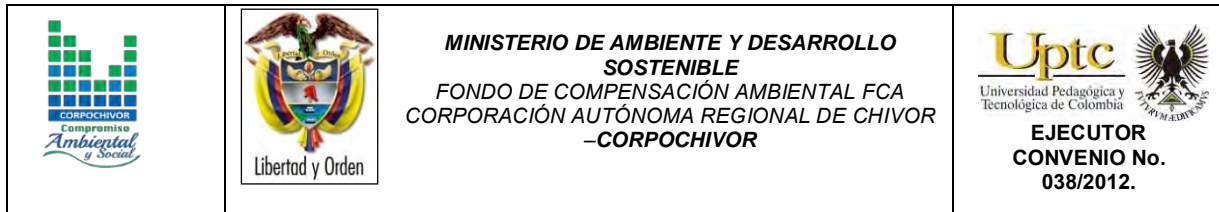
Clasificación de macizos propuesta por Hoek y Brown, como un parámetro de condición del macizo rocoso en función de la condición estructural y del estado de las discontinuidades, para la aplicación del criterio generalizado de Hoek y Brown (2002), con el fin de establecer la envolvente de resistencia del macizo rocoso. Para su determinación se propone la utilización de la Figura 46.

Figura 46. 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 MASTIVA - 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 foliadas.	N/A	N/A			5

Fuente: Hoek, 2002

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 51, 64, 57 respectivamente como se observa en la Tabla 35.






















7.4 CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS

Los deslizamientos tipo flujo (Flujos de rocas y residuos, flujos de residuos y de lodo y flujos hiperconcentrados) son fenómenos muy complejos que involucran grandes volúmenes de roca, residuos y suelo. Estos fenómenos presentan diferentes tipos de movimiento inicial (caídos, deslizamientos traslacionales, etc.) seguidos de un movimiento de flujo de fragmentos de roca o residuos con una movilidad anormal (Hungry y otros, 2001).

Debido a las características de los materiales presentes en la zona hacen que se presente este tipo de movimientos el cual es característico por las dos zonas de recarga en la parte superior del deslizamiento (flujo) donde el material presente disminuye sus características mecánicas resistentes lo cual produce que el suelo se deslice formando una geometría en forma de dos embudos en la parte superior y en la parte media un canal de flujo donde este aumenta su presión y es depositado en la parte baja donde se encuentra la vía que conduce de Boyacá – Boyacá a Ramiriquí. En este sitio existía un movimiento más antiguo en reptación el cual aparentemente en este momento está inactivo.

Este movimiento tiene una extensión de 10 Hectáreas y en este momento se encuentra suspendido mientras empieza la época de invierno la cual hace que este movimiento se active nuevamente.























Tabla 37. Resumen de Resultados de ensayos realizados para las muestras recuperadas en los apiques.

 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia		UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS SECCIONAL SOGAMOSO																			
PROYECTO: ESTUDIO DE RIESGO, AMENAZA Y VULNERABILIDAD DEL SECTOR PUENTE CAMACHO		MEMORIA DE SONDEOS																			
PERFORACION:		A1, A2, A3, A4																			
LOCALIZACION:		SECTOR PUENTE CAMACHO DEL MUNICIPIO DE RAMIRIQUI - DEPARTAMENTO DE BOYACA																			
		FECHA:		MARZO DE 2013																	
		FECHA:		inalterada																	
		FECHA:		alterada																	
		COORDENADAS				PROPIEDADES FISICAS SUELOS						RESISTENCIA AL CORTE SUELOS									
SONDEO / APIQUE N°	MUESTRA N°	TIPO DE MUESTRA	PROF. (m)	X	Y	Wn (%)	LL	LP	IP	CLASIF (U.S.C.)	P.T. N° 200 %	CORTE DIRECTO		λ HUMEDO		λ SECO		COMPRESION INCONFINADA		PENETROMETRO	
												φ	c	Peso Unitario	Peso Unitario	qu	c	BOLSILLO Kg/cm ²			
1	1		1.10	1080769	1092163	15.40						0.932	26.197	0.821	1.8708	1.5033	0.9074	0.4537	> 4,0		
2	1		0.85	1080994	1092231	13.58	41.83	30.30	11.53	ML - OL	6.044								> 4,0		
	2		2.00	1080994	1092231	9.67	29.11	22.22	6.89	CL	6.039			1.9902	1.6682	1.3892	0.6946	> 4,0			
	3		2.25	1080994	1092231	13.11	25.6	16.67	8.93	CL	6.566	24.323	1.280	1.943	1.6506	2.6913	1.3457	> 4,0			
	4		3.75	1080994	1092231	6.13	31.73	23.21	8.52	ML	4.507	26.931	2.711	2.1552	1.8651	2.1111	1.0556	> 4,0			
3	1		0.60	1081207	1092139	5.18	33.19	20.00	13.19	CL	8.222			2.1035	1.7771	1.9105	0.9553	> 4,0			
	2		1.50	1081207	1092139	19.51	54.11	46.67	7.44	MH	7.581							> 4,0			
	3		2.80	1081207	1092139	25.26					5.702	29.249	1.706	2.0421	1.7157	4.4504	2.252	3.5			
	4		3.27	1081207	1092139	13.67	30.9	18.52	12.38	CL	5.591	7.069	0.491	1.9335	1.5345	0.7099	0.3549	3.0			
	5		4.07	1081207	1092139	18.23					8.136	37.799	0.611	1.9424	1.5315	0.5982	0.2991	1.5			
4	1		1.40	1081250	1092321	25.13					8.128							> 4,0			
	2		2.50	1081250	1092321	16.91	39.84	25.00	14.84	CL	10.247							> 4,0			
	3		3.18	1081250	1092321	29.03					3.001							3.0			
	4		4.68	1081250	1092321	23.75					36.135	34.992	2.411	2.1863	1.7867	4.142	2.071	2.5			

Fuente: Resultados del Proyecto.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).






Tabla 38. Resumen de Resultados de ensayos realizados para las muestras recuperadas en los sondeos.

 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia		UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS SECCIONAL SOGAMOSO																			
PROYECTO:		MEMORIA DE SONDEOS ESTUDIO DE RIESGO, AMENAZA Y VULNERABILIDAD DEL SECTOR PUENTE CAMACHO																			
PERFORACION:		S1 - S2 - S3																			
LOCALIZACION:		SECTOR PUENTE CAMACHO DEL MUNICIPIO DE RAMIRIQUI - DEPARTAMENTO DE BOYACA																			
FECHA:		ABRIL 4 DE 2013																			
		inalterada alterada																			
SONDEO / N°	MUESTRA N°	TIPO DE MUESTRA	PROF. (m)	COORDENADAS		PROPIEDADES FISICAS SUELOS							RESISTENCIA AL CORTE SUELOS								
				X	Y	Wn (%)	LL	LP	IP	CLASIF (U.S.C.)	PERMEABILIDAD KT	P.T.N° 200 %	φ °	C Kgf/cm2	λ HUMEDO Unitario	λ SECO Unitario	COMPRESION INCONFINADA qu	C	PENETROMETRO BOLSILLO Kg/cm²		
1	1		0.80	1,081,244	1,092,166	29.0%	25.27	20.93	4.34	ML-CL		15.136					1.5641	1.3541	1.3683	0.68415	3.0
	2		2.20	1,081,245	1,092,167	34.0%	36.6500	27.78	8.87	ML-CL		33.338					1.9964	1.6736	1.4717	0.7358	4.0
	3		3.50	1,081,246	1,092,168	18.2%	41.4100	17.86	23.55	CL	4.91E-02	40.938					2.0322	1.6855	4.5418	2.2709	1.0
	4		4.75	1,081,247	1,092,169	14.4%	45.69	30.3	15.39	OL		29.312	7.06860	0.6205			1.9297	1.6959	1.9786	0.9893	1.3
	5		6.25	1,081,248	1,092,170	6.0%	32.8400	20	12.84	CL	3.30E-02	33.338					1.9651	1.6931	2.7691	1.3846	2.5
	6		8.75	1,081,249	1,092,171	5.2%	41.85	30.3	11.55	ML-CL		15.105	26.19719	0.9505			2.0125	1.7971	0.9839	0.4920	4.0
	7		9.53	1,081,250	1,092,172	10.4%	28.4	13.04	15.36	CL		23.892					2.0752	1.8887	4.2143	2.1071	4.5
2	1		1.20	1,081,337	1,092,232	13.67%	31.72	16.05	15.67	CL		23.762					1.9078	1.5733	1.1388	0.5694	3.0
	2		2.05	1,081,338	1,092,233	18.23%	24.19	16.98	7.21	CL		26.011					1.9631	1.6710	1.5388	0.7694	3.5
	3		3.25	1,081,339	1,092,234	25.13%	34.74	21.74	13.00	CL		22.165	34.99202	2.605			1.7930	1.5541	1.3560	0.6780	2.5
	4		4.05	1,081,340	1,092,235	16.91%	37.91	15.15	22.76	CL	2.12E-02	24.618					2.2044	1.9088	2.7302	1.3651	3.5
	5		5.00	1,081,341	1,092,236	29.03%	43.63	29.27	14.36	ML-CL		26.756	24.32297	1.4195			2.1237	1.8379	0.9504	0.4752	4.0
	6		6.00	1,081,342	1,092,237	23.75%	44.02	15.56	28.46	CL	1.08E-02	23.69					1.9920	1.5299	0.6812	0.3406	4.5
	7		7.45	1,081,343	1,092,238	55.79%	40.27	12.77	27.50	CL		17.321					2.0548	1.6079	0.7836	0.3918	4.5
3	1		1.90	1,080,772	1,092,128	26.32%	27.11	10.71	16.40	CL		22.413					2.0399	1.6958	1.4350	0.7175	4.0
	2		2.45	1,080,773	1,092,129	22.80%	30.37	14.29	16.08	CL		33.996	31.79891	0.73105			2.0490	1.6398	1.5350	0.7675	4.0
	3		4.45	1,080,774	1,092,130	15.31%	23.2	14.29	8.91	CL	1.97E-02	40.938					2.1876	1.7932	4.6186	2.3093	3.5
	4		5.50	1,080,775	1,092,131	17.56%	33.03	17.86	15.17	CL	4.20E-02	29.312					2.0694	1.7405	2.0515	1.0257	2.5
	5		6.45	1,080,776	1,092,132	27.12%	34.95	12.99	21.96	CL		32.605	29.24883	1.2195			2.0325	1.6850	2.8436	1.4218	1.5

Fuente: Resultados del Proyecto.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Tabla 39. Resumen de Resultados propiedades físicas y mecánicas de las rocas.

 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS SECCIONAL SOGAMOSO																																																																																													
MEMORIA DE ANALISIS DE ROCAS																																																																																														
PROYECTO:		ESTUDIO DE RIESGO, AMENAZA Y VULNERABILIDAD DEL SECTOR PUENTE CAMACHO																																																																																												
MUESTRAS:		TIPO BLOQUE																																																																																												
LOCALIZACION:		SECTOR PUENTE CAMACHO DEL MUNICIPIO DE RAMIRIQUI - DEPARTAMENTO DE BOYACA																																																																																												
FECHA:		MARZO DE 2013																																																																																												
	INALTERADA - BLOQUE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="10" style="text-align: center;">PROPIEDADES FISICAS ROCAS</th> <th colspan="4" style="text-align: center;">RESISTENCIA AL CORTE ROCAS</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2" style="text-align: center;">COORDENADAS</th> <th colspan="6"></th> <th colspan="2" style="text-align: center;">CARGA PUNTUAL</th> <th style="text-align: center;">TILT TEST</th> <th style="text-align: center;">ANGULO REPOSO</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">DESCRIPCION</th> <th style="text-align: center;">MUESTRA N°</th> <th style="text-align: center;">TIPO DE MUESTRA</th> <th style="text-align: center;">X</th> <th style="text-align: center;">Y</th> <th style="text-align: center;">W %</th> <th style="text-align: center;">S %</th> <th style="text-align: center;">n %</th> <th style="text-align: center;">e</th> <th style="text-align: center;">y (KN/m²)</th> <th style="text-align: center;">yd (KN/m²)</th> <th style="text-align: center;">ysat (KN/m²)</th> <th style="text-align: center;">σ1 MPa</th> <th style="text-align: center;">σ2 Kg/cm²</th> <th style="text-align: center;">α</th> <th style="text-align: center;">α</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ARCILLOLITA LIMOSA</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.0653</td> <td style="text-align: center;">8.3848</td> <td style="text-align: center;">49.7280</td> <td style="text-align: center;">0.0808</td> <td style="text-align: center;">31.0465</td> <td style="text-align: center;">30.7187</td> <td style="text-align: center;">35.6219</td> <td style="text-align: center;">41.278</td> <td style="text-align: center;">412.784</td> <td style="text-align: center;">54.300</td> <td style="text-align: center;">34.471</td> </tr> <tr> <td>ARENISCA</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.737</td> <td style="text-align: center;">7.7854</td> <td style="text-align: center;">49.5268</td> <td style="text-align: center;">0.1164</td> <td style="text-align: center;">28.2142</td> <td style="text-align: center;">28.0058</td> <td style="text-align: center;">32.8891</td> <td style="text-align: center;">14.665</td> <td style="text-align: center;">146.647</td> <td style="text-align: center;">46.100</td> <td style="text-align: center;">32.688</td> </tr> <tr> <td>LIMOLITA</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.7717</td> <td style="text-align: center;">15.653</td> <td style="text-align: center;">18.8611</td> <td style="text-align: center;">0.0270</td> <td style="text-align: center;">27.1646</td> <td style="text-align: center;">26.9577</td> <td style="text-align: center;">28.8174</td> <td style="text-align: center;">34.640</td> <td style="text-align: center;">346.401</td> <td style="text-align: center;">43.200</td> <td style="text-align: center;">33.578</td> </tr> </tbody> </table>	PROPIEDADES FISICAS ROCAS										RESISTENCIA AL CORTE ROCAS						COORDENADAS								CARGA PUNTUAL		TILT TEST	ANGULO REPOSO	DESCRIPCION	MUESTRA N°	TIPO DE MUESTRA	X	Y	W %	S %	n %	e	y (KN/m ²)	yd (KN/m ²)	ysat (KN/m ²)	σ1 MPa	σ2 Kg/cm ²	α	α	ARCILLOLITA LIMOSA	1				1.0653	8.3848	49.7280	0.0808	31.0465	30.7187	35.6219	41.278	412.784	54.300	34.471	ARENISCA	1				0.737	7.7854	49.5268	0.1164	28.2142	28.0058	32.8891	14.665	146.647	46.100	32.688	LIMOLITA	1				0.7717	15.653	18.8611	0.0270	27.1646	26.9577	28.8174	34.640	346.401	43.200	33.578
PROPIEDADES FISICAS ROCAS										RESISTENCIA AL CORTE ROCAS																																																																																				
		COORDENADAS								CARGA PUNTUAL		TILT TEST	ANGULO REPOSO																																																																																	
DESCRIPCION	MUESTRA N°	TIPO DE MUESTRA	X	Y	W %	S %	n %	e	y (KN/m ²)	yd (KN/m ²)	ysat (KN/m ²)	σ1 MPa	σ2 Kg/cm ²	α	α																																																																															
ARCILLOLITA LIMOSA	1				1.0653	8.3848	49.7280	0.0808	31.0465	30.7187	35.6219	41.278	412.784	54.300	34.471																																																																															
ARENISCA	1				0.737	7.7854	49.5268	0.1164	28.2142	28.0058	32.8891	14.665	146.647	46.100	32.688																																																																															
LIMOLITA	1				0.7717	15.653	18.8611	0.0270	27.1646	26.9577	28.8174	34.640	346.401	43.200	33.578																																																																															
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">  </td> <td style="width: 33%; text-align: center;">  </td> <td style="width: 33%; text-align: center;">  </td> </tr> </table>																																																																																														
																																																																																														

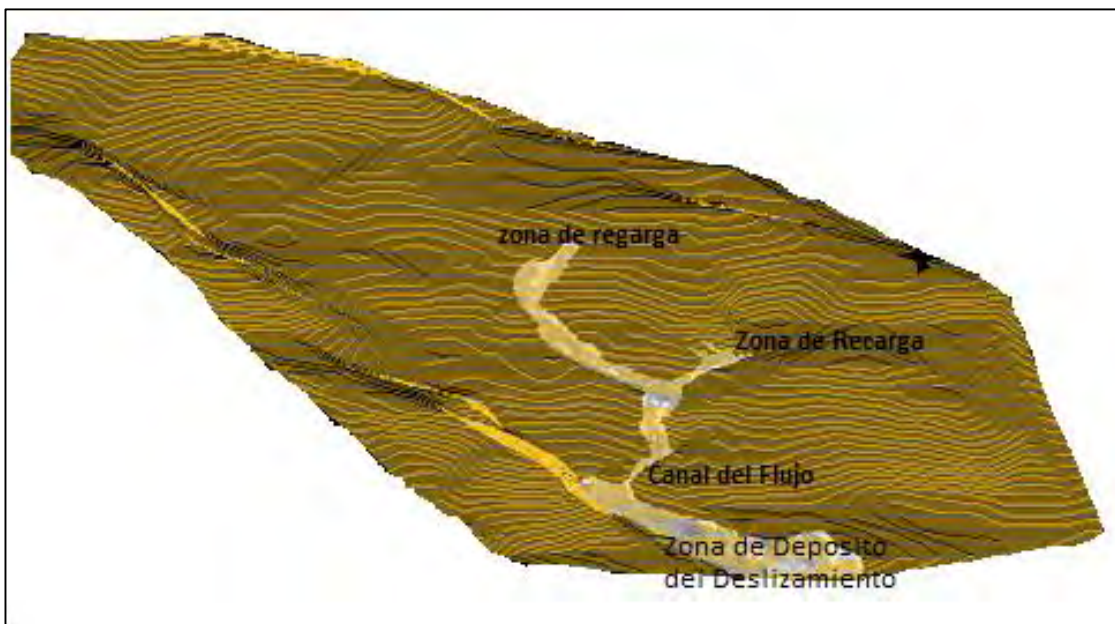
Fuente: Resultados del Proyecto.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

7.5 CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO

El movimiento presenta las características de un deslizamiento de tipo flujo de la forma que se ve en forma esquemática en la Figura 47. Donde en la zona alta se evidencia las dos zonas de recarga de aguas lo cual produce que ocurran movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre un canal.

Figura 47. Modelo en tres dimensiones de la topografía respecto al deslizamiento.



Fuente: Resultado del estudio.

Fotografía 34. Fotografía de la parte superior del deslizamiento.

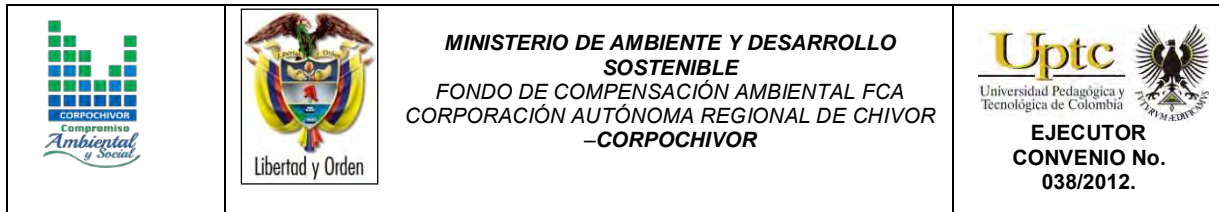


Fuente: Resultado del estudio.

Fotografía 35. Parte central del deslizamiento.



Fuente: Resultado del estudio.



Al desintegrarse la masa deslizada, forman el flujo a lo largo de un canal en la parte media del movimiento.

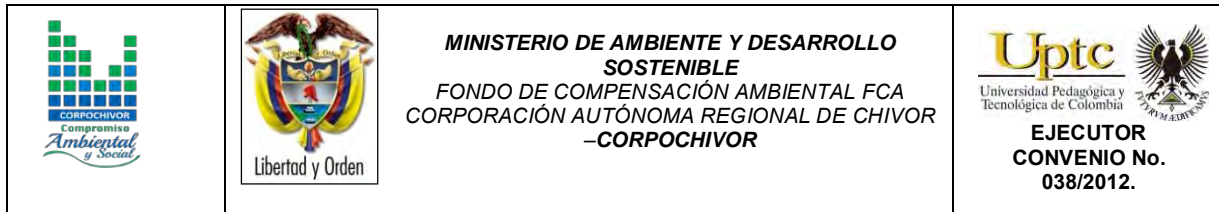
Algunos flujos pueden resultar además, de la alteración de suelos muy sensitivos, tales como sedimentos no consolidados. Por lo general, al disminuirse la pendiente o al ampliarse el ancho del canal, los sedimentos del flujo se depositan formando abanicos.

Del tipo de material se puede hablar que lo componen Residuos o “Detritos”, ya que contiene una significativa proporción de material grueso que contiene algo de agua, pero no posee agua (corriente) libre y puede comportarse como un sólido plástico pero no como un líquido.

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.



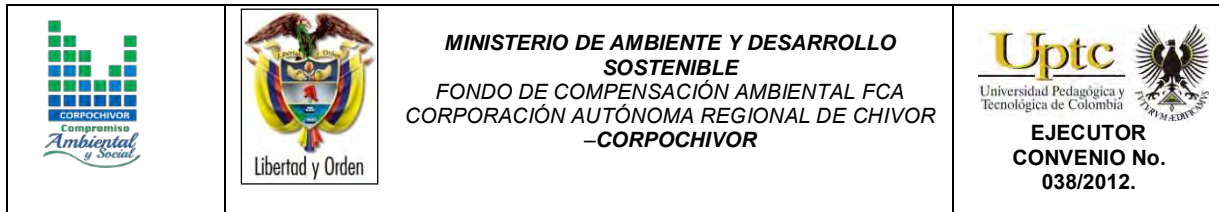
7.6.2 Causas Inmediatas

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 transmitirla 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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

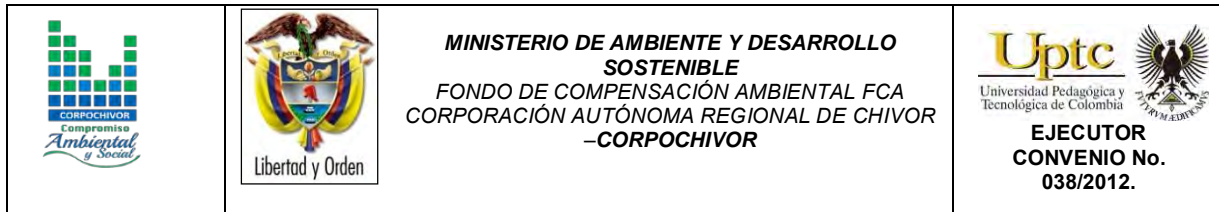


7.7 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA

La modelación geotécnica tiene como objetivo verificar las condiciones actuales de estabilidad de la vereda peña, el cual considera fundamental para el municipio de Ramiriquí, ya que el fenómeno de remoción en masa presente, está afectando la vía principal que comunica este municipio con la ciudad de Tunja.

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.



Modelamiento del comportamiento hidráulico.

Respecto al agua subterránea, a pesar que en las exploraciones no se encontró un nivel freático claro, toda la zona del deslizamiento se observó en campo como una masa saturada por tal motivo se realizó el análisis en varios escenarios de saturación por tal motivo se consideró su efecto con el coeficiente R_u , coeficiente que se define como:

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

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

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

El coeficiente R_u 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 Ramiriquí 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 para el corregimiento de Granada. 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 Ramiriquí los coeficientes de aceleración horizontal (Aa) y vertical (Av) 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 41).

Tabla 40. Coeficientes de aceleración sísmica para el departamento Boyacá

N°	Municipio	Código	Aa	Av	Zona de Amenaza Sísmica	Ae	Ad
75	Ramiriquí	15599	0.20	0.25	Alta	0.16	0.08
76	Ráquira	15600	0.20	0.20	Intermedia	0.09	0.05
77	Rondón	15621	0.20	0.25	Alta	0.16	0.08
78	Saboyá	15632	0.15	0.20	Intermedia	0.10	0.06

Fuente: Título A NSR – 10

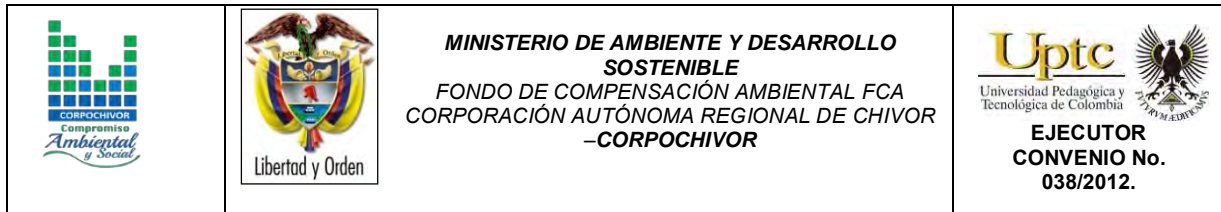


Tabla 41. Coeficientes de reducción de coeficientes de aceleración sísmica

MATERIAL	Kst/amax Mínimo	Análisis de Amplificación mínimo
Suelos enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD<50%)	0.80	Ninguno
Macizos rocosos (RQD>50%)	1.00	Ninguno
Todos los materiales terrosos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas
Todos los materiales terrosos	0.50	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 42. Resultados de análisis cinemático

Ladera	RUMBO			RANGO BUZAMIENTO		DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	ANÁLISIS CINEMÁTICO	
							PLANAR	CUÑA
1	N	41	E	90 A 70	SW	229	POSIBLE	NO POSIBLE
2	N	12	W	41 A 90	SW	258	NO POSIBLE	POSIBLE
3	N	72	E	10 A 50	SE	162	POSIBLE	NO POSIBLE
4	N	59	W	10 A 90	SW	211	NO POSIBLE	POSIBLE
5	N	11	E	0 A 90	NW	281	NO POSIBLE	NO POSIBLE
6	N	21	W	0 A 90	SW	249	NO POSIBLE	NO POSIBLE
7	N	23	E	10 A 50	NW	293	POSIBLE	NO POSIBLE
8	N	5	E	50 A 90	NW	275	NO POSIBLE	POSIBLE







Fuente: Resultado del estudio.

7.7.2 Análisis estructuralmente no controlado

Este análisis se consideró para el sitio donde ya se evidencio el movimiento en la parte de los depósitos, aunque no obstante también se consideran las rocas que intervienen. En este análisis se observan los siguientes perfiles A–A', B–B', C–C'.

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.

Tabla 43. Valores de Propiedades Físicas y Mecánicas Utilizadas en los Modelos de estabilidad.

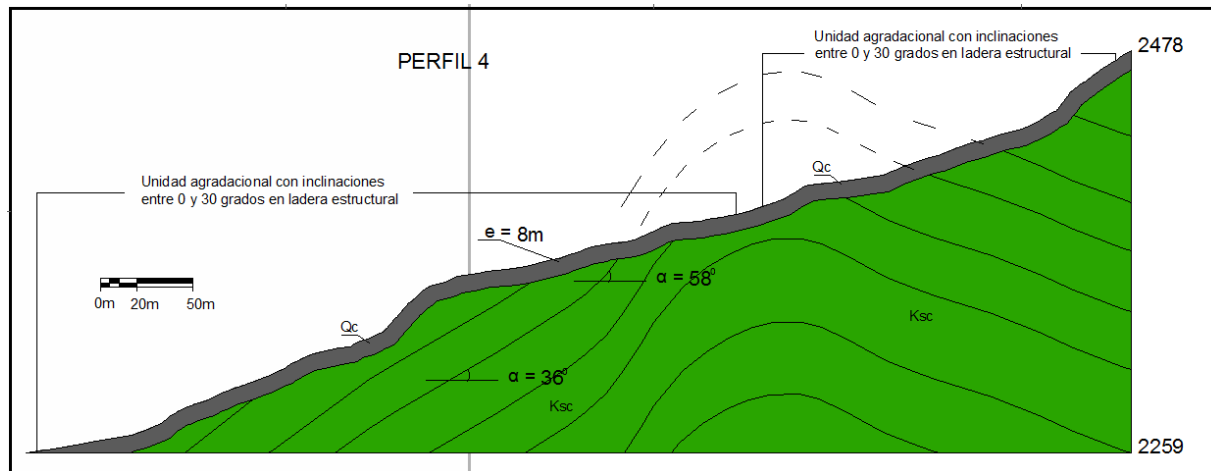
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	UCS (kPa)	m	s	a	Water Surface
CAPA VEGETAL		15	Mohr-Coulomb	50	26					None
Material Arcilloso		16	Mohr-Coulomb	45	7					None
Material Arcilloso Cafe		16	Mohr-Coulomb	40	7					None
Material Arcilloso Color Gris		16	Mohr-Coulomb	5	7					None
Material Arcilloso color gris		17	Mohr-Coulomb	5	7					None
ROCA		22	Generalised Hoek-Brown			45000	1.73774	0.00432024	0.50535	None

Fuente Resultados de la Investigacion.

7.7.2.1 Modelo perfil A – A' (Parte izquierda del deslizamiento)

Este modelo tiene como base geológica el perfil número 3 que se observa en la Figura 48.

Figura 48. Perfil Geológico 4



Fuente: Resultados del estudio.

Corresponde a la corona izquierda del flujo como se relaciona en la Fotografía 36.

Fotografía 36. Derrumbe sobre la vía

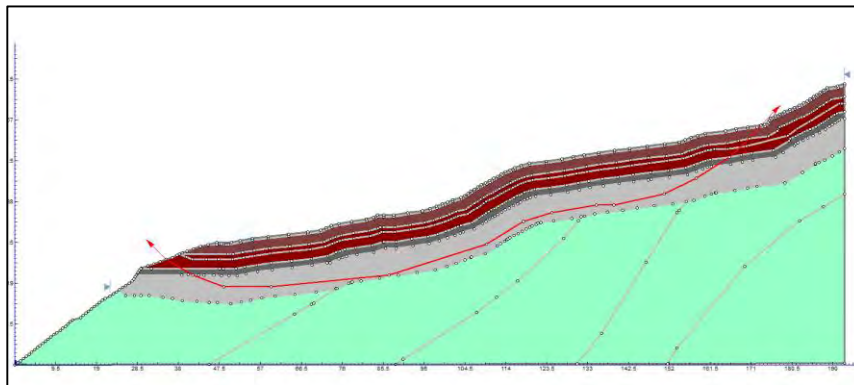


Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

El modelo grafico analizado para determinar la los factores de seguridad se relaciona en Figura 49 el cual se estableció con respecto a los datos recolectados en campo por el mapeo y los sondeos realizados en este punto, donde gracias a estas perforaciones se pudo establecer la superficie de falla.

Figura 49. Modelo de análisis



Fuente: Resultado del estudio.

Los parámetros geotécnicos utilizados para este modelo, fueron los obtenidos de los resultados de laboratorio y de campo de los sondeos.

Los factores de seguridad obtenidos para los diferentes escenarios de análisis se relacionan a continuación (Tabla 44).

Fotografía 37. Superficie de falla localizada en la recuperación de material obtenido en la perforación.



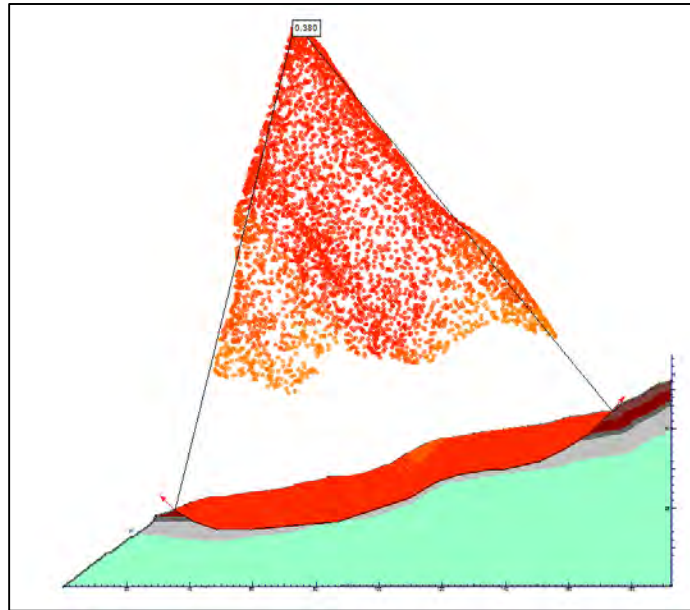
Fuente: Resultado del estudio.

Tabla 44. Factores de seguridad para el modelo perfil A-A'

Condición del modelo	Factor de Seguridad			
	Met. Fellenious	Met. Bishop Simplificado	Metodo de Janbu Simple	Metodo de Janbu Corregido
Condición de agua subterránea normal (Ru = 0.1)	0,760	0,791	0,776	0,809
Condición de agua subterránea crítica (Ru = 0.3)	0,643	0,667	0,655	0,684
Condición de agua subterránea media (Ru = 0.2) y sismo (análisis pseudoestático)	0,380	0,397	0,387	0,404

Fuente: Resultado del estudio.

Figura 50. Modelo de análisis Fellenious.

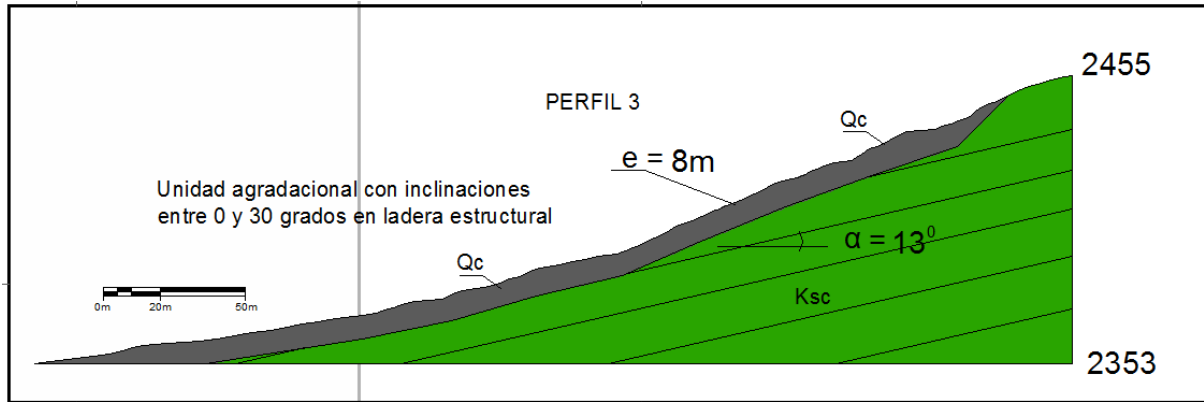


Fuente: Resultado del estudio.

7.7.2.2 Modelo perfil B – B´ (Parte derecha del deslizamiento)

Al igual que en el numeral anterior se utiliza el perfil geológico representativo para esta zona el cual corresponde al perfil 3 como se observa en la Figura 51 que corresponde a la corona derecha del flujo.

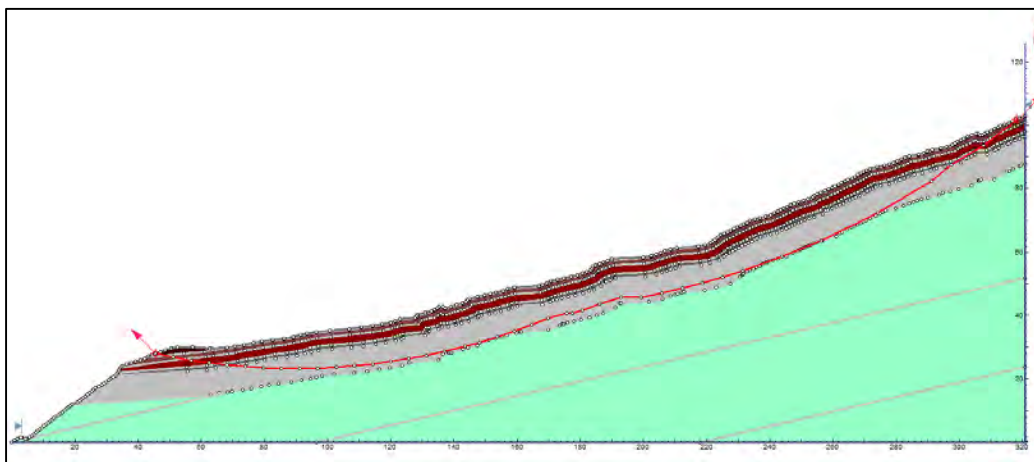
Figura 51. Perfil Geológico 3.



Fuente: Resultado del estudio.

El modelo grafico analizado para determinar la los factores de seguridad se relaciona en Figura 52.

Figura 52. Modelo de análisis



Fuente: Resultado del estudio.

Los parámetros geotécnicos utilizados para este modelo, fueron los obtenidos de los resultados de laboratorio y de campo de los sondeos. Los factores de seguridad obtenidos para los diferentes escenarios de análisis se relacionan a continuación (Tabla 45).

Tabla 45. Factores de seguridad para el modelo perfil B-B'

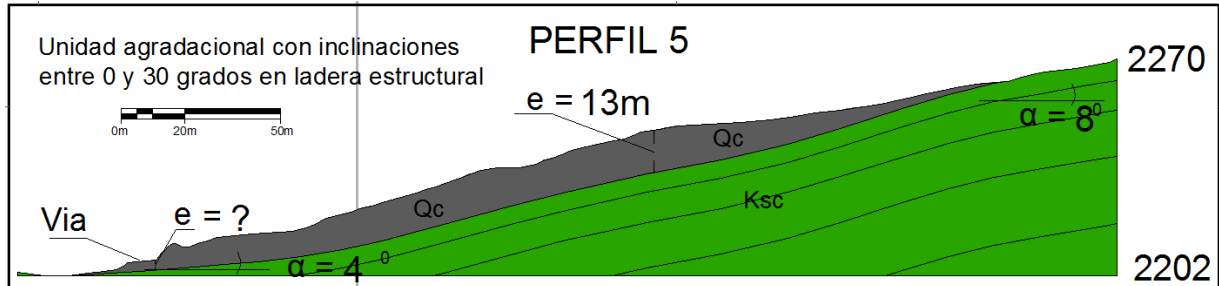
Condición del modelo	Factor de Seguridad			
	Met. Fellenious	Met. Bishop Simplificado	Metodo de Janbu Simple	Metodo de Janbu Corregido
Condición de agua subterránea normal (Ru = 0.1)	0,855	0,854	0,834	0,865
Condición de agua subterránea crítica (Ru = 0.3)	0,766	0,755	0,738	0,766
Condición de agua subterránea media (Ru = 0.2) y sismo (análisis pseudoestático)	0,462	0,461	0,452	0,462

Fuente: Resultado del estudio.

7.7.2.3 Modelo perfil C – C' (Parte Inferior del deslizamiento)

Al igual que en el numeral anterior se utiliza el perfil geológico representativo para esta zona el cual corresponde al perfil 5 como se observa en la Figura 51 corresponde a la corona izquierda del flujo.

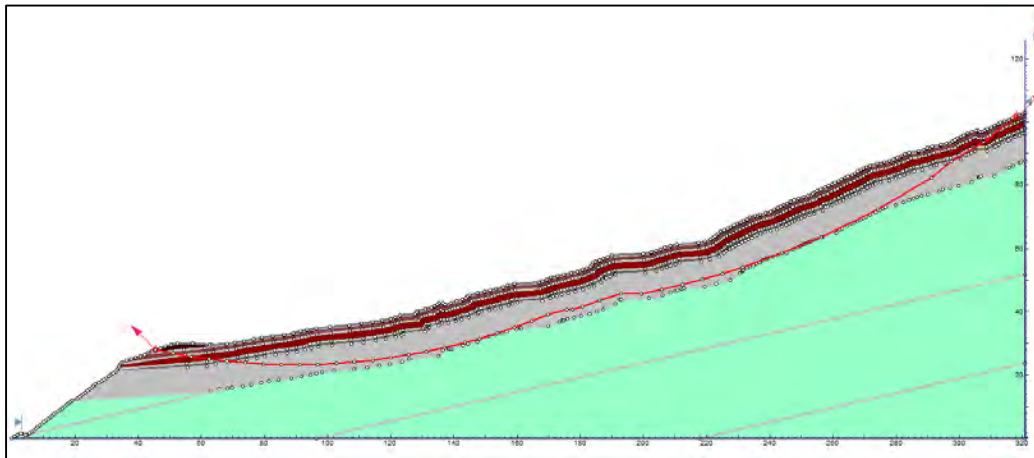
Figura 53. Perfil Geológico 5.



Fuente: Resultados del Estudio.

El modelo grafico analizado para determinar la los factores de seguridad se relaciona en Figura 52.

Figura 54. Modelo de análisis



Fuente: Resultado del estudio.

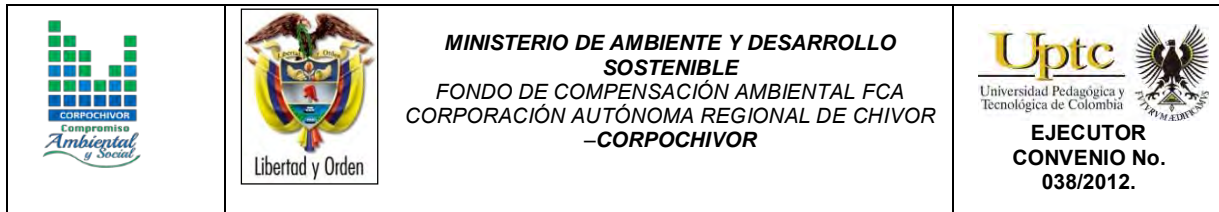
Los resultados para este perfil se relacionan en la Tabla 46, para con esto describir en términos de factor de seguridad el movimiento presente en esta área.

Tabla 46. Factores de seguridad para el modelo perfil C-C'

Condición del modelo	Factor de Seguridad			
	Met. Fellenious	Met. Bishop Simplificado	Metodo de Janbu Simple	Metodo de Janbu Corregido
Condición de agua subterránea normal (Ru = 0.1)	0,859	0,866	0,848	0,863
Condición de agua subterránea crítica (Ru = 0.3)	0,749	0,746	0,730	0,742
Condición de agua subterránea media (Ru = 0.2) y sismo (análisis pseudoestático)	0,430	0,426	0,412	0,430

Fuente: Resultado del estudio.

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.



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.

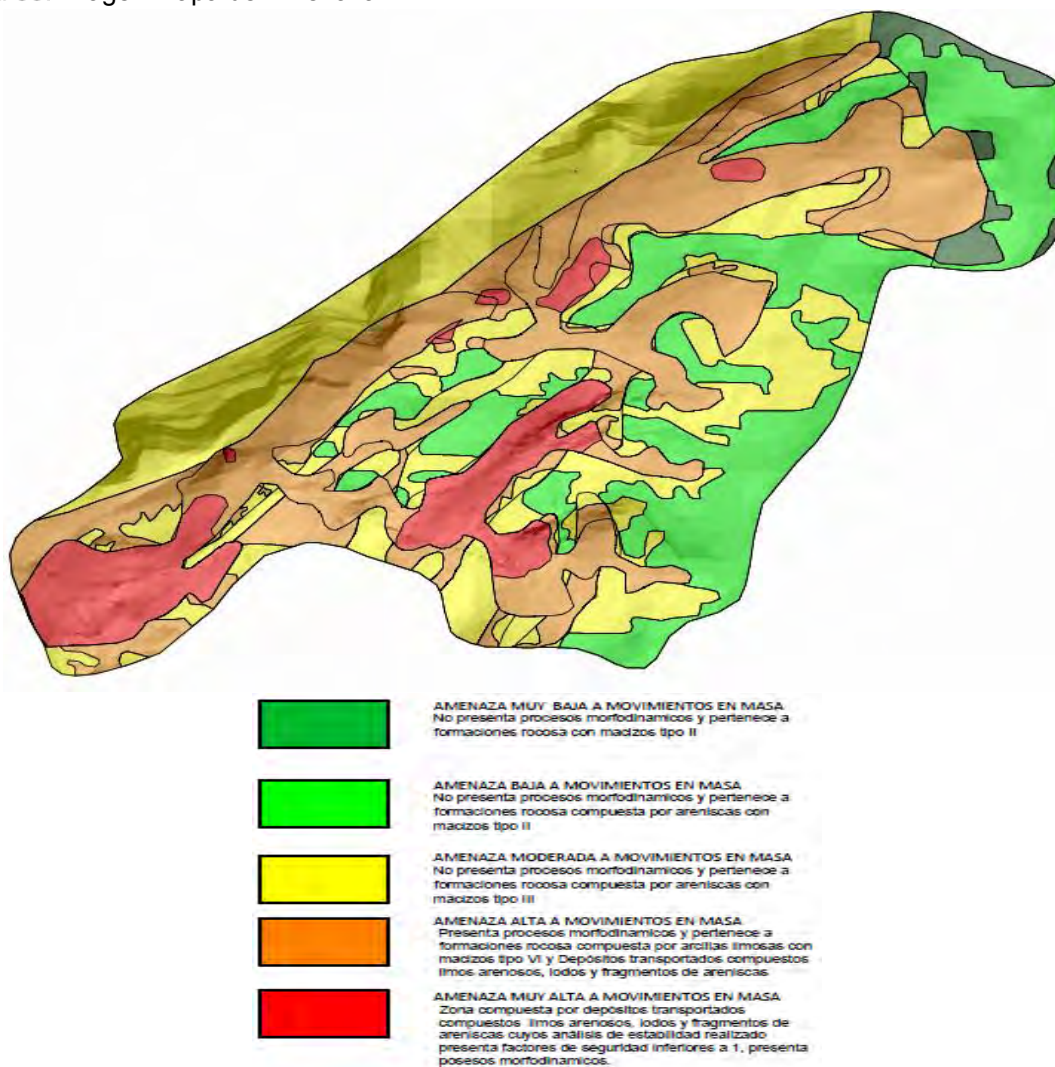
- **Vulnerabilidad:** es el sistema de condiciones y procesos resultado de los factores físicos, sociales, económicos, culturales y ambientales, que aumentan o disminuyen la susceptibilidad de una comunidad o infraestructura al impacto de las amenazas.

- **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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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. Ver Figura 55 y Tabla 47.

Figura 55. Imagen Mapa de Amenaza



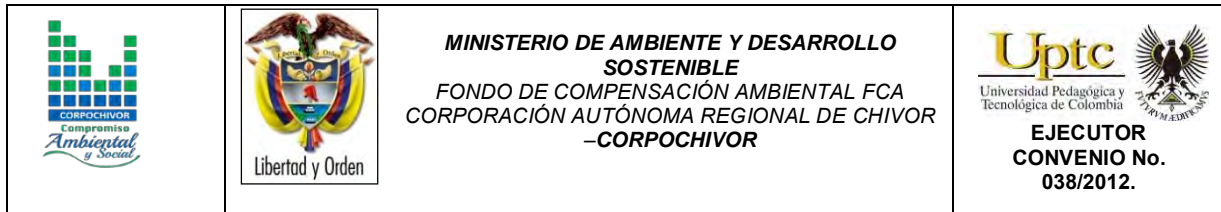
Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VÍA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Tabla 47. 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 (diacclasadas), 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	Abundancia relativa de agua y zonas de surgencia hídrica.
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.
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.	

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



8.2 RESULTADO DE ANALISIS

Para la clasificación de la amenaza de la zona se utilizaron como criterios de categorización los presentados en la Tabla 48, teniendo en cuenta los parámetros de la Metodología de Leone.

Tabla 48. Categorización de amenazas por FRM

CATEGORÍA DE AMENAZA	F.S. CONDICIONES NORMALES	F.S. CONDICIONES EXTREMAS
BAJA	> 1.9	> 1.3
MEDIA	1.2 – 1.9	1.0 – 1.3
ALTA	< 1.2	< 1.0

Fuente: Resultado del estudio.

Para los análisis se tuvieron en cuenta el escenario actual, condiciones normales (sin sismo y nivel freático actual) y condición extrema (nivel freático abatido y sismo).

También se realiza una evaluación de la amenaza a partir de la norma NSR-10, donde se establecen los factores de seguridad para taludes los cuales se presentan en la Tabla 49.

Tabla 49. Categorización de amenaza por FRM según NSR-10

CONDICION	F.S. BASICOS MINIMOS DIRECTOS
Taludes - condición estática y agua subterránea normal	1.5
Taludes – condición seudo – estática con agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	1.02

Fuente: Resultado del estudio.

8.3 ANALISIS DE AMENAZA

La zona del deslizamiento está totalmente definida, dentro de la topografía, limitada en la parte inferior por la vía principal Tunja - Puente Camacho, la cual va paralela al río Jenesano.

Fotografía 38. Material desplazado



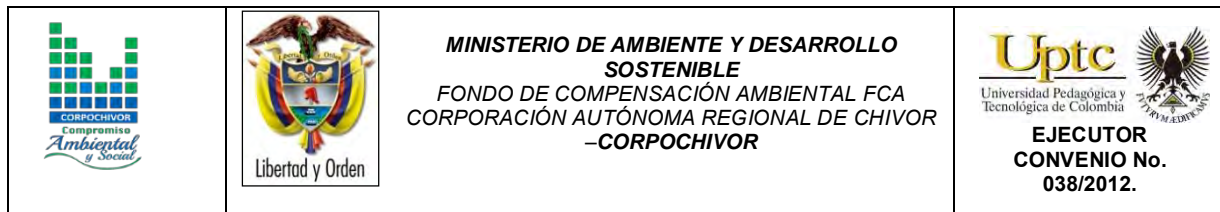
ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VÍA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Fuente: Resultado del estudio.
Fotografía 39. Gran cantidad de material desplazado



Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

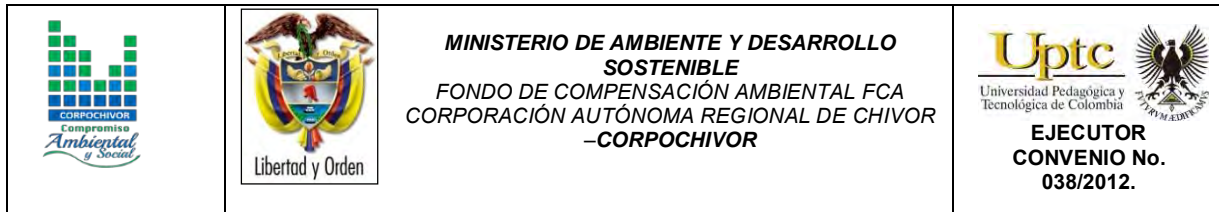


Se observa la gran cantidad de material desplazado, con presencia de grietas y terracetas, diferencia de pendiente. en la parte baja (pata del deslizamiento) afectación de la vía principal y paralelo el rio Jenesano.

En este estudio, 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, movimientos del terreno, hundimientos, trazas de superficies de falla, presencia de grietas, presencia de escarpes, agrietamiento de las construcciones existentes dentro del cuerpo del deslizamiento y cinemática actual.

El deslizamiento presentado en la Vereda Las Peñas es un movimiento antiguo, presentando reactivaciones periódicas durante las épocas de lluvias de cada año, generando modificaciones de manera considerable en las condiciones morfológicas del terreno, donde se observan grietas y hundimientos diferenciales que facilitan la acumulación del agua de escorrentía, acumulándose y manteniendo saturada la zona, modificando de manera considerable las condiciones morfológicas del terreno, limitando el uso de los predios para actividades agrícolas y pecuarias. Este movimiento ha generado afectación en la vía principal, impidiendo el paso vehicular y generando amenaza en un posible represamiento del rio Jenesano.

Como resultado de esta valoración se obtuvo la zonificación de amenazas (Ver Mapa 9). Se tienen 2 zonas de Amenaza: Alta y Media.



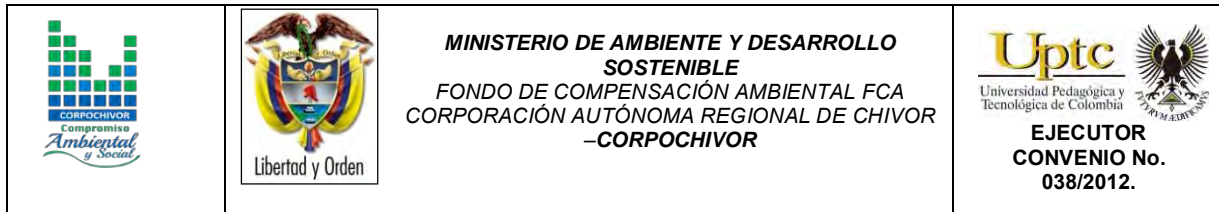
8.3.1 Amenaza Alta.

Corresponde a la zona delimitada por la topografía en donde se encuentran las viviendas censadas dentro del cuerpo del deslizamiento, y en la parte baja la vía principal El Progreso Tunja – Miraflores, Km 29, en un tramo de 122 metros.

8.3.2 Amenaza Media.

En este se encuentra la zona superior adyacente a la zona afectada, en donde se presenta un reptamiento leve y algunos escarpes, pudiendo experimentar el avance de inestabilidad.

Una vez definidas las características y el comportamiento de la zona, para el análisis de estabilidad se plantearon diferentes condiciones del terreno, presentando escenarios y comportamientos diferentes, basados en estos resultados se plantean las obras necesarias para el manejo de esta zona.



9 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

En el análisis de vulnerabilidad y riesgo se evalúa teniendo en cuenta los elementos expuestos predominantes en el área de estudio, como viviendas e infraestructura.

9.1 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad constituye un sistema dinámico, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (externas e internas) que convergen en una comunidad o área particular. A esta interacción de factores se le conoce como vulnerabilidad global. Esta vulnerabilidad global puede dividirse en varias vulnerabilidades o factores de vulnerabilidad, todos ellos relacionados entre sí: vulnerabilidad física; factores de vulnerabilidad económicos, sociales y ambientales. (Wilches-Chaux, 1993).

El estudio de vulnerabilidad física de los elementos expuestos, en este 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 (más extrapolables para otros ámbitos) 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:

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VÍA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

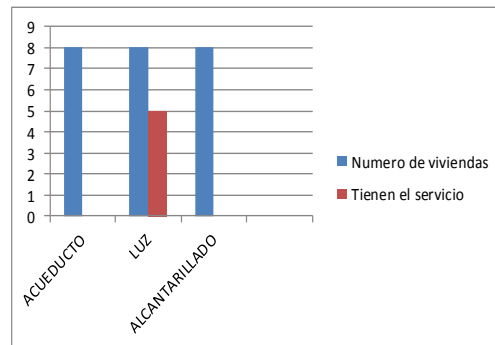
el nivel de ingresos, la percepción del peligro, las recomendaciones para medidas urgentes, la cobertura de los servicios públicos y el índice de carencia de la vivienda.

9.1.1 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 (Figura 56). Todos tendientes a establecer la exposición y la resistencia de las construcciones y la capacidad de reacción de los habitantes en caso de presentarse deslizamiento.

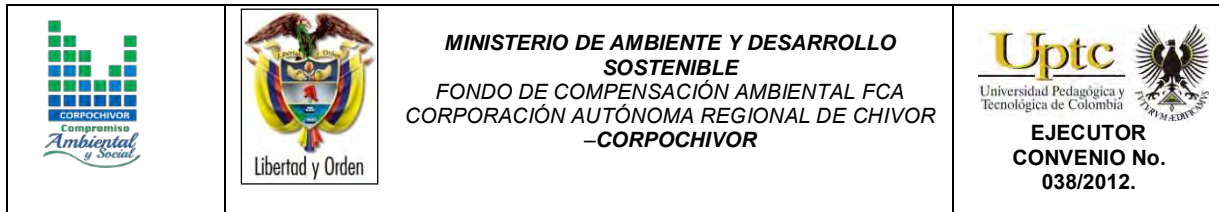
Figura 56. Indicadores de Índice de Vulnerabilidad social

	ACUEDUCTO	LUZ	ALCANTARILLADO
Numero de viviendas	8	8	8
Tienen el servicio	0	5	0
No tienen el servicio	8	3	0
% carencia	100	37.5	100
Promedio	79.16		
Índice de servicios	0.791		



TIPO DE VIVIENDA	SISTEMA ESTRUCTURAL	No. DE VIVIENDAS	%
ADECUADO	MUROS PORTANTES	0	0
	PORTICO	0	0
	PORTICO CON TABIQUES	0	0
	ENTRAMADO TABIQUES	0	0
INADECUADO	SISTEMA MIXTO	0	0
	DE RECUPERACION	8	100
		8	100

Fuente: Resultado del estudio.



En el Anexo 9 se presenta copia de los respectivos soportes del inventario.

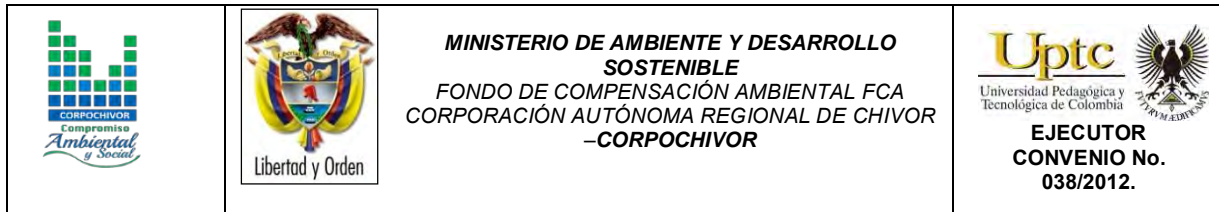
En la Vereda Las Peñas, Municipio de Ramiriquí, se encuentran 8 viviendas, dentro del cuerpo de deslizamiento, representando un alto grado de vulnerabilidad, con una mayor percepción del riesgo.

9.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Se define vulnerabilidad con relación a los siguientes aspectos:

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

La **vulnerabilidad social** se definió como la capacidad de respuesta de la población ante la ocurrencia de un evento que ocasione 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 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 del Municipio en lo referente a la Alcaldía, juntas de Acción comunal, puesto que estas son las encargadas de actuar como intermediarias entre la comunidad y las entidades del Departamento y de esa manera dar a conocer los procedimientos a seguir ante la ocurrencia de un desastre como un flujo de material en la zona.



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 población en el sector, 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.

9.2.1 Tipificación de las Estructuras

En forma general la vulnerabilidad es una función tanto de la intensidad del fenómeno como de la resistencia del elemento expuesto. La primera variable ya se tuvo en cuenta en la evaluación de la Amenaza; para la segunda variable (resistencia del elemento expuesto), se tipifican las viviendas teniendo en cuenta los criterios de resistencia de la estructura Tabla 50.

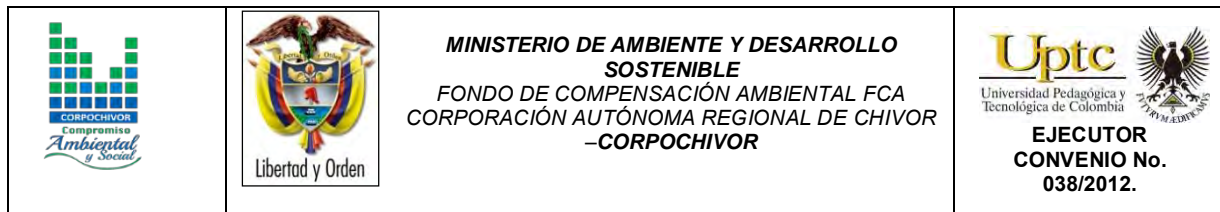


Tabla 50. Criterios de resistencia de la estructura

TIPO DE SOLICITACION	MODOS DE DAÑO	CRITERIO DE RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA
DESPLAZAMIENTOS LATERALES	Transporte, deformación, asentamientos ruptura	Profundidades de la cimentación arriostramiento de la estructura altura de la estructura
EMPUJES LATERALES	Deformación ruptura	Profundidad de la cimentación refuerzo
IMPACTOS	Deformación ruptura	Refuerzo

Fuente: Resultado del estudio.

De acuerdo con los criterios expuestos anteriormente, para tipificar las viviendas se adopta el criterio de Leone, el cual se resume a continuación en la Tabla 51.

9.3 CALIFICACION DE LOS DAÑOS

De acuerdo a la Metodología propuesta, para calificar los daños producidos en la zona por los Fenómenos de Remoción en Masa, se sigue con el criterio DRM (Delegation Aux Risques Majeurs), el cual divide los daños en cinco (5) categorías, como se muestra en la Tabla 51.

Tabla 51. Categorías de los daños

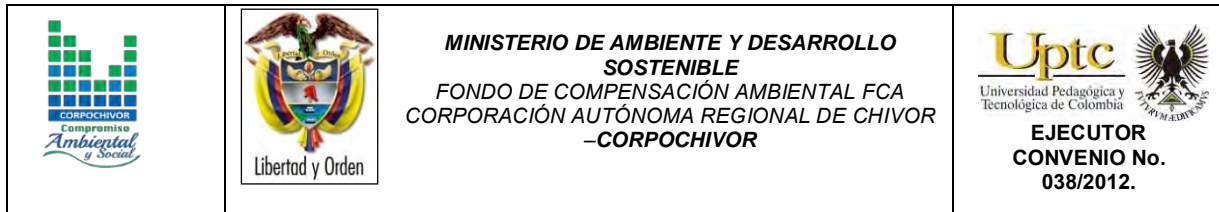
INDICE DE DAÑO	TIPO DE DAÑO	PORCENTAJE DE DAÑO
1	Daños ligeros no estructurales. estabilidad no afectada	0.0 – 0.1
2	Figuración de paredes (muros). reparaciones no urgentes	0.2 – 0.3
3	Deformaciones importantes. daños en elementos estructurales	0.4 – 0.6
4	Fracturación de la estructura. evacuación inmediata	0.7 – 0.8
5	derrumbe parcial o total de la estructura	0.9 – 1.0

Fuente: Resultado del estudio.

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) y el comportamiento de las construcciones en tales circunstancias (Índice de Resistencia, IR), empleando la siguiente metodología:

- Se determinó la ubicación de la vivienda frente al deslizamiento.
- Se calcularon los índices de resistencia.



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

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

RN: Resistencia Movilizada

IR: Índice de Resistencia

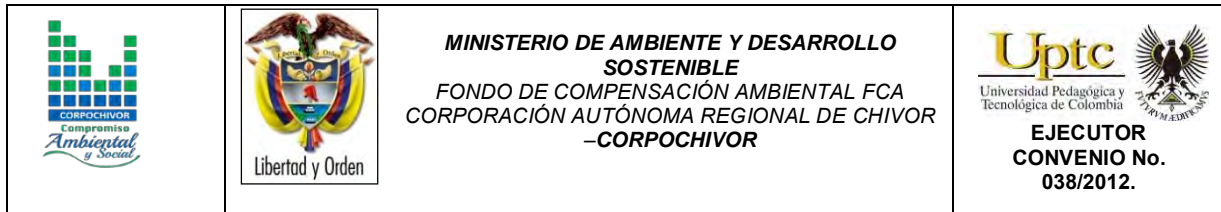
IE: Índice de Exposición

9.4 INDICE DE EXPOSICION (IE)

Esta variable cobra importancia dentro del análisis de vulnerabilidad física, si y solo si los elementos se encuentran dentro de la zona de influencia de los eventos de flujo (es decir, expuestos) y pueden ser atacados por ellos.

La determinación del índice de exposición, involucró conocer el tipo de fenómeno a estudiar, y su distribución espacial. El límite externo de la zona de influencia directa, se obtiene a partir de la modelación del deslizamiento; se asignó el índice de exposición intentando considerar la magnitud de los eventos y su sollicitación sobre los elementos expuestos.

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 esta factor se tomó como porcentaje de la altura



total de la vivienda, que sería cubierto por el material desplazado. H_f = Altura de flujo y H_v : Altura de vivienda.

Tabla 52. Índice de Exposición.

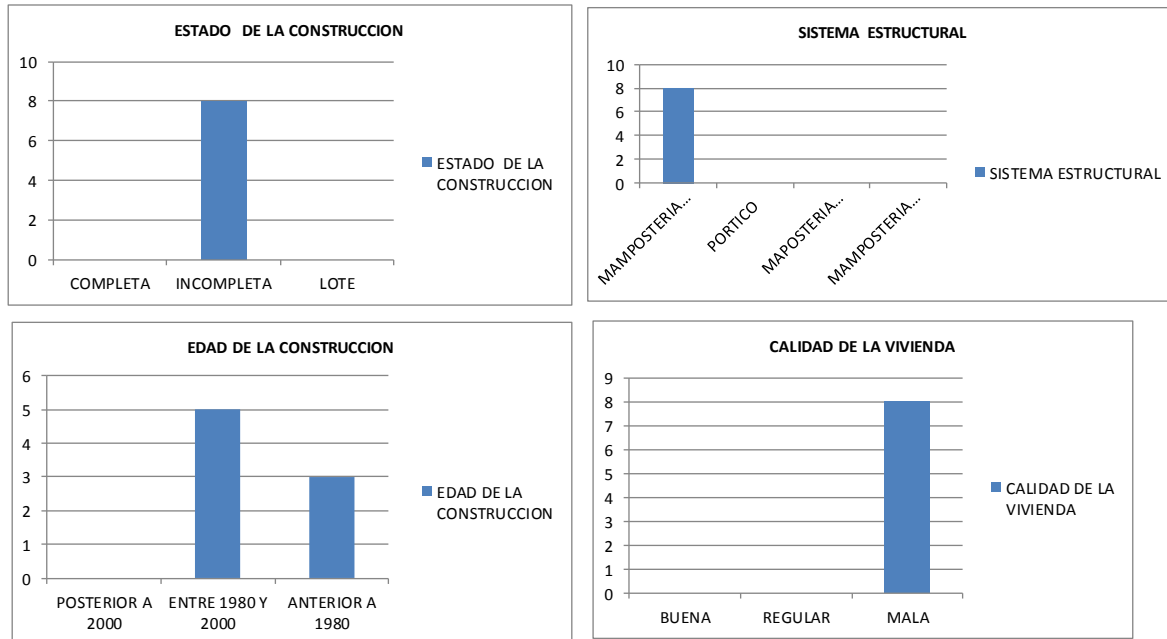
RANGO	SC
$H_f < 1/3 H_v$	0.09
$1/3 H_v < H_f < 2/3 H_v$	0.40 a 0.60
$2/3 H_v < H_f < H_v$	0.75

Fuente: Resultado del estudio.

9.5 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 57 se muestra el tipo de cubierta, estructura de techo, estructura del piso y sistema estructural.

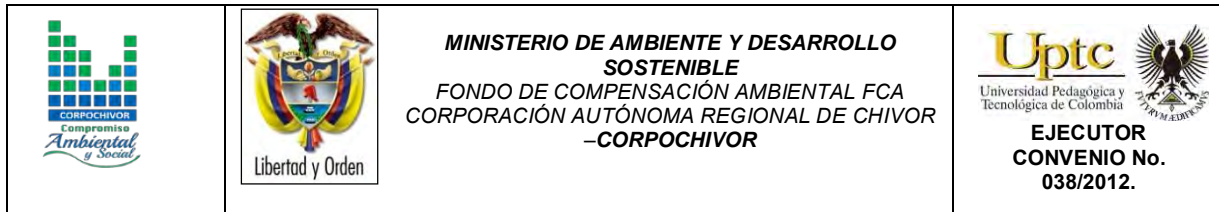
Figura 57. Tipología de viviendas



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.

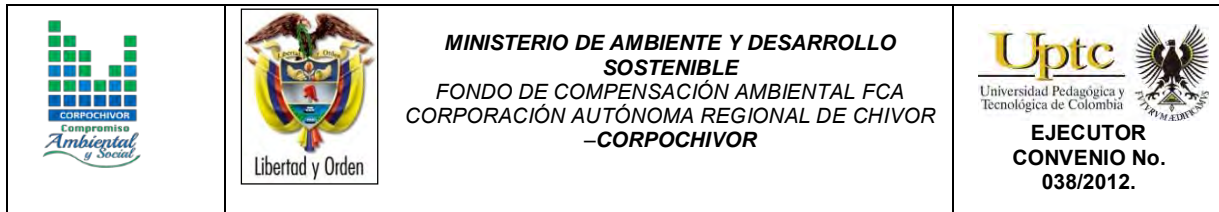
- Vivienda en mampostería: Contempla todas las viviendas de uno a tres pisos, cuyos muros son en mampostería con diferentes tipos de elementos de amarre estructural, donde ellos hacen las veces de unidades de soporte. Con calidad constructiva que oscila desde alta hasta regular, la cubierta generalmente 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 aporticados con placas de entrepisos 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%.

La Tabla 53 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:

$$IR = 0.2 * C + 0.2 * T + 0.6 * SE$$

Dónde:

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 53. 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
4								
5								

Fuente: Resultado del estudio.

9.6 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). (Ver Tabla 54). 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 54.

Tabla 54. 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
DESGLIZAMIENTOS, 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 55. 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

El porcentaje de daño o índice de pérdidas (IP) lo define Leone, como:

$$IP = \frac{(Vi - Vf)}{Vi}$$

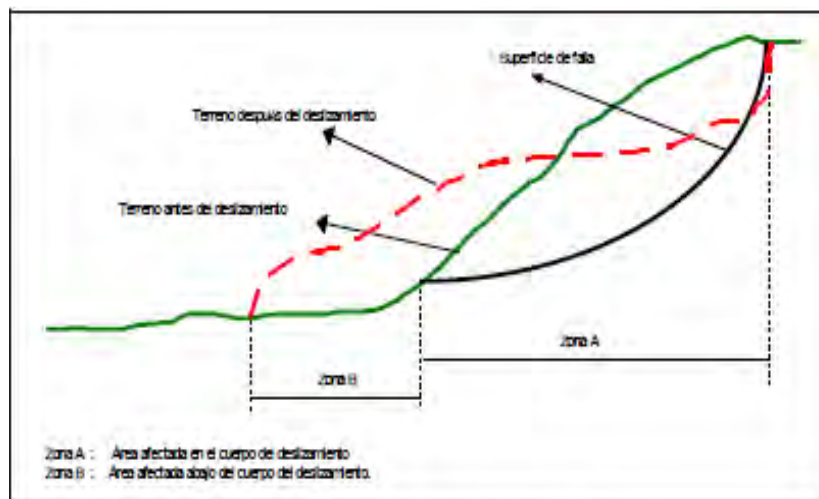
Donde,

V_i : Valor inicial del bien (antes del evento).

V_f : Valor final del bien (después del evento).

Para el sector, las tres viviendas que se encuentran dentro de la zona del deslizamiento, con un porcentaje de Deformaciones Importantes, con daños en elementos estructurales. Estos daños son producidos por la deficiencia en las construcciones, ya que no cuentan con ningún tipo de estructura que cumpla con la Norma NSR-10.

Figura 58. Esquema de deslizamiento



Fuente: Resultado del estudio

Como se puede observar en la Figura 58, se distinguen claramente dos (2) zonas. En la zona A (en el cuerpo del deslizamiento) o zona de influencia directa, los daños que sufrirían las viviendas se pueden relacionar con los desplazamientos

laterales (DL), que a su vez dependen de la velocidad del movimiento (entre más rápido, los daños pueden ser mayores). Para la caracterización de las velocidades de los Movimientos se utiliza la escala propuesta por Cruden y Varnes, presentada en la Tabla 56.

Tabla 56. Rangos de velocidad utilizadas en el estudio

DESCRIPCION	CLASE	VELOCIDAD CARACTERISTICA
Muy rápido	VM1	Mayor a 50 mm/seg
Rápido	VM2	Entre 0,5 mm/seg y 50 mm/seg
Moderado	VM3	Entre 0,05 mm/seg y 0,5 mm/seg
Lento	VM4	Entre 0,005 mm/seg y 0,05 mm/seg
Muy lento	VM5	Menor a 0,005 mm/seg

Fuente: Resultado del estudio

En la Zona B (abajo del cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Indirecta, no se encuentran viviendas, en donde los daños han sido generados en la vía principal Tunja – Puente Camacho por los empujes laterales de la masa acumulada y con la altura que alcanza la acumulación de material hacia la vía como se presenta en la Tabla 57.

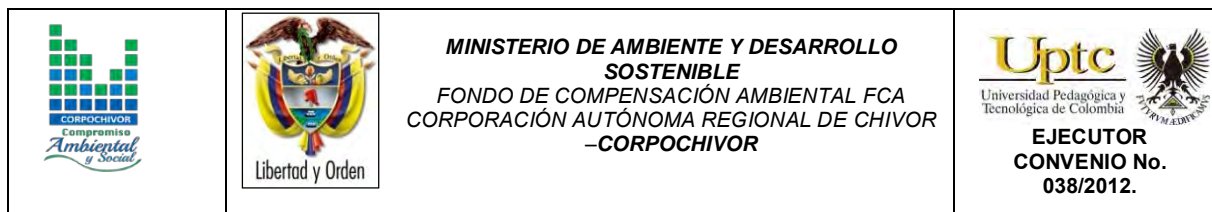


Tabla 57. Categorías de las presiones laterales utilizadas en el estudio

DESCRIPCION	CLASE	CARACTERISTICA
Presión lateral alta	PL1	Mayor a 2/3 de la altura de la vivienda
Presión lateral media	PL2	Entre 1/3 y 2/3 la altura de la vivienda
Presión lateral baja	PL3	Menor a 1/3 de la altura de la vivienda

Fuente: Resultado del estudio

Para el caso en estudio, la solicitud corresponde a deformaciones moderadas altas a los desplazamientos laterales, que se pueden catalogar como moderados (VM3), de otra parte la infraestructura localizadas en la parte baja la solicitud es (PL1) que son presiones laterales altas.

9.7 EVALUACION Y GENERACION DE ESCENARIOS DE RIESGO

En particular, se puede llamar la atención sobre la existencia de lugares de Alto riesgo mediante la representación de sitios críticos.

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 58. Matriz para escenarios de riesgo

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

Fuente: Resultado del estudio

9.7.1 RESULTADOS DE ENCUESTAS

En el proyecto se elaboraron encuestas para evaluar la vulnerabilidad social en las viviendas encontradas en el sector. La encuesta incluía preguntas relacionadas con las características generales de las viviendas.

Dentro de los elementos expuestos se encuentran ocho viviendas dentro de la zona del deslizamiento y la vía principal Tunja – Puente Camacho de la vereda Peñas en un tramo de 120 m. Las viviendas ocupadas fueron censadas, las otras se encontraban deshabitadas en el momento del estudio.

Tabla 59. Número de integrantes por familia

FAMILIA	No. INTEGRANTES
LUIS ANTONIO GAMBA CRUZ	5
HIPOLITO GUERRERO RODRIGUEZ	3
JAIRO MORENO	4

Fuente: Resultado del estudio

Fotografía 40. Viviendas ubicadas dentro de la zona de deslizamiento Nótese el tipo constructivo utilizado

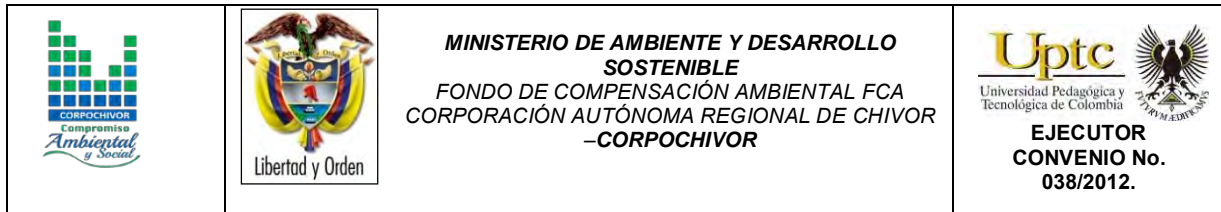


Fuente: Resultado del estudio

Fotografía 41. Vivienda ubicada dentro del Deslizamiento



Fuente: Resultado del estudio



Dependiendo de la magnitud del deslizamiento y del material desplazado, se puede generar represamiento en el río Jenesano, ocasionando un Alto riesgo para las viviendas e infraestructura ubicadas aguas abajo por una posible avalancha.

9.7.2 Análisis y Graficas Estadísticas de las Encuestas Realizadas en el Municipio De Ramiriquí, Vereda Las Peñas.

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 42. Sector rural

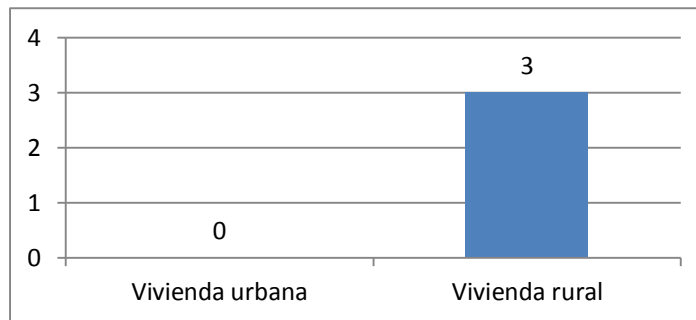


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 1.

¿Tipo de sector Urbano o rural?

Figura 59. Diagrama de barras tipo de sector



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

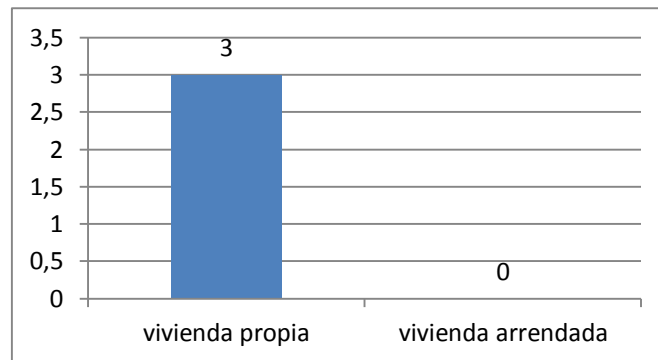
La zona de deslizamiento correspondiente al municipio de Ramiriquí, es un sector rural ubicado sobre la vía principal que conduce a dicho municipio, siendo este corredor vial uno de los más afectados por este movimiento en masa.

Es de resaltar que a pesar de la cercanía con el centro urbano del municipio y de afectar una vía principal las obras de mitigación del fenómeno han sido escasas según lo manifiestan las personas que habitan el sector.

PREGUNTA 2.

¿La vivienda es propia o arrendada?

Figura 60. Diagrama de barras tipo de vivienda



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

En la zona se encuentran muy pocas viviendas habitadas ya que el sector no es muy poblado, además a partir de que se presentó el movimiento en masa las personas se llenaron de temor y decidieron desplazarse hacia otros lugares, especialmente algunos adultos mayores que cuentan con familia extensa los cuales se hicieron cargo de ellos por temor a nuevos deslizamientos, las pocas familias que habitan la zona son de escasos recursos, razón por la cual aún permanecen en el lugar.

Fotografía 43. Servicios públicos de cada vivienda

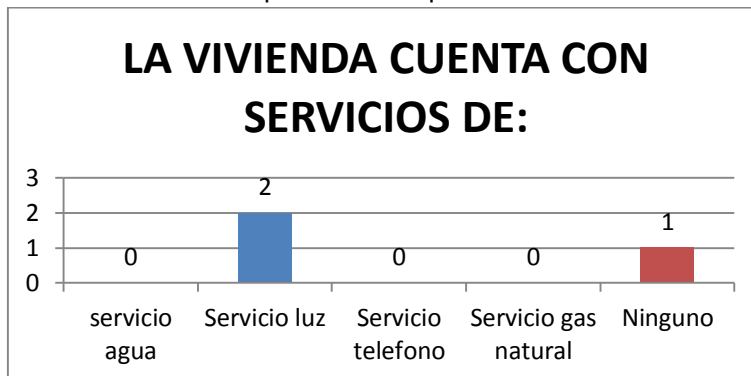


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 3.

¿Servicios con que cuenta la vivienda?

Figura 61. Diagrama de barras Servicios públicos con que cuenta cada vivienda



Fuente: Resultado del estudio

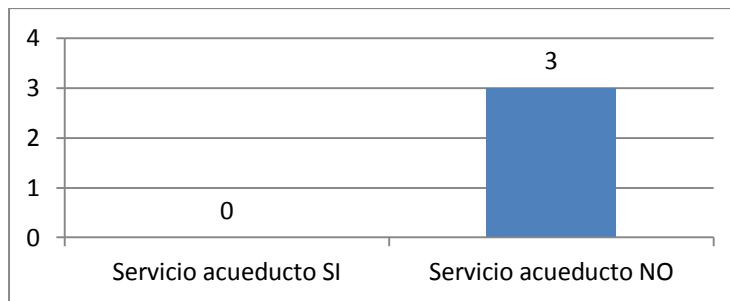
Análisis:

Los servicios básicos son escasos solo en dos (2) de las tres (3) viviendas visitadas hay servicio de luz, convirtiéndose este en el único servicio con que cuenta la zona. Sin embargo sus pobladores manifiestan que al ser un terreno inestable, son conscientes que no es habitable por lo que la administración no invertiría recursos para mejorar servicios públicos básicos en esta vereda.

PREGUNTA 4.

¿La vivienda cuenta con servicio de acueducto?

Figura 62. Diagrama de barras de servicio de acueducto de cada casa



Fuente: Resultado del estudio

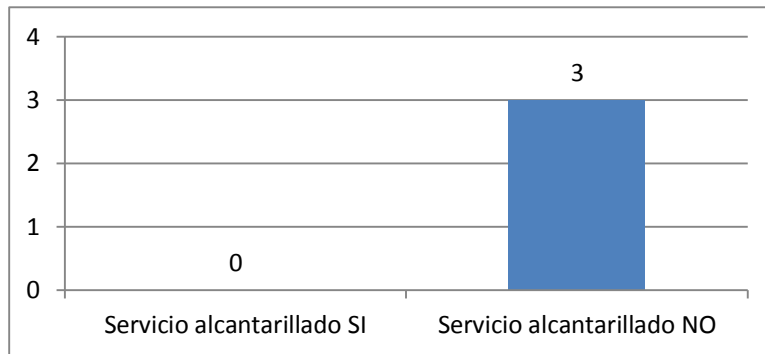
Análisis:

En la zona no hay servicio de acueducto, el agua es traída con mangueras desde la parte alta del sector o extraída de nacederos cercanos, razón por la cual no hay un control adecuado de estas, convirtiéndose este en un factor que agudiza el movimiento en masa que se da en este lugar.

PREGUNTA 5.

¿La vivienda cuenta con servicio de alcantarillado?

Figura 63. Diagrama de barras servicio de alcantarillado



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

No se cuenta con alcantarillado por lo que las aguas servidas son vertidas sobre los terrenos, agudizando el fenómeno de remoción en masa, se evidencia escasa educación y conciencia social frente a los perjuicios que estos vertimientos causan en la zona de deslizamiento.

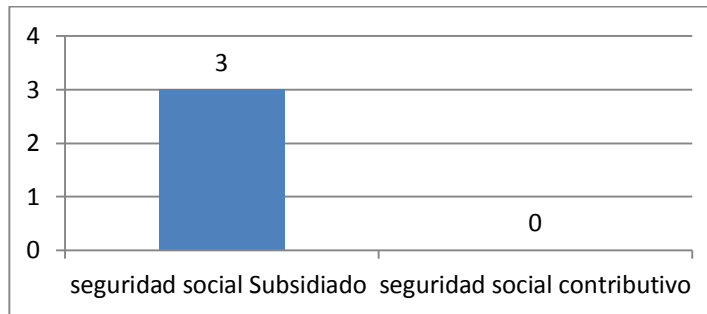
PREGUNTA 6.

¿Se encuentra afiliado a seguridad social?

Análisis:

Todas las familias que habitan el sector se encuentran en el régimen subsidiado, sin embargo no existe conciencia frente a su utilidad y la importancia del cuidado de la salud, por lo que dichos servicios son muy pocas veces utilizados.

Figura 64. Diagrama de seguridad social

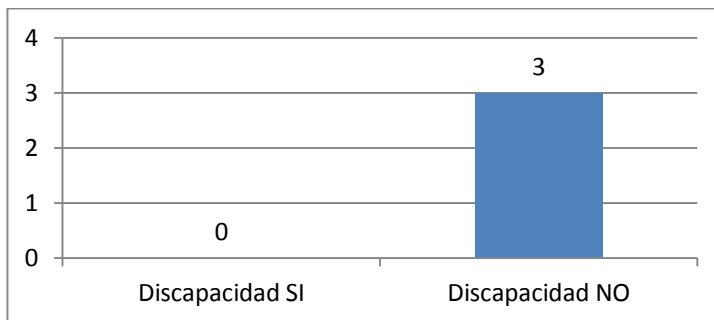


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 7.

¿Dentro del núcleo familiar existen personas con alguna discapacidad?

Figura 65. Diagrama personas con discapacidad



Fuente: Resultado del estudio

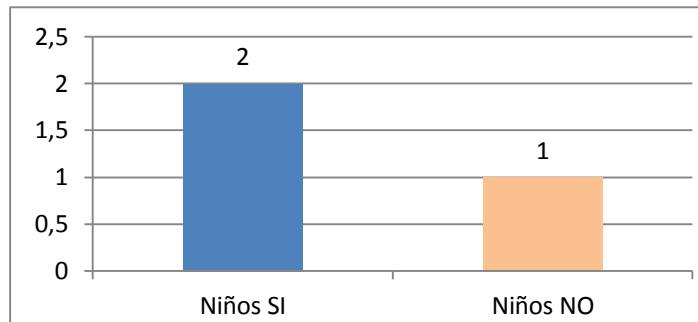
Análisis:

Dentro de las viviendas visitadas en el sector no se evidencio ningún habitante con algún tipo de discapacidad, siendo este un factor positivo ya que de presentarse dentro de un núcleo familiar un discapacitado, agudizaría su vulnerabilidad frente al riesgo en el que conviven diariamente.

PREGUNTA 8.

¿Habitan niños(as) en la vivienda?

Figura 66. Menores de edad en la vivienda



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

La composición de las familias en la zona es muy pequeña correspondiendo por lo general a grupos de tres (3) personas, hallando solo en dos (2) de las tres (3) viviendas visitadas presencia de menores de edad.

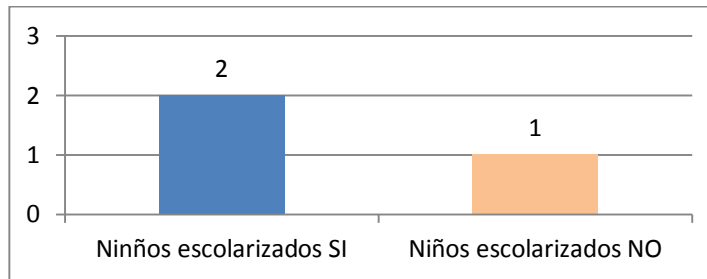
PREGUNTA 9.

¿Qué ocupación tienen los niños que habitan las viviendas?

Análisis:

Los menores que hacen parte de las familias que habitan la zona se encuentran escolarizados siendo esta su principal actividad diaria, aunque el centro educativo no es cercano se denota su interés por adquirir formación académica tanto de parte de los niños (as), como de los padres de familia.

Figura 67. Ocupación de los niños q habitan la vivienda

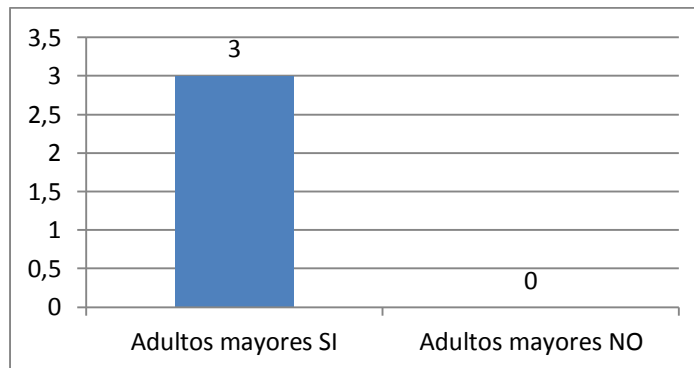


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 10.

¿Dentro del núcleo familiar se encuentran adultos mayores?

Figura 68. Adultos mayores en el núcleo familiar



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

Las personas que habitan la zona en su mayoría son adultos mayores, teniendo en cuenta que el rango para considerar a una persona adulto mayor es a partir de los cuarenta y cinco (45) años de edad, la mayoría de ellos manifiestan que no cuentan

con ningún tipo de apoyo social, que les permita acceder a una mejor calidad de vida, pues las condiciones en que viven son muy precarias en algunos de los casos.

Fotografía 44. Adulto mayor que habita en una de estas viviendas.

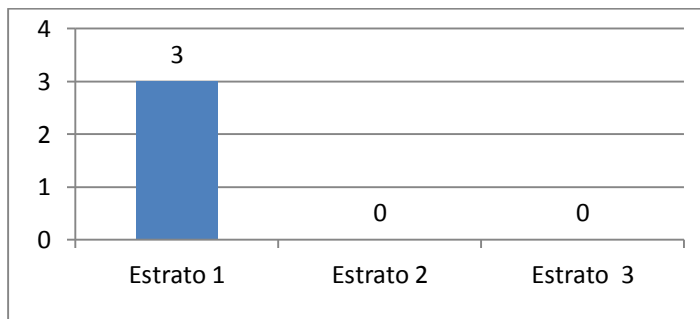


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 11.

¿A qué estrato pertenece su vivienda?

Figura 69. Estrato socioeconómico



Fuente: Resultado del estudio

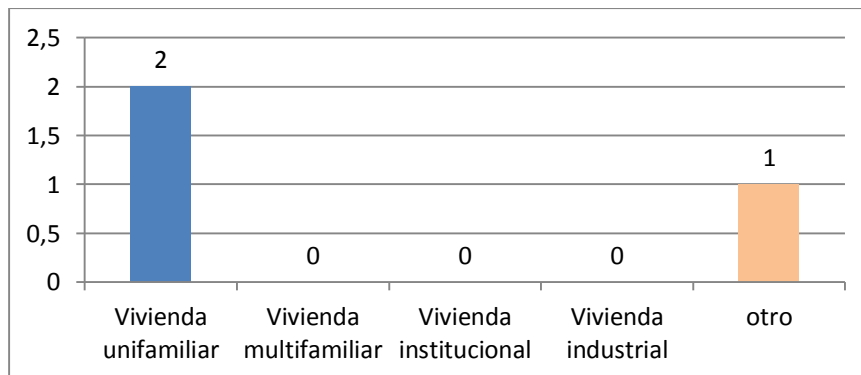
Análisis:

Todas las viviendas visitadas pertenecen al estrato 1, según lo manifestado por los dueños de las mismas, la mayoría de las viviendas presentan grietas muy notorias, lo que evidencia la calidad de las construcciones y el nivel de calidad de vida que llevan dichas personas.

PREGUNTA 12.

Tipo de vivienda.

Figura 70. Tipo de vivienda



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

Las viviendas de la zona son de tipo unifamiliar, sin embargo hay una en particular que no cumple con las características de vivienda, ya que es un refugio construido en latas y tablas de madera en donde habitan dos adultos mayores en compañía de su nieta de 10 años, los cuales manifiestan que hace tiempo viven en estas condiciones sin que nadie les brinde ayuda para tener una vivienda digna.

Fotografía 45. Refugio construido en latas y tablas de madera

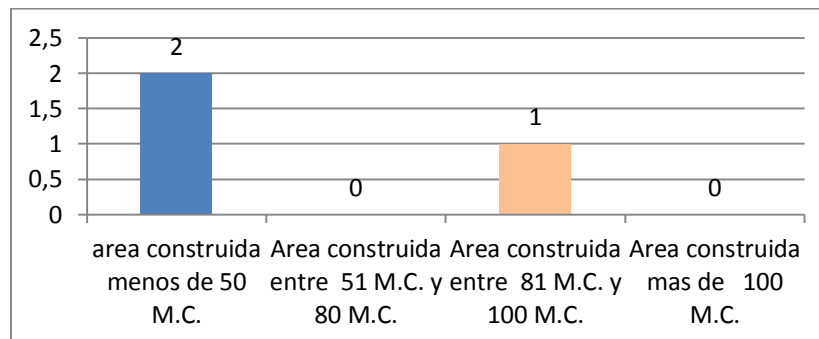


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 13.

Área aproximada de las viviendas.

Figura 71. Área de cada vivienda



Fuente: Resultado del estudio.

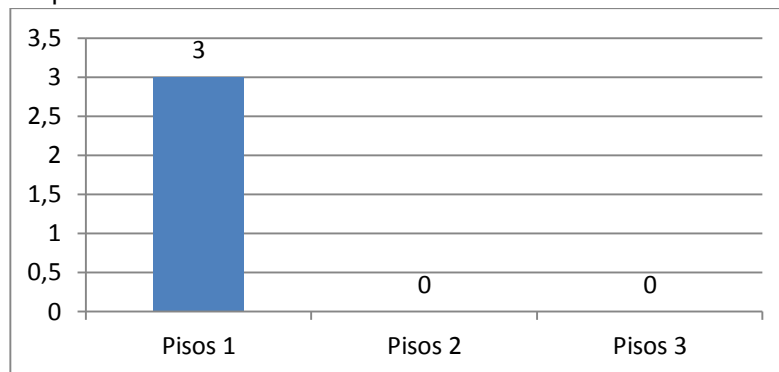
Análisis:

Las viviendas tienen áreas construidas pequeñas, especialmente constan de habitación y cocina, no cuentan con baños, solo una vivienda cuenta con pozo séptico, por lo que no existe un adecuado manejo de las excretas siendo también este un factor de vulnerabilidad en cuanto a salud e higiene para dichas familias.

PREGUNTA 14.

¿Cuántos pisos tiene la vivienda?

Figura 72. Niveles de pisos



Fuente: Resultado del estudio

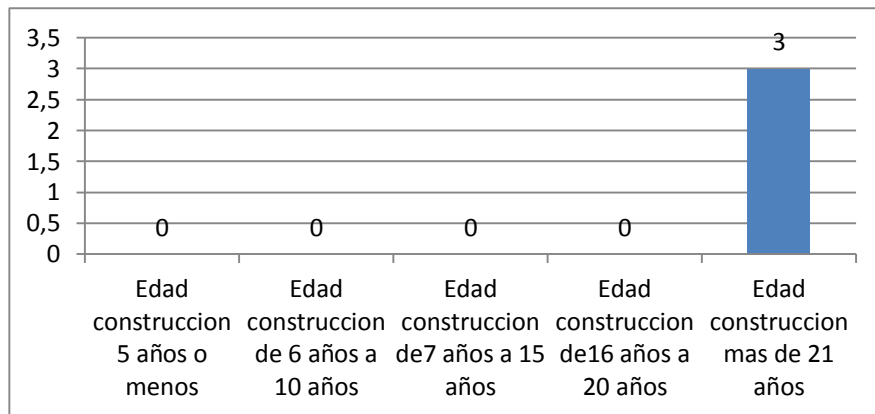
Análisis:

Todas las viviendas cuentan con un solo nivel o piso, que se caracteriza por ser estrecho y básico según sus dueños por la antigüedad de las construcciones y por falta de recursos económicos para realizar ampliaciones a las mismas.

PREGUNTA 15.

¿Qué edad tiene la construcción?

Figura 73. Edad de la construcción



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

Todas las construcciones son de más de 21 años de construidas, pues las familias que habitan en ellas, han habitado la zona casi toda su vida siendo en algunos casos la vivienda heredada de padres a hijos.

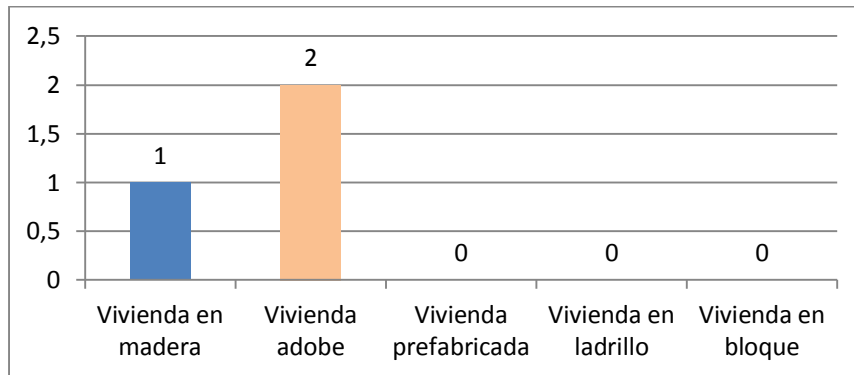
PREGUNTA 16.

La armazón de la vivienda es:

Análisis:

La mayoría de las viviendas son en adobe por ser construcciones antiguas, en su mayoría sin ningún tipo de mejoras, por el contrario se halla una vivienda levantada en madera y latas, donde habitan dos adultos mayores y una menor de edad, quienes manifiestan que se redujeron a este sitio a causa de que la habitación de adobe que utilizaban como dormitorio se derrumbó.

Figura 74. Armazón de la vivienda



Fuente: Resultado del estudio

Fotografía 46. Vivienda de lata donde habitan dos adultos mayores

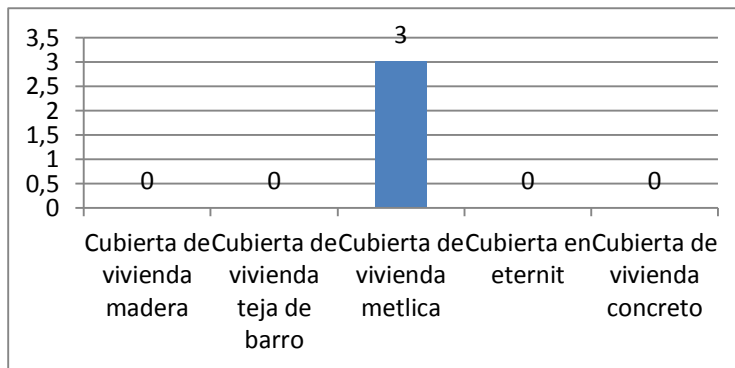


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 17.

La cubierta de la vivienda es de:

Figura 75. Cubierta de la vivienda



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

La cubierta de las viviendas es en teja de zinc, las cuales se encuentran en mal estado, por su deterioro natural y por la falta de mantenimiento, las personas manifiestan que ya no vale la pena hacer mejoras, ya que son conscientes de que pronto tendrán que dejar de vivir en ellas por el riesgo que estas representan.

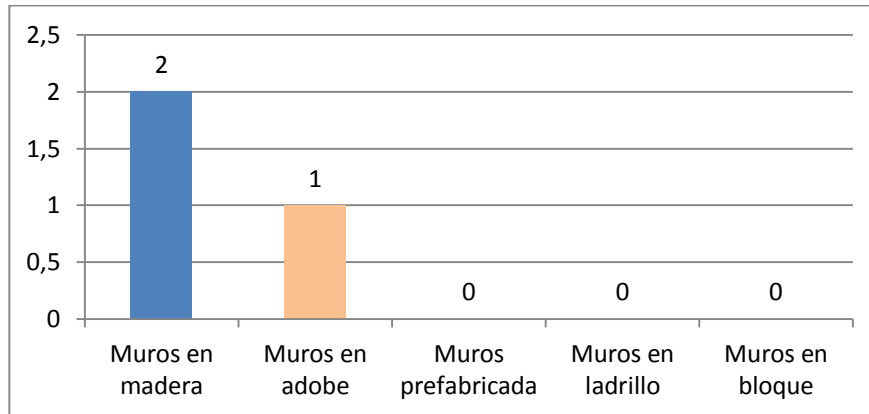
PREGUNTA 18.

Los muros de la vivienda son en:

Análisis:

Los muros en su mayoría son adobe los cuales presentan deterioro por grietas y otros en madera y latas que además de no brindar un buen aislamiento del exterior representan un peligro por la inestabilidad de dichas estructuras.

Figura 76. Tipos de muro de las viviendas

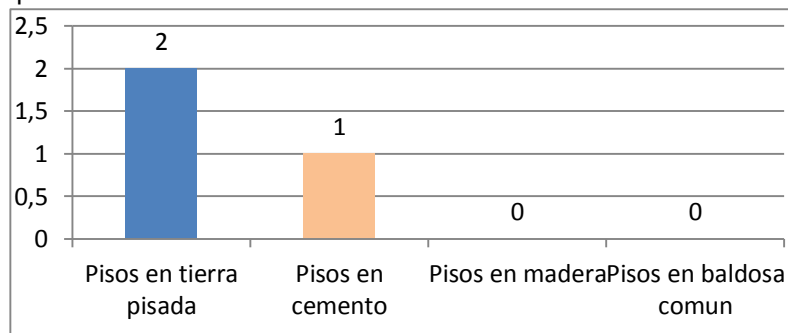


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 19.

El acabado de los pisos es de:

Figura 77. Tipo de pisos



Fuente: Resultado del estudio

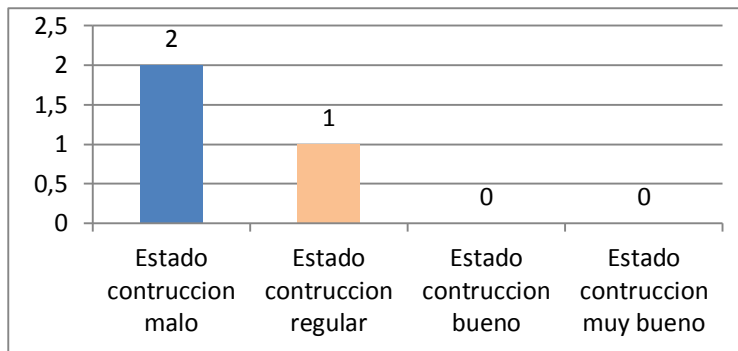
Análisis:

Solo una de las viviendas visitadas cuenta con piso en cemento, las demás están en tierra pisada, lo que favorece la presencia de roedores y la poca higiene al interior de las mismas.

PREGUNTA 20.

El estado de la construcción es:

Figura 78. Estado de la construcción



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

El estado de las viviendas es malo, pues presentan bastantes deterioros externa e internamente, en algunos casos no brindando la seguridad necesaria para ser habitadas, y más aun teniendo en cuenta el terreno inestable sobre el que están construidas.

Fotografía 47. Estado de las viviendas



Fuente: Resultado del estudio

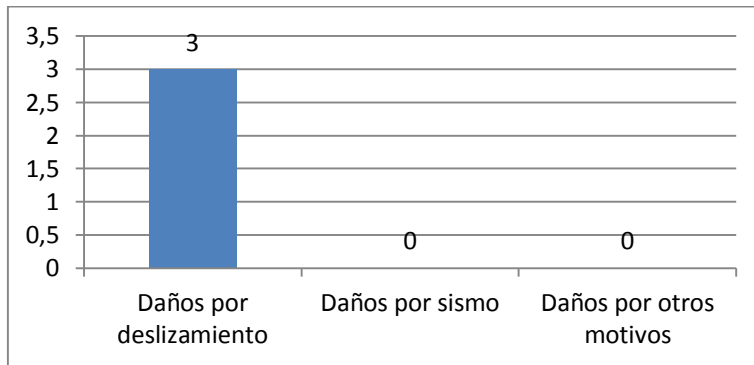
PREGUNTA 21.

La construcción anteriormente ha sufrido daño por:

Análisis:

Las construcciones han agudizado su deterioro a causa de movimiento en masa que se presenta en la zona, siendo este el factor primordial para que las demás familias que habitaban el sector tuvieran que abandonar sus viviendas por el riesgo que representan para sus vidas.

Figura 79. Daños sufridos en las construcciones

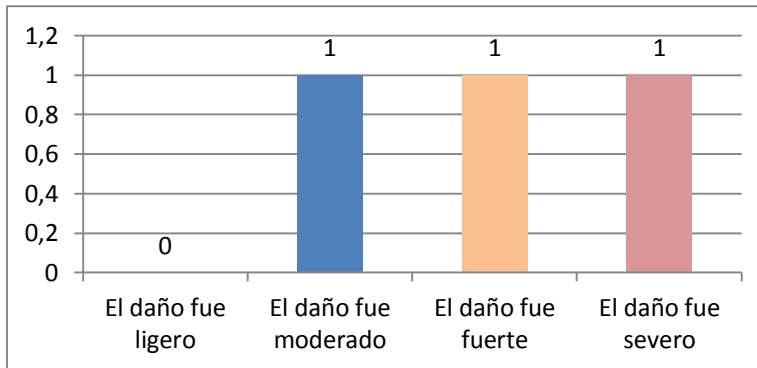


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 22.

El daño sufrido por la vivienda fue:

Figura 80. Tipo de daño



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

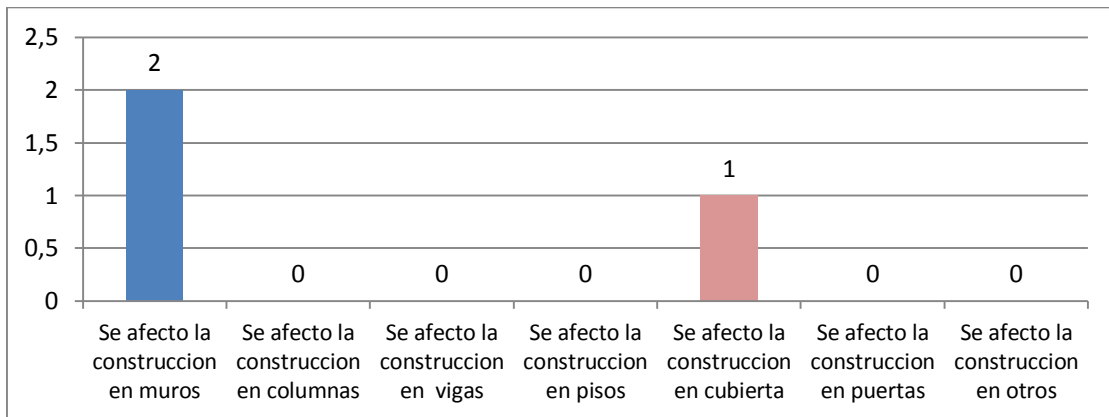
De las viviendas habitadas visitadas en la primera el daño es severo, por lo que es inminente el riesgo de colapsar con un próximo movimiento del terreno, en otra el daño es fuerte y riesgoso ya que se encuentra en la parte alta en donde comienza el

movimiento del terreno y en la última es moderado sin dejar de ser una amenaza para sus habitantes.

PREGUNTA 23.

La parte de la construcción más afectada fue:

Figura 81. Parte más afectada de la construcción



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

La mayoría de las construcciones presentan afectación en sus muros, especialmente grietas significativas que afectan su estabilidad y en la última es la cubierta la que por ser en latas sobrepuestas sin una estructura estable, se mueven con facilidad y amenazan la integridad de las personas que las habitan

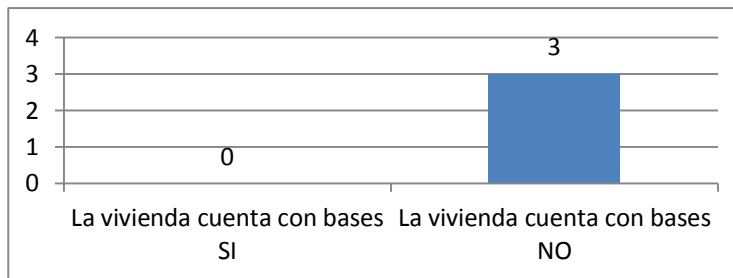
PREGUNTA 24.

La vivienda cuenta con bases:

Análisis:

Las construcciones por ser antiguas y construidas sin especificaciones técnicas no cuentan con bases que le brinden soporte frente a los movimientos del terreno. Siendo este un motivo de preocupación para las personas que las habitan pues son conscientes que fácilmente pueden llegar a colapsar.

Figura 82. Bases de la vivienda



Fuente: Resultado del estudio

Fotografía 48. Inestabilidad del suelo



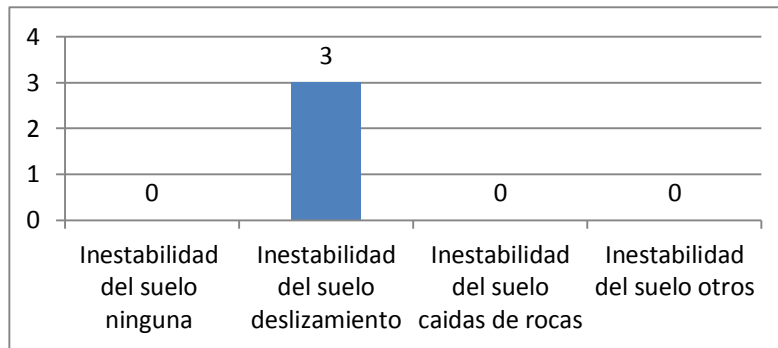
Fuente: Resultado del estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCION DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

PREGUNTA 25.

Causa de Inestabilidad del suelo:

Figura 83. Inestabilidad del suelo



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

En general las personas manifiestan que el suelo se volvió inestable a raíz del fuerte deslizamiento que se dio en la zona, hace aproximadamente año y medio porque anteriormente la tierra era firme y cultivable, ahora las condiciones de la zona no permiten la tranquila habitabilidad y el buen desarrollo de cultivos.

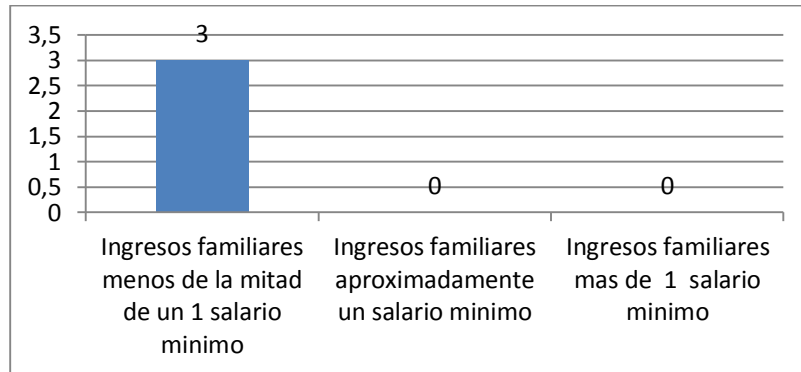
PREGUNTA 26.

Ingresos económicos de la familia:

Análisis:

El nivel económico de las familias es mínimo, pues manifiestan que subsisten con menos de la mitad de un salario mínimo mensual, para cubrir todas sus necesidades básicas, y a causa de la pérdida de las zonas cultivables su situación economía ha sido cada vez más precaria.

Figura 84. Ingresos familiares

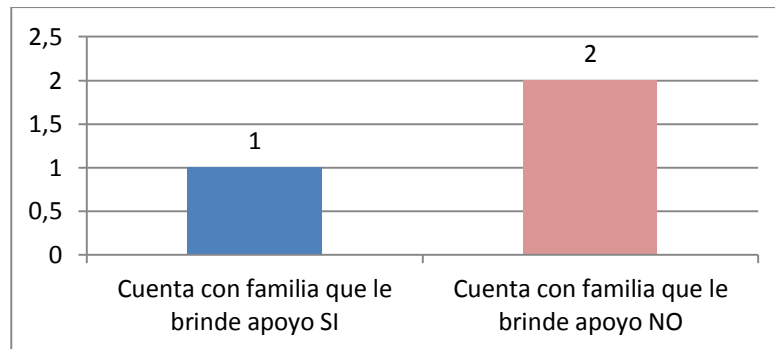


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 27.

¿Cuenta con familia extensa que pueda brindarle apoyo?

Figura 85. Apoyo de familia externa



Fuente: Resultado del estudio

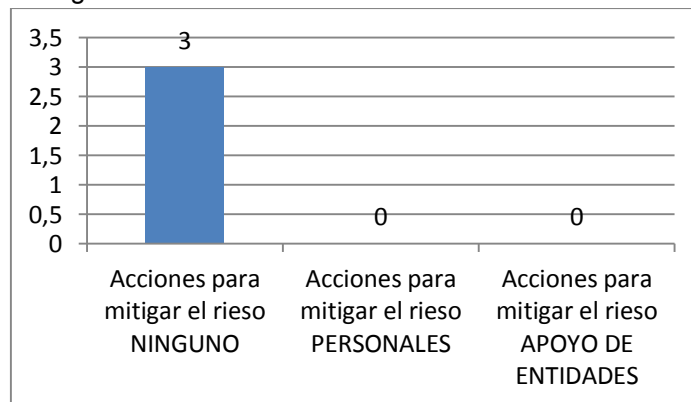
Análisis:

La mayoría de las familias que viven aún en la zona lo hacen, porque no cuentan con redes sociales extensas que puedan brindarle ayuda para salir de la zona de riesgo, y el apoyo por parte de los entes de gobierno es escaso, lo que les genera un sentimiento de desamparo y vulnerabilidad ante el riesgo.

PREGUNTA 28.

¿Qué acciones ha implementado para mitigar el riesgo?

Figura 86. Acciones de mitigación



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

Las personas que habitan la zona no han implementado ningún tipo de acción para mitigar el riesgo, pues consideran que no saben cómo afrontarlo y que son las entidades competentes quienes deberán asumir esta labor, aunque hasta el momento la ayuda a sido muy poca. Solo las personas que contaban con familia extensa abandonaron sus viviendas para evitar poner su vida en riesgo.

Fotografía 49. Situación de las viviendas

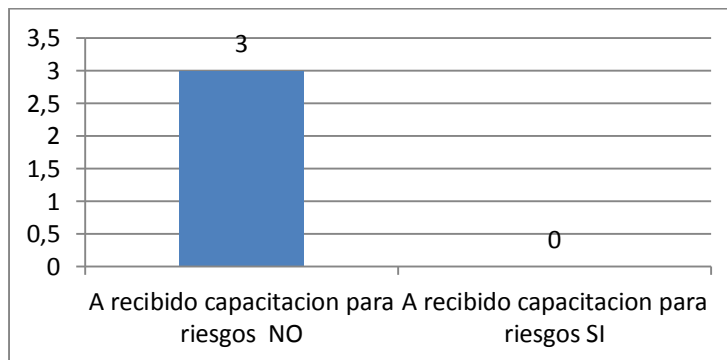


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 29.

¿Está capacitado para afrontar una situación de riesgo inminente?

Figura 87. Capacitación de riesgo inminente



Fuente: Resultado del estudio

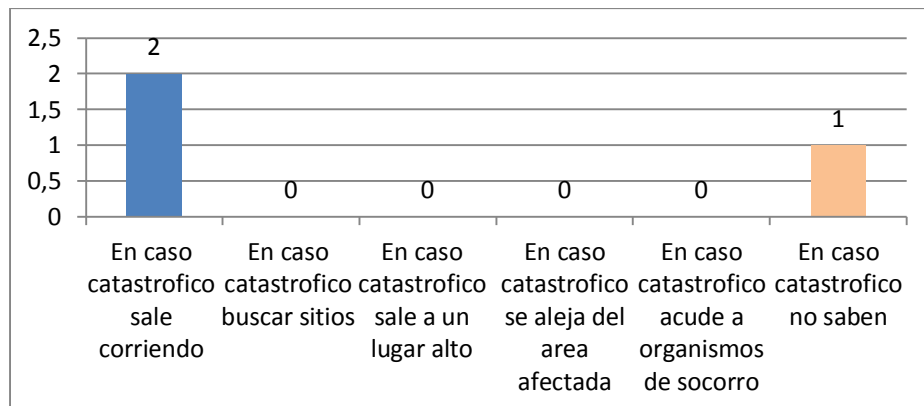
Análisis:

Las personas que habitan la zona son adultos mayores campesinos que nunca han recibido una capacitación frente a cómo reaccionar cuando se presente una situación de riesgo que atente contra sus vidas, como un nuevo deslizamiento cuando llegue la nueva temporada de lluvias.

PREGUNTA 30.

¿Cuál sería su actuación frente a un evento catastrófico?

Figura 88. Actuación frente a un evento catastrófico



Fuente: Resultado del estudio

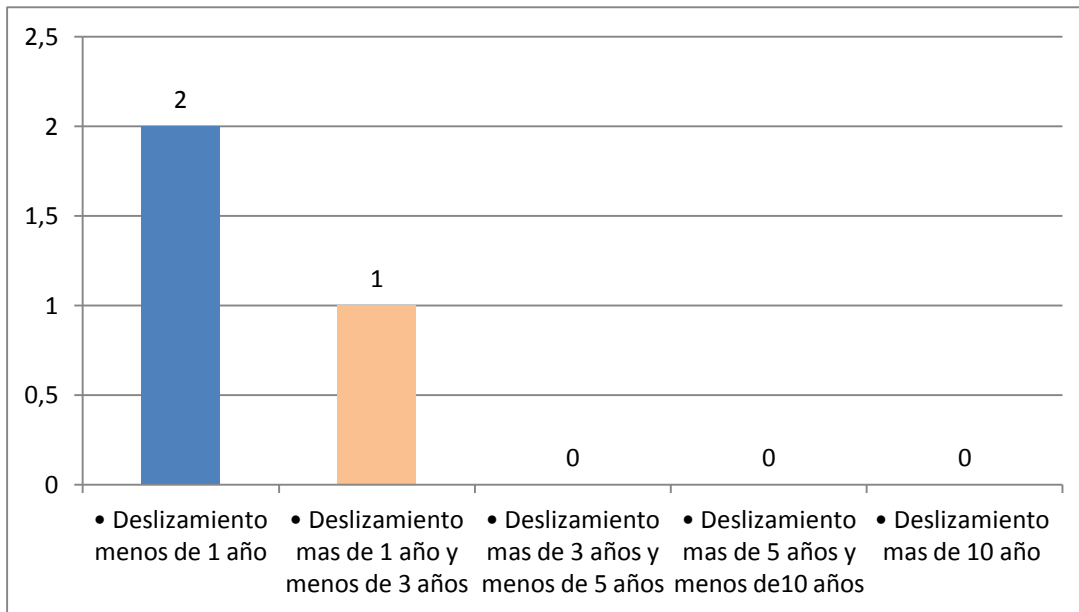
Análisis:

De las familias visitadas dos (2) de ellas piensan que saldrían corriendo, pero no tienen claro que zona sería la más segura, y la última no sabría que hacer ya que son personas adultas a las cuales se les dificulta movilizarse rápidamente, por lo que se requeriría tomar acciones preventivas al respecto de forma inmediata para evitar pérdidas humanas en caso de que se presenten nuevos deslizamientos.

PREGUNTA 31.

¿Cuánto tiempo hace que se presentó el deslizamiento?

Figura 89. Tiempo el deslizamiento



Fuente: Resultado del estudio

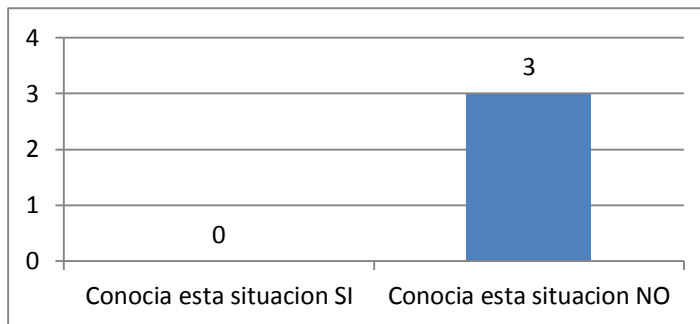
Análisis:

Los habitantes del sector manifiestan que este movimiento en masa se comenzó a dar hace dos años pero que el último año se agudizo más este fenómeno, a raíz de la fuerte ola invernal que se dio en la zona y que termino con trasladar grandes volúmenes de tierra desde la parte alta hasta la vía.

PREGUNTA 32.

¿Conocía esta situación cuando comenzó a vivir aquí?

Figura 90. Situación inicial



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

Los habitantes no conocían de esta situación a pesar de llevar muchos años viviendo en la zona, ya que este movimiento se dio de repente, pues antes según ellos el terreno era estable y no representaba ningún tipo de riesgo el vivir en esta zona.

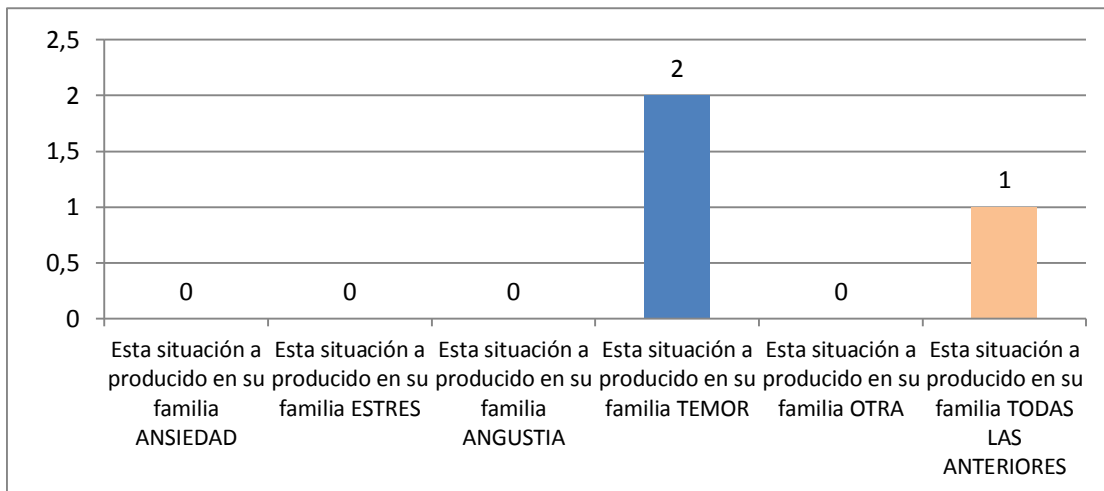
PREGUNTA 33.

Esta situación ha producido en su familia:

Análisis:

La mayoría de los habitantes de la zona sienten temor de que se repita el deslizamiento y acabe con lo poco que tienen, otros sientes angustiados y ansiosos porque de perder su vivienda no sabrían a dónde acudir pues carecen de recursos económicos para pagar un arriendo en otro lugar

Figura 91. Consecuencias en cada familia por esta situación

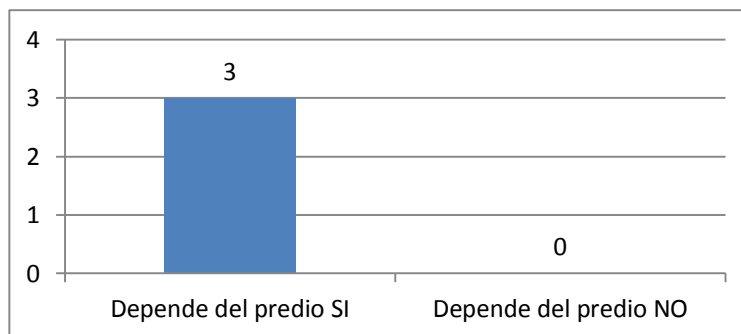


Fuente: Resultado del estudio

PREGUNTA 34.

¿Depende económicamente de este predio?

Figura 92. Dependencia económica del predio



Fuente: Resultado del estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

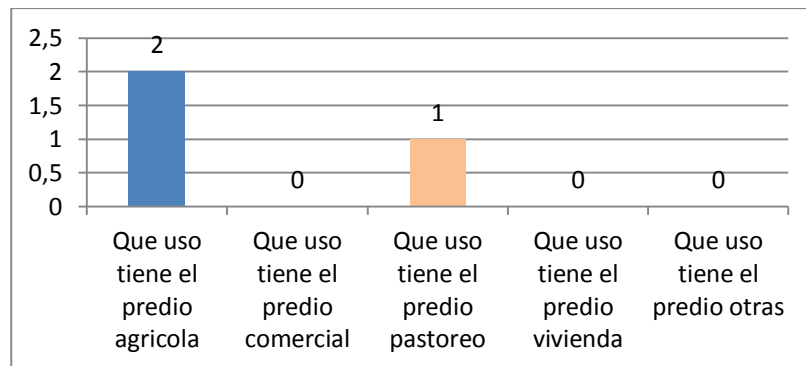
Análisis:

Las familias dependen de lo que producen sus terrenos para comer y subsanar sus necesidades básicas, por lo que el deterioro de los mismos ha traído grandes necesidades a sus núcleos familiares, ya que la tierra ha bajado su nivel de productividad.

PREGUNTA 35.

¿Qué uso tiene o tenía el predio?

Figura 93. Uso del predio



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

La mayoría de los terrenos están dedicados a la producción agrícola en pequeños cultivos, especialmente de tubérculos y otros al pastoreo de animales en pequeña escala.

Fotografía 50. Terreno dedica a la producción agrícola en pequeños cultivos

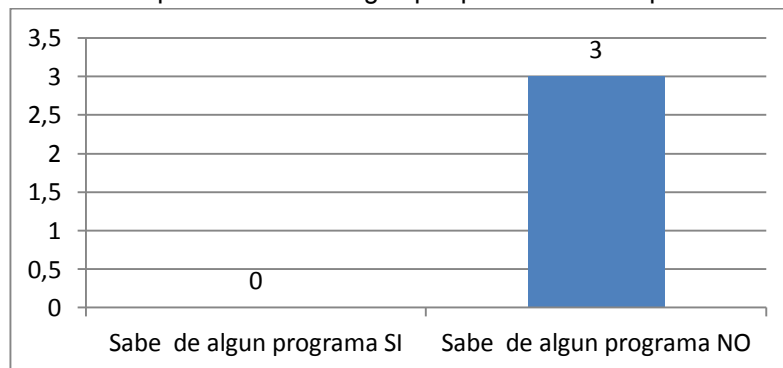


Fuente: Registro Fotográfico

PREGUNTA 36.

¿Sabe si su municipio brinda alguna capacitación en prevención de riesgos?

Figura 94. Conocimiento de capacitación de riesgos por parte del municipio



Fuente: Resultado del estudio.

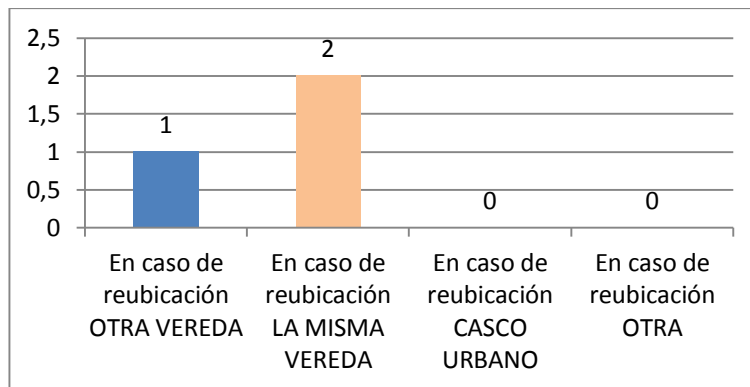
Análisis:

Las personas no son conocedoras de que entidades puedan brindar este tipo de capacitaciones o si en algún momento las brinde el municipio. Pues manifiestan que pocas veces viajan al centro urbano de Ramiriquí y nadie ha venido a la zona a ofrecerles orientación frente a este tema.

PREGUNTA 37.

Si tuviera que reubicarse en otro lugar le gustaría en:

Figura 95. Aceptación de reubicación de las familias



Fuente: Resultado del estudio

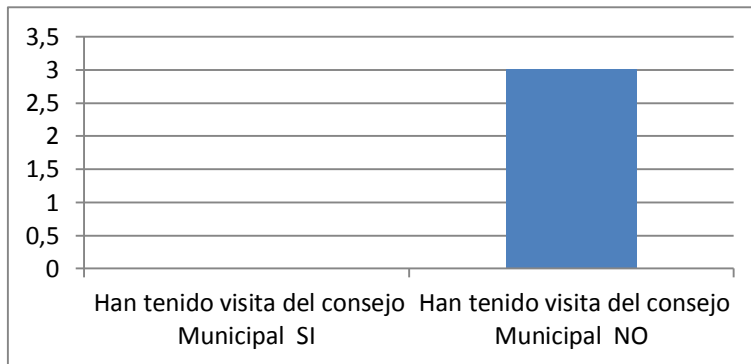
Análisis:

De las tres familias visitadas dos (2) se reubicarían en la misma vereda y la otra buscaría un lugar mejor en otra vereda del municipio. Pues acceder a los cambios no es fácil especialmente para los adultos mayores que son arraigados a sus terrenos.

PREGUNTA 38.

¿Ha tenido visita del consejo municipal de gestión del riesgo?

Figura 96. Conocimiento de visitas por parte del consejo de gestión del riesgo



Fuente: Resultado del estudio

Análisis:

Los pobladores manifiestan que no han recibido visitas de esta entidad y que solo cuando se dio el deslizamiento fuerte tuvieron la visita del alcalde y la oficina de planeación municipal, pero que no recibieron ayudas efectivas para mejorar su situación ni a corto ni mediano plazo, y hasta el momento ignoran que tipo de medidas se tomaran para mitigar el movimiento del terreno.

PREGUNTA 39.

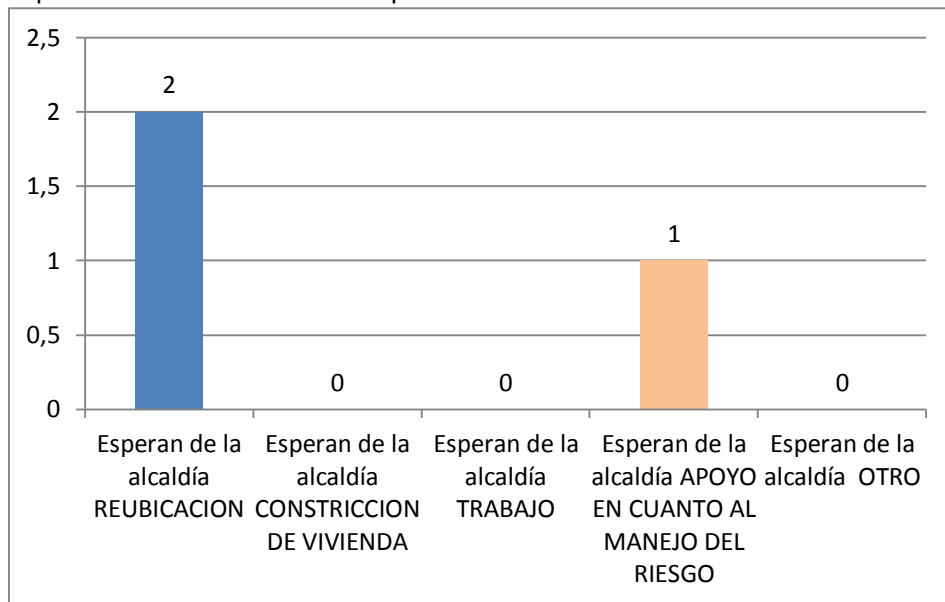
¿Que esperarían de la Alcaldía Municipal?

Análisis:

Dos (2) de las familias visitadas piden que les ayude para reubicarse en lugares más seguros y la tercera que se les apoye, para manejar el riesgo en el que viven en la

actualidad, especialmente para no perder sus terrenos cultivables de los cuales depende su sustento diario.

Figura 97. Expectativa de la alcaldía municipal

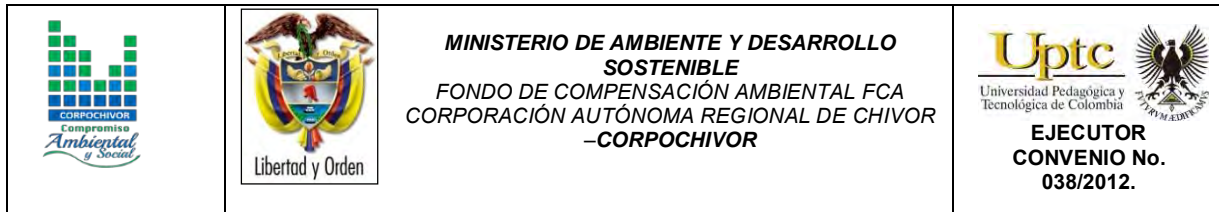


Fuente: Resultado del estudio.

Fotografía 51. Pequeños cultivos e los habitantes del sector



Fuente: Resultado del estudio



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.

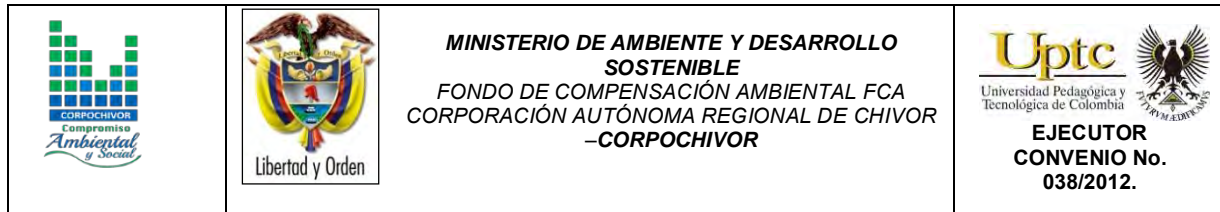
El presupuesto general se encuentra adjunto en el anexo 11 (Presupuesto y especificaciones técnicas de obras) y los planos de ubicación y detalle de las obras propuestas para control y mitigación de los FRM se presentan en el anexo 12 de este documento (Planos Obras Recomendadas).

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.

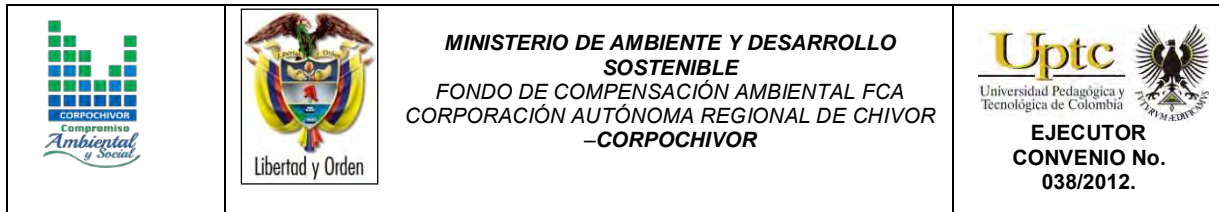
11 CONCLUSIONES.

- Se presentan movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación es de tipo estacional, se asocia a cambios climáticos o de humedad de los terrenos originados en delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de moderada pendiente, tiene 3300 m². En este proceso se observa acumulación de esfuerzos y de aguas de escorrentía lo que lo hace tener alto grado de peligrosidad en épocas lluviosas ya que por saturación de esfuerzos puede colapsar, y convertirse en un flujo.

- Se presentan igualmente movimientos rápidos a extremadamente rápidos, de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurren principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Originado por una serie de sucesos, en su parte alta se observa una zona de acumulación tanto de material caído como de aguas, dicha parte coincide con el eje de una estructura anticlinal la cual es una zona de fractura de formaciones rocosas posteriormente sigue el direccionamiento dado por una fractura producida por esfuerzos compresionales del área (ver figura de interpretación fotogeología y plano geológico); en una parte intermedia toma el direccionamiento de la estratificación del área y finalmente los depositan en abanicos de detritos, sobre un deposito coluvial el cual ha venido presentando dinámica, presentando procesos morfo dinámicos.



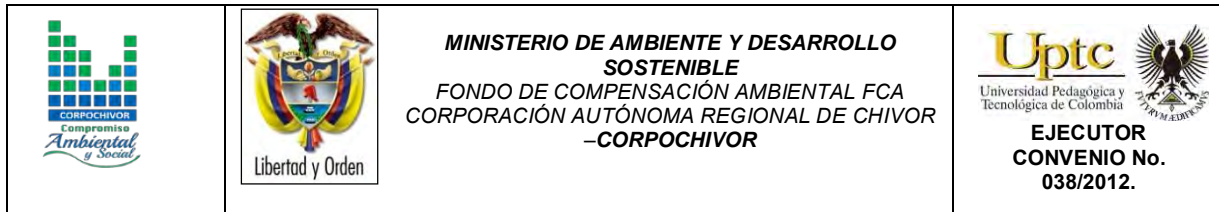
- Con ayuda del software Res2DINX64, se relacionaron datos de las respectivas resistividades de los materiales del área obtenidas por el equipo, resultando así el modelamiento del talud, donde se observan que el área está conformada por cuatro unidades Geoeléctricas bien definidas, donde encontramos niveles de arcillas saturadas con rangos de resistividades que oscilan entre 0 – 20 Ω *m, arcillas semisaturadas o no saturadas con resistividades que van desde 20 - 40 Ω *m, areniscas saturadas con resistividades entre 80 – 200 Ω *m y finalmente areniscas no saturadas que poseen resistividades que oscilan entre 200 - 700 Ω *m.



12 RECOMENDACIONES.

- Debido a la amenaza y vulnerabilidad de las viviendas ubicadas al interior de la zona del deslizamiento y que se encuentren dentro de una franja de 50 m de la misma deberán ser evacuadas y sus habitantes reubicados con el objeto de minimizar el riesgo.
- Ya que actualmente se encuentra en construcción un muro de contención en el talud adyacente a la vía se recomienda mantener un monitoreo constante, de acuerdo a las recomendaciones que se dan más adelante, y generar un esquema de prevención para el personal de obra debido a la amenaza de flujos de tierras desde la parte alta del sector de estudio y cuyo principal detonador son las fuertes lluvias, que pueden afectar la zona en obra.
- Se recomienda la construcción de una canal (ver ubicación en Plano de Obras de Mitigación) por la zona de drenaje natural del terreno, con el objeto de captar el agua de escorrentía y dirigirla al río, evitando así el arrastre de material.
- Se deberán construir trincheras drenantes (Filtro con geodrén) en un sistema de espina de pescado a lo largo de la zona del deslizamiento, como complemento al canal, con el objeto de controlar y mitigar el nivel freático del terreno.

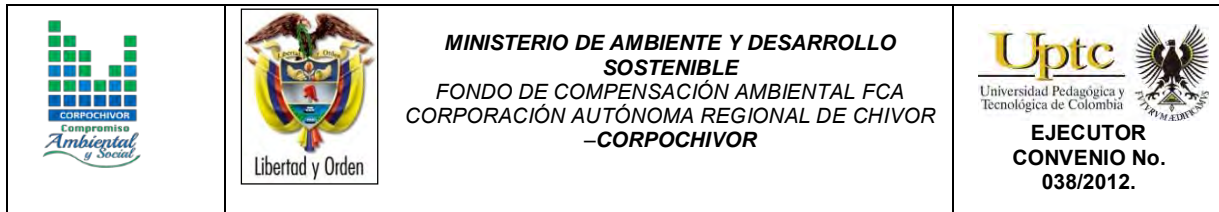
ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



- Toda la zona del deslizamiento deberá ser re-vegetalizada con vegetación adecuada para controlar procesos erosivos, de reptación y mejorar las condiciones de escorrentía. Esto será con vegetalización tipo I (ver detalle en plano de detalles), para las zonas que conforman la cuenca natural del terreno (ver plano de obras de mitigación) para el control de erosión y drenaje hacia el canal propuesto. La vegetalización tipo II consistirá en la plantación de vegetación natural del sector, arbustos y grama, para evitar procesos erosivos y mejorar la escorrentía superficial.

- Se recomienda el amojonamiento de puntos en la zona del deslizamiento para realizar un seguimiento topográfico periódico de los mismos para determinar desplazamientos de las masas de suelo.

- De igual forma se recomienda la instalación de piezómetros, en la zona alta y baja del terreno para monitorear la posición del nivel freático.



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.

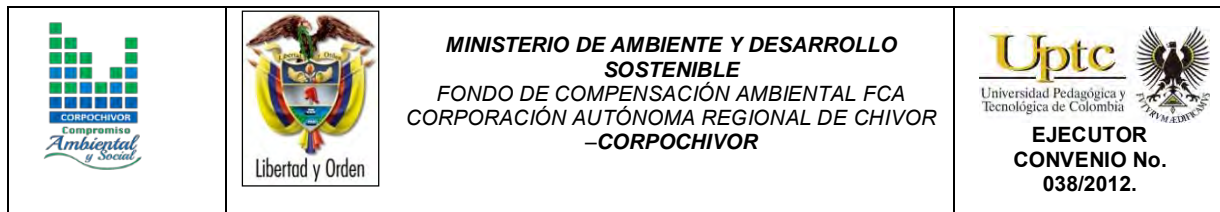
APG II. The Angiosperm Phylogenetic Group. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141 (4): 399–436.

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

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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VIA BOYACA RAMIRIQUI K21+400. VEREDA LAS PEÑAS, MUNICIPIO DE RAMIRIQUI JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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

Adaptado de Leone (1996)

Cardona – Arboleda O. (1989). VULNERABILIDAD Y RIESGO POR DESASTRE – TERMINOS DE USO COMUN EN MANEJO DE RIESGO. Primer taller de planificación en manejo de desastres. ONAD – Colombia – Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Cruden, D. y Varnes D. (1991) Landslides types and processes. Universidad de Alberta.

INGEOMINAS. Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa. - Guía Metodológica. 2001.

Leone, F (1999) Concept de Vulnerabilite Appliquea L'évaluation des risques generes par les phenomenes de mouvements de terrain. Tesis de Doctorado, Universidad de Grenoble.