



INFORME FINAL

**ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD)
Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO
DE NUEVO COLON, 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	<i>INTRODUCCION</i> 10
2	<i>GENERALIDADES</i> 11
2.1	PRESENTACION (JUSTIFICACION Y ALCANCE) 11
2.2	OBJETIVOS DEL PROYECTO..... 12
2.2.1	Objetivo General 12
2.2.2	Objetivos Específicos 12
2.3	LOCALIZACIÓN. 14
2.4	PERSONAL..... 15
2.5	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS 16
2.5.1	Trabajo de campo..... 16
2.5.2	Análisis de Laboratorio 18
2.5.3	Trabajos de Oficina..... 18
2.6	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS..... 19
2.7	RECOPIACION DE INFORMACION SECUNDARIA 20
2.8	ESTADO DE LA INFORMACIÓN 21
3	<i>ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS</i> 23
3.1	ANÁLISIS HIDROLÓGICO 24
3.2	BALANCE HÍDRICO..... 24
3.3	TIPOS DE RECARGA 25
3.4	ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA 27
3.5	ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN 33
3.6	ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP)..... 40
3.6.1	Formula de J. B. García y J.D. López..... 40
3.7	ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO 41
3.7.1	Metodología..... 42
3.8	RESULTADOS OBTENIDOS 46
3.9	CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO A PARTIR DE LAS CURVAS (IDF) 49
3.10	MORFOMETRIA DE LA CUENCA 52
4	<i>GEOLOGIA</i> 57
4.1	GEOLOGÍA HISTÓRICA 58

4.1.1	Periodo Cretáceo.....	58
4.1.2	Terciario.....	59
4.2	MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.....	60
4.3	ESTRATIGRAFÍA.....	60
4.3.1	Formación Conejo (Kscn).....	61
4.3.2	Formación Plaeners (Kg2).....	62
4.3.3	Formación Labor y Tierna (Kg1).....	62
4.3.4	Formación Guaduas (Ktg).....	63
4.3.5	Depósitos Cuaternarios.....	63
4.4	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	64
4.4.1	Tectónica.....	64
5	<i>GEOMORFOLOGÍA LOCAL</i>	65
5.1	ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO.....	65
5.2	PROCESOS MORFODINÁMICOS.....	66
5.2.1	Reptaciones.....	67
5.3	INCLINACIÓN DE LAS PENDIENTES.....	71
5.4	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	72
5.4.1	Geoformas de Origen Denudacional.....	74
5.5	MORFODINÁMICA - INTENSIDAD DE EROSIÓN.....	76
5.6	USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO.....	78
5.6.1	Vegetación.....	80
5.6.2	Cobertura y uso de suelo para el área de influencia del estudio.....	83
5.6.3	Áreas y porcentajes de las coberturas en el área de estudio.....	118
5.6.4	Unidades de cobertura vegetal.....	118
6	<i>HIDROGEOLOGÍA</i>	122
6.1	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	122
6.1.1	Acuífero.....	122
6.1.2	Acuitardo.....	122
6.1.3	Acuicierres.....	123
6.2	MARCO HIDROLÓGICO GENERAL.....	123
6.2.1	Unidad I (Permeabilidad Alta).....	123
6.2.2	Unidad II (Permeabilidad Media).....	123
6.2.3	Unidad III (Permeabilidad Baja).....	124
7	<i>GEOELECTRICA</i>	125
7.1	ESTUDIO GEOELECTRICO (TOMOGRFIA ELECTRICA RESISTIVA).....	125
7.2	OBJETIVO.....	128
7.3	PRINCIPIO DEL METODO GEOFISICO.....	128
7.3.1	Resistividad Aparente:.....	128
7.3.2	Dispositivos:.....	131

7.4	METODOLOGIA.....	132
7.4.1	Tomografía N°1	134
7.4.2	RESULTADOS	138
8	GEOTECNIA	139
8.1	EXPLORACIÓN DE CAMPO.....	139
8.1.1	Sondeos geotécnicos	139
8.1.2	Exploración indirecta del sub suelo	139
8.1.3	Trabajos de Laboratorio.....	143
8.1.4	Trabajos de Laboratorio.....	143
8.1.5	Resumen de resultados.....	147
8.2	CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS	147
8.3	CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO.....	148
8.4	CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA.....	154
8.4.1	Causas Reales	154
8.4.2	Causas Inmediatas	154
8.5	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA.....	155
8.5.1	Modelo perfil A – A´	159
8.5.2	Modelo perfil B – B´	162
9	ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	164
9.1	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE AMENAZAS	164
9.2	RESULTADO DE ANALISIS.....	166
9.3	ANALISIS DE AMENAZA	167
9.3.1	Amenaza Media.....	169
9.3.2	Amenaza Baja.	170
10	EVALUACIÓN Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO	171
10.1	VULNERABILIDAD.....	171
10.2	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	171
10.2.1	Tipificación de las Estructuras	172
10.3	CALIFICACION DE LOS DAÑOS.....	173
10.4	EVALUACION Y GENERACION DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	182
10.4.1	Resultados de encuestas	183
11	OBRAS RECOMENDADAS	185
12	CONCLUSIONES	186
13	RECOMENDACIONES	187
14	BIBLIOGRAFÍA	189

LISTAS DE FOTOGRAFÍAS.

	Pág.
Fotografía 1.	Exploración directa del subsuelo 17
Fotografía 2.	Tejido urbano discontinuo presente en la zona de estudio. 89
Fotografía 3.	Tejido artificializado de nivel 4 red vial. 90
Fotografía 4.	Planta para el tratamiento de aguas para el municipio de Nuevo Colon..... 91
Fotografía 5.	Territorio agrícola presente en la zona de estudio. 91
Fotografía 6.	Pyrus communis presente en la zona de estudio..... 95
Fotografía 7.	Prunus pérsica y Pyrus communis presente en la zona de estudio. 96
Fotografía 8.	Cultivo agroforestal. 97
Fotografía 9.	Papayuela presente en la zona de estudio. 99
Fotografía 10.	Cucúrbita pepo presente en la zona de estudio..... 101
Fotografía 11.	<i>Passiflora</i> presente en zona de estudio. 102
Fotografía 12.	Árboles plantados de la familia Myrtaceae presentes 103
Fotografía 13.	Pastos limpios presentes en la zona de estudio. 104
Fotografía 14.	Pastos arbolados presentes en la zona de estudio..... 105
Fotografía 15.	Mosaico de cultivos presentes en la zona de estudio. 107
Fotografía 16.	Bosque denso bajo de tierra firme 111
Fotografía 17.	Pino presente en la zona de estudio..... 113
Fotografía 18.	Eucaliptos presentes en la zona de estudio 114
Fotografía 19.	Arbustal mesofilo..... 116
Fotografía 20.	Parte media del deslizamiento y equipo TERRAMETER LS 04-064-250. 136
Fotografía 21.	Parte media del deslizamiento. 136
Fotografía 22.	Medición de volumen de la muestra. 145
Fotografía 23.	Muestra fallada en el ensayo de compresión no confinada. 146
Fotografía 24.	Muestras a las que se les realizo la prueba de corte directo. 146
Fotografía 25.	Planta de tratamiento de aguas. 148
Fotografía 26.	Grietas en los tanques. 152
Fotografía 27.	Inclinación de árboles debida a la reptación..... 153
Fotografía 28.	Inclinación de la cerca debido a la reptación. 153
Fotografía 29.	Corte del Perfil A-A´ 160
Fotografía 30.	Infraestructura planta de tratamiento..... 167
Fotografía 31.	Parte interna de la planta (tanques decantadores). 168
Fotografía 32.	Zona de amenaza media 169
Fotografía 33.	Zona afectada 170

LISTAS DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1. Tabla general para la determinación de número de curva (CN).	29
Tabla 2. Escorrentía Estación Nuevo Colon, suelo tipo OL y ML.	32
Tabla 3. Estaciones pluviométricas utilizadas en la estimación de la precipitación.....	34
Tabla 4. Precipitación media multianual mensual por estación.....	35
Tabla 5. Rangos de temperatura Nuevo Colon.....	41
Tabla 6. Valores de Evapotranspiración.....	41
Tabla 7. Calculo de Infiltración basado en las Estaciones.	44
Tabla 8. Estimación del Balance Hídrico del año 1971 al año 1982.....	46
Tabla 9. Estimación del balance hídrico del año 1983 al año 1996	47
Tabla 10. Estimación del balance hídrico del año 1997 al año 2011	47
Tabla 11. Serie de datos X	49
Tabla 12. Cálculos de ajuste Smimov Kolmogorov	50
Tabla 13. Valores de parámetros morfométricos para la microcuenca.....	56
Tabla 14. Clasificación de las pendientes.....	72
Tabla 15. Descripción geomorfológica.....	76
Tabla 16. Porcentaje de coberturas sector puente Camacho.	118
Tabla 17. Unidades de cobertura vegetal presentes en la zona de estudio.....	120
Tabla 18. Resistividades de algunos suelos y rocas.	131
Tabla 19. Tabla resumen de los materiales encontrados en la zona.	137
Tabla 20. Coordenadas de los apiques realizados.	140
Tabla 21. Resumen, ensayos de laboratorio.	149
Tabla 22. Coeficientes de aceleración sísmica para el departamento Boyacá.....	158
Tabla 23. Coeficientes de reducción de coeficientes de aceleración sísmica	158
Tabla 24. Factores de seguridad para el modelo perfil A-A´	161
Tabla 25. Factores de seguridad para el modelo perfil B-B´	163
Tabla 26. Parámetros físicos y naturales estimados.....	165
Tabla 27. Categorización de amenazas por frm.....	166
Tabla 28. Categorización de amenaza por frm según nsr-10.....	167
Tabla 29. Criterios de resistencia de la estructura	173
Tabla 30. Categorías de los daños	174
Tabla 31. Índice de Exposición.....	176
Tabla 32. Factores de Ponderación	180
Tabla 33. Matriz para la determinación intensidad de daño.....	180
Tabla 34. Determinación índice de daño.....	181
Tabla 35. Matriz para escenarios de riesgo.....	182
Tabla 36. Número de integrantes por familia	184
Tabla 37. Obras de mitigación y control sector planta de tratamiento.	¡Error! Marcador no definido.

LISTAS DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1. Localización	14
Figura 2. Organigrama.....	15
Figura 3. Gráfico de precipitación media multianual mensual.....	36
Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual.....	37
Figura 5. Isoyetas mes de enero y febrero.....	38
Figura 6. Isoyetas mes de marzo y abril.....	39
Figura 7. Comportamiento de las Curvas del Balance Hídrico	48
Figura 8. Figura ilustrativa de la microcuenca.....	55
Figura 9. Mapa Geológico.....	57
Figura 10. Fotografías pertenecientes al vuelo	66
Figura 11. Esquema del movimiento, reptación 1	68
Figura 12. Esquema del movimiento, perfil reptación 1	69
Figura 13. Esquema del movimiento, reptación 2	69
Figura 14. Esquema del movimiento, perfil reptación 2	70
Figura 15. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes.....	71
Figura 16. Imagen del Mapa geomorfológico.....	73
Figura 17. Imagen del Mapa erosión.	78
Figura 18. Cobertura vegetal y uso de suelo.	80
Figura 19. Posiciones aproximadas de las Líneas gula de las regiones latitudinales.	81
Figura 20. Criterios para la clasificación de los bosques	109
Figura 21. Mapa Hidrogeológico.....	124
Figura 22. Principio teórico de operación de las TER's.	126
Figura 23. Rangos de resistividad para diferentes materiales.....	127
Figura 24. Dispositivo Wenner.....	132
Figura 25. Localización línea de tomografía	135
Figura 26. Perfil 1 tomografía.	137
Figura 27. Perfil litológico 1.....	138
Figura 28. Exploración Geotécnica	141
Figura 29. Sondeo Geotécnico N° 3	142
Figura 30. Límites de Atterbeg	144
Figura 31. Modelo en tres dimensiones de la zona de estudio	150
Figura 32. Parte superior del deslizamiento.....	151
Figura 33. Vista en planta del perfil A- A'.....	159
Figura 34. Modelo de análisis.....	160
Figura 35. Modelo de análisis Fellenious.	161

Figura 36. Vista en planta del perfil B- B´	162
Figura 37. Tipificación de las viviendas	177
Figura 38. Modelo Geológico - Geotécnico Perfil 1.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 39. Distribución de los FS para el escenario actual en la condición extrema del Perfil 1.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 40. Análisis de falla planar para el escenario actual en la condición extrema del Perfil 1	¡Error! Marcador no definido.

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 ZONIFICACIÓN GEOMECÁNICA

MAPA 8 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA

MAPA 9 VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL

MAPA 10 ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR FRM

ANEXO 2 - ANÁLISIS FOTO INTERPRETACIÓN

ANEXO 3 - RESULTADOS DE LABORATORIO

ANEXO 4 - CARTERAS TOPOGRÁFICAS

ANEXO 5 - HIDROLOGÍA

ANEXO 6 - CURVAS IDF

ANEXO 7 - FICHAS DE INVENTARIO DE PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS

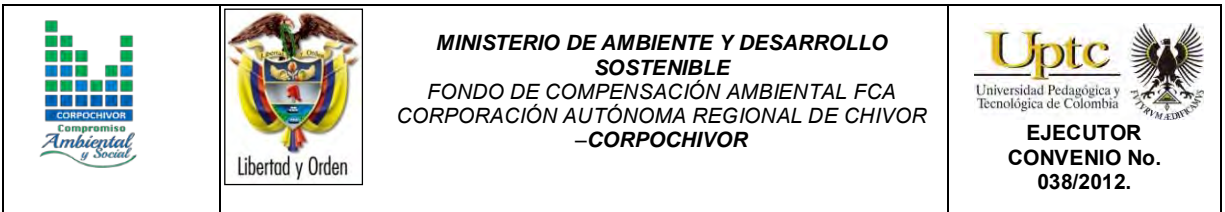
ANEXO 8 - ENCUESTAS SOCIOECONÓMICAS

ANEXO 9 - FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE

VULNERABILIDAD FÍSICA

ANEXO 10 – DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN, PROTECCIÓN Y

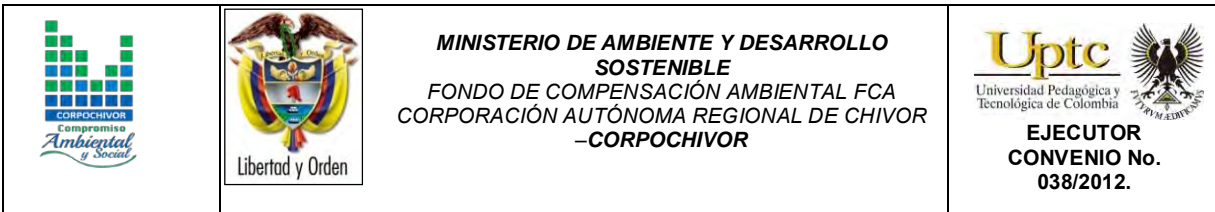
RECUPERACIÓN



1 INTRODUCCION.

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

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



2 GENERALIDADES

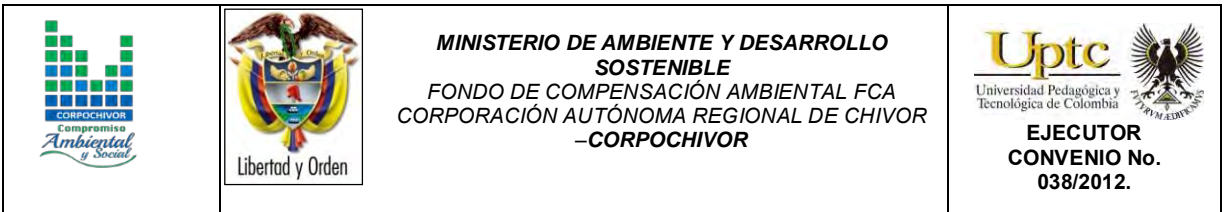
2.1 PRESENTACION (JUSTIFICACION Y ALCANCE)

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

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

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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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

2.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.2.1 Objetivo General

Realizar el estudio de riesgo (amenaza y vulnerabilidad) y diseño de obras en la planta de tratamiento de aguas residuales, vereda el tejar, municipio de nuevo colon, área afectada por fenómenos de remoción de masa. Municipio de la jurisdicción de la corporación autónoma regional de chivor (corpochivor).

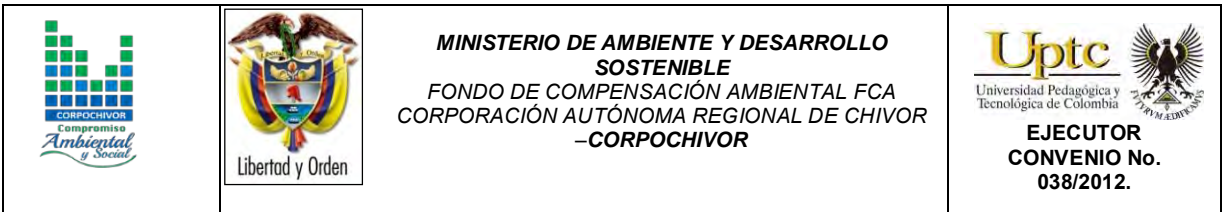
2.2.2 Objetivos Específicos

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

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

Evaluar aspectos climáticos (precipitación) de los años 1971 hasta 2011, utilizando los datos de las estaciones meteorológicas del departamento y limítrofes, y compararlos con las series anteriores disponibles.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLON, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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

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

Evaluar sondeos eléctricos verticales a fin de determinar la superficie de falla actual.

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

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

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

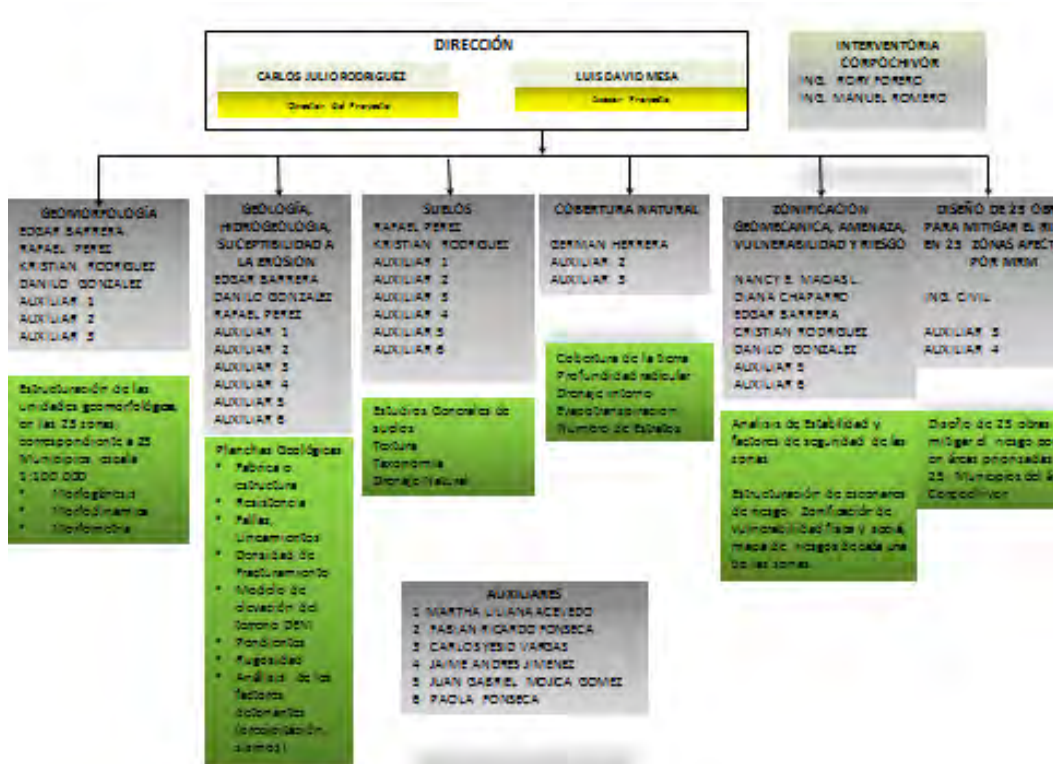
Recomendar medidas de reducción de riesgos de desastres a nivel puntual.

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

2.4 PERSONAL

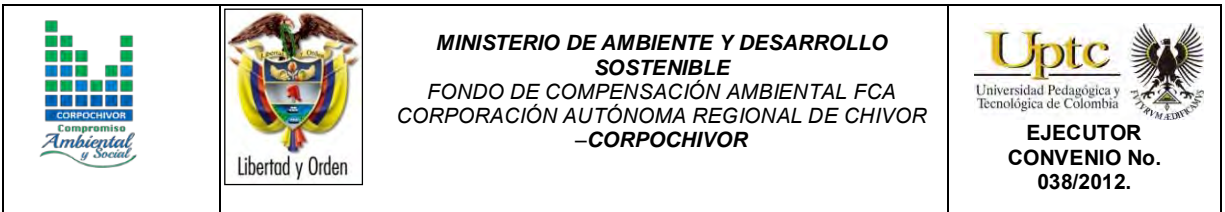
Para el desarrollo de éste proyecto, la UPTC contó con la dirección del Ingeniero Geólogo Carlos Julio Rodríguez, y los profesionales M.s.c. en Geotecnia, Rafael H. Pérez E y así como por los Ingenieros Geólogos, Luis D. Mesa, Edgar Barrera, Danilo H. Gonzalez, Nancy E. Macías Leguizamón, Kristian Rodríguez,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

Figura 2. Organigrama



Fuente: Resultado del estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLON, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



2.5 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.

2.5.1 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 se definió la zona mediante topografía. De acuerdo con lo observado en relación con la dinámica del movimiento, y los posibles mecanismos de falla, se establecieron los sitios adecuados para realizar la exploración directa del subsuelo, al igual que la exploración geoelectrica (SEV).

El trabajo de campo consistió en:

Apiques: En total, se realizaron 3 apiques geotécnicos, en los que se tomaron muestras para análisis, con una profundidad aproximada de 0 a 2 m (Fotografía1).

Fotografía 1. Exploración directa del subsuelo

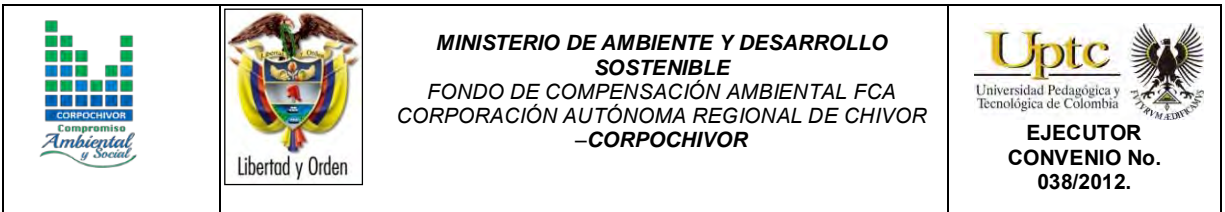


Fuente: Registro fotográfico

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: 250.

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 1:2000). 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.

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).

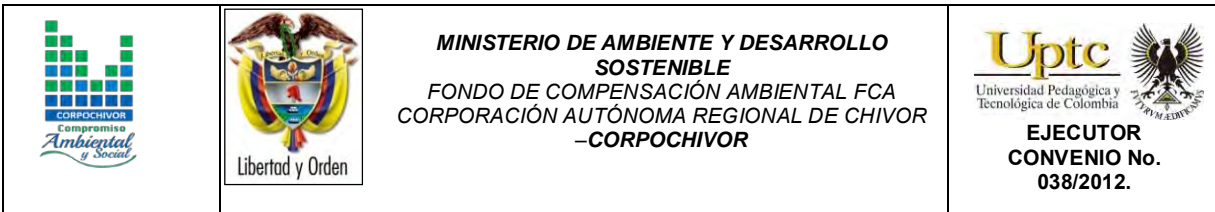
2.5.2 Análisis de Laboratorio

En los laboratorios de Petrografía y Mecánica de Suelos y Rocas de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron los ensayos necesarios para clasificación de suelos a las muestras recogidas en los apiques. 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 y Angulo de reposo. En total se hicieron 105 análisis.

2.5.3 Trabajos de Oficina

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

Recopilación y revisión de información.



Procesamiento y análisis de resultados.

Concepción del modelo de secuencia cronológica de los distintos eventos ocurridos.

Definición del mapa de Amenazas por movimientos en masa.

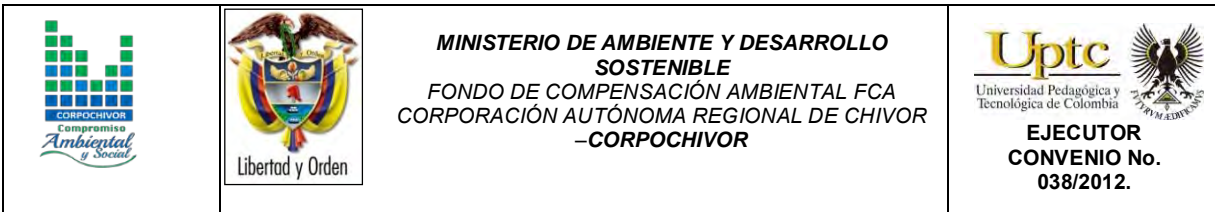
Análisis de estabilidad para las zonas homogéneas definidas.

Planteamiento de obras de control, manejo y recuperación del área afectada.

Las planchas geológicas del IGAC tomadas en cuenta, fueron la 191, a escala 1:100.000.; las fotografías aéreas de las líneas de vuelo C-2804, No. 16 y 17. Los datos de pluviometría del IDEAM de los años de 1971 a 2011, de las estaciones de Ramiriquí, Villa Luisa, Puente Adriana, Tibana, Turmequé y Nuevo Colon.

2.6 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 existentes.

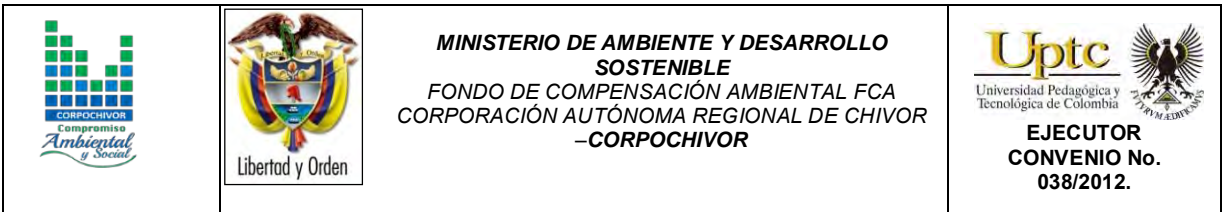
El estudio incluye análisis geológicos y geotécnicos necesarios para realizar el análisis de ingeniería y el diseño detallado de la alternativa seleccionada junto con los cálculos de cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas.

2.7 RECOPIACION DE INFORMACION SECUNDARIA

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

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

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



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

Digitalización de mapas.

Elaboración de la memoria técnica explicativa.

2.8 ESTADO DE LA INFORMACIÓN

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

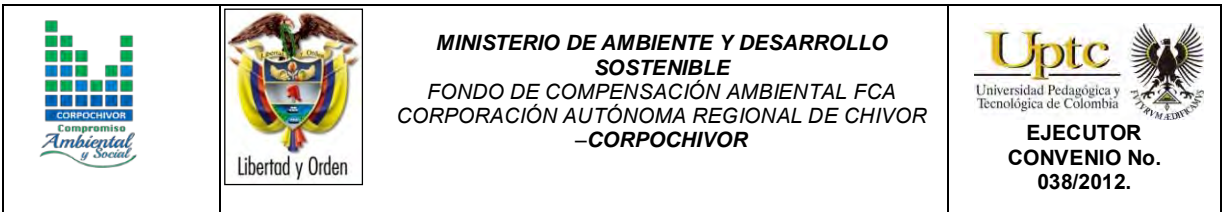
La información recopilada tuvo en cuenta aspectos tales como:

Localización del estudio.

Geología, Geomorfología.

Hidrología y Climatología.

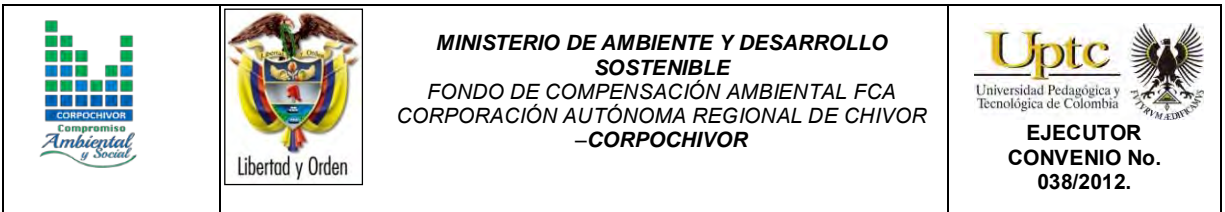
Suelos y uso actual del suelo.



Información Geofísica: sísmica, geoelectrica, sondeos eléctricos verticales, perfiles y registros eléctricos.

Hidrogeológica: Inventario de puntos de agua, niveles de agua, cartografía hidrogeológica, balance hídrico, caracterización hidrológica.

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



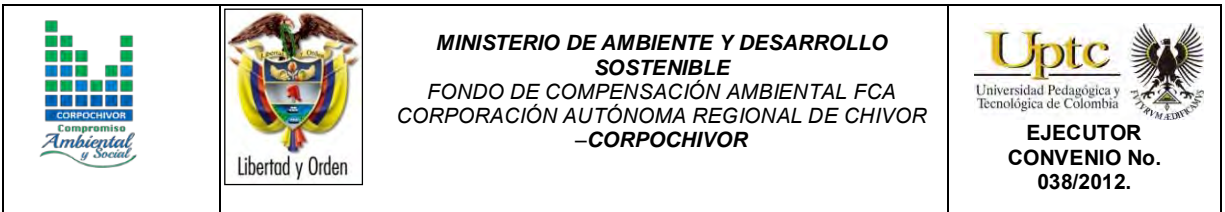
3 ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS

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, las más significativas 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.

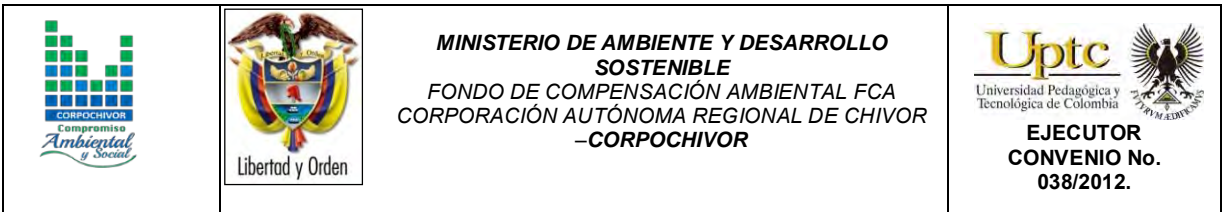
La presencia de vientos alisios que provienen de la región amazónica con características húmedas, penetran en los meses de julio y agosto haciendo que estos meses sean lluviosos.

3.1 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.

3.2 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 Nuevo Colon y sus alrededores, se debe evaluar la magnitud de la recarga potencial proveniente de la precipitación a través de los suelos teniendo en cuenta espacial y temporalmente la magnitud de la escorrentía, la evapotranspiración y la variaciones de contenido de humedad de los suelos de cada una de las cuencas y/o subcuencas involucradas en el área de estudio. Por tal razón se hace necesaria la estimación de la escorrentía superficial, evapotranspiración y valores de precipitación media mensual multianual en cada



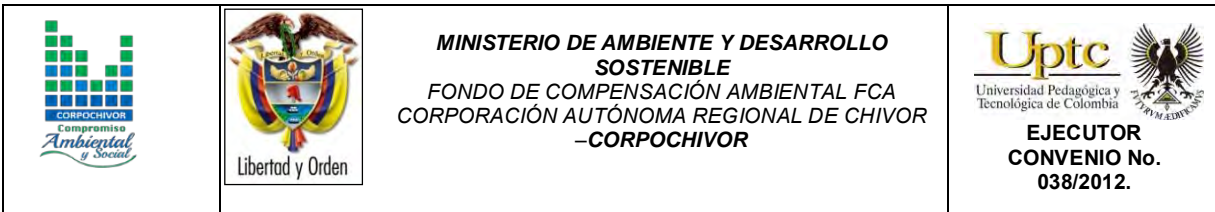
una de las subcuencas, lo que permitirá estimar el Balance Hídrico con el fin de obtener la oferta total de agua subterránea y superficial.

La información obtenida puede ser utilizada para evaluar los recursos hídricos del área de trabajo (calidad, cantidad y distribución en tiempo y espacio), además de la capacidad para el suministro y satisfacción de la demanda; así mismo se pueden proyectar y diseñar proyectos relacionados con el agua, planificar buenas estrategias de gestión del recurso hídrico; de la misma forma es de gran importancia que exista una actualización de las redes de datos en las estaciones en la zona de trabajo que permitan tomar los datos reales del comportamiento de las diferentes variables que se utilizan para la estimación del balance hídrico.

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

3.3 TIPOS DE RECARGA

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



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

Recarga directa o recarga difusa, proveniente del agua lluvia

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

Flujos laterales, procedentes de otros acuíferos

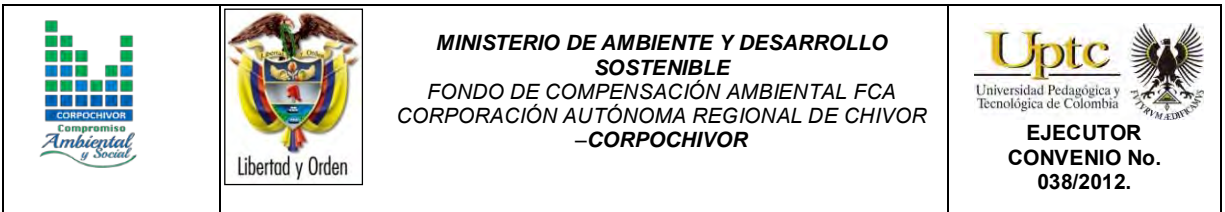
Retorno de riegos, excesos de riegos o las pérdidas en los canales de distribución

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

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

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

- **Medidas directas:** La recarga se mide directamente mediante la construcción de lisímetros. Un lisímetro es un bloque de suelo dotado de dispositivos que permiten medir el flujo que drena hasta el acuífero.
- **Balance hídrico:** Se determinan los flujos de entrada y de salida de un sistema, y la recarga al acuífero constituye el residuo de la ecuación de balance; hacen



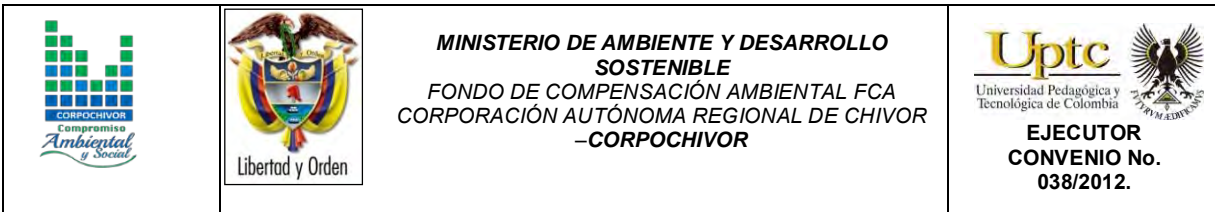
parte de este grupo los balances de humedad del suelo, de agua en canales, el método de fluctuaciones del nivel freático y el que iguala la descarga a la recarga.

- **Trazadores:** Su principal uso es determinar fuentes de recarga y zonas de descarga aunque se utilizan para cuantificar la recarga a través de un balance de masa del trazador.
- **Aproximaciones de Darcy:** Se encuentran valores de cabezas hidráulicas a partir de las ecuaciones de flujo de Richards y Boussinesq y luego se determina la velocidad de filtración. Si se asumen condiciones estables la recarga se determina directamente de la ecuación de Darcy.
- **Empíricos:** Consiste en el desarrollo de ecuaciones empíricas que relacionan la recarga con alguna variable como la precipitación.

3.4 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-escorrentía es una función del tipo de suelo, uso del suelo y de condiciones hidrológicas (Chow et al., 1964; USDA, 1986).

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

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

Dónde:

S= (25400/CN)-254

P= Precipitación

CN= Número de curva (tablas)

Q= Escorrentía

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

La información anteriormente descrita constituye los principales insumos del método de SCS para la estimación del número de curva, que representa un

coeficiente de escurrimiento para una zona, o una cuenca hidrológica (ver Tabla 4) (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
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
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	56	70	77
	-	Buenas	≤30	48	65	73
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con pastos (aprovechamiento silvopastorales)	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	I Muy pobre	56	75	86	91

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
Caminos con firme	-	-	74	84	90	92

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

Dónde:

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

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

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

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

Tabla 2. Escorrentía Estación Nuevo Colon, suelo tipo OL y ML.

P	R(SML)	R(SOL)	SML	SOL	CN ML	CN OL
81,094167	81,0941667	81,0941667	310,444444	130,848485	45	66
77,3	77,3	77,3				
62,316667	62,3166667	62,3166667				
66,435833	66,4358333	66,4358333				
68,885833	68,8858333	68,8858333				
82,019167	82,0191667	82,0191667				
73,396667	73,3966667	73,3966667				
66,305	66,305	66,305				
91,71	91,71	91,71				
87,344167	87,3441667	87,3441667				
85,825	85,825	85,825				
69,28	69,28	69,28				
64,55	64,55	64,55				
69,7025	69,7025	69,7025				
84,7	84,7	84,7				
83,566667	83,5666667	83,5666667				
77,033333	77,0333333	77,0333333				
74,391667	74,3916667	74,3916667				
72,341667	72,3416667	72,3416667				
76,958333	76,9583333	76,9583333				
68,05	68,05	68,05				
68,208333	68,2083333	68,2083333				
72,3	72,3	72,3				
79,525	79,525	79,525				
66,816667	66,8166667	66,8166667				
80,641667	80,6416667	80,6416667				
68,608333	68,6083333	68,6083333				
79,046667	79,0466667	79,0466667				
66,041667	66,0416667	66,0416667				
82,9	82,9	82,9				
66,7	66,7	66,7				

76,325	76,325	76,325
71,375	71,375	71,375
83,716667	83,716667	83,716667
63,8	63,8	63,8
87,694167	87,694167	87,694167
68,783333	68,783333	68,783333
87,008333	87,008333	87,008333
71,5275	71,5275	71,5275
74,941667	74,941667	74,941667
30,141667	30,141667	30,141667

Fuente: Resultado del Estudio

3.5 ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

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

Con el fin de conocer el comportamiento de este parámetro hidroclimatológico se utilizaron los datos de 6 estaciones climatológicas (ver tabla 3), 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 41 años (1971-2011), 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 3. Estaciones pluviométricas utilizadas en la estimación de la precipitación

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
35075010	NUEVO COLON	RIO TURMEQUE	BOYACA	NUEVO COLON
35070030	TURMEQUE	RIO TURMEQUE	BOYACA	TURMEQUE

Fuente: Resultado del estudio

En la Tabla 4 se presentan los valores de precipitación medios mensuales multianuales (mm) para cada una de las estaciones delimitadas dentro del área de estudio.

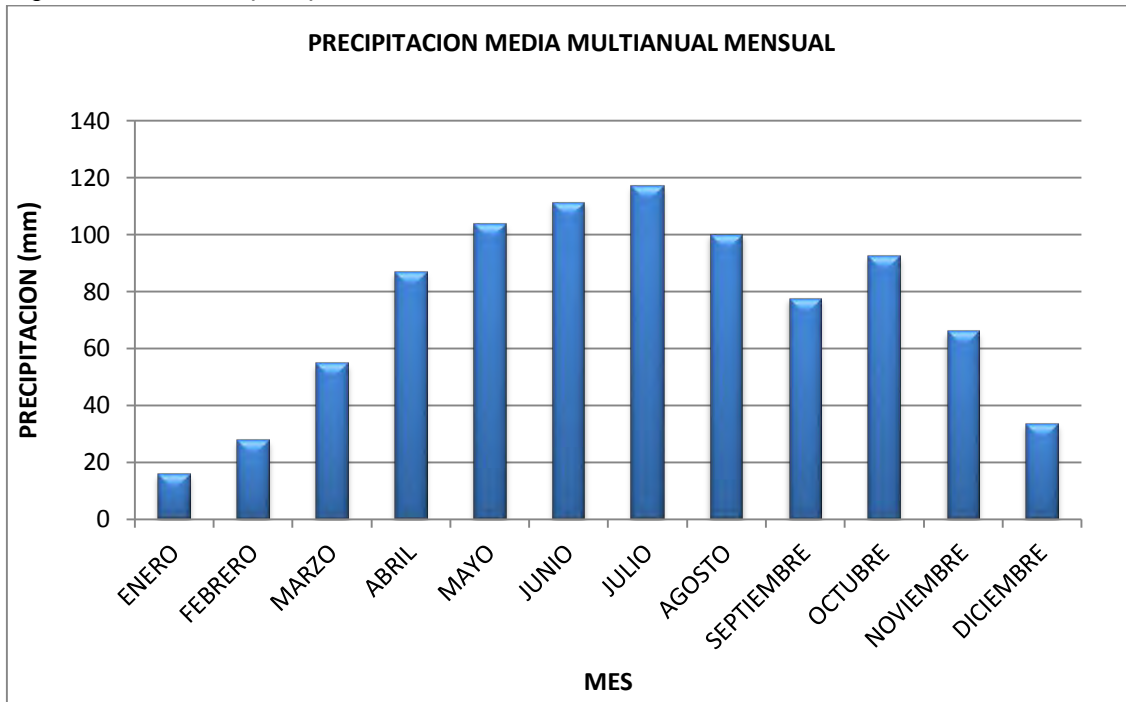
Tabla 4. Precipitación media multianual mensual por estación

NOMBRE ESTACION	ESTE	NORTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	AÑO	ANUAL	PROMEDIO AÑO
Nuevo Colon	1089525	1067932	45,2	16,8	54,1	67	218,3	88,73	117,4	74,2	97,4	107,4	47,4	39,2	973,13	81,09416667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	51,3	58,8	37,3	133,2	113,1	106,6	97,4	90,3	110,3	62,3	57,4	9,6	927,6	77,3	
Nuevo Colon	1089525	1067932	5		29,2	28,5	93,6	96,7	87,8	124,9	107,6	62,9	64,3	47,3	747,8	62,31666667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	9,3	18,3	122,7	68,3	50,8	53,93	93,1	87,7	72,1	128,6	91,2	1,2	797,23	66,43583333	
Nuevo Colon	1089525	1067932	5,8	56,1	43,9	33,03	60,6	123,2	74,7	107,7	62,3	96,6	72,2	90,5	826,63	68,88583333	
Nuevo Colon	1089525	1067932	7,4	19,3	72,1	100,7	133,2	156,5	145	106	87,2	68,43	60,9	27,5	984,23	82,01916667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	0	3,3	32,4	81,5	84,2	134,9	96,1	106,9	150,3	92,08	73,4	25,68	880,76	73,39666667	
Nuevo Colon	1097275	1067932	2,2	16,2	51,63	130,3	61,2	91,3	100,8	115,83	83,9	70,1	44,2	28	795,66	66,305	
Nuevo Colon	1089525	1067932	3,83	14,6	33,23	139,9	82	162,8	118,03	82,9	38,83	169,8	120,6	134	1100,52	91,71	
Nuevo Colon	1089525	1067932	18,9	32	29,7	75,6	97,9	188,6	143,2	120,1	85,63	170,8	47,6	38,1	1048,13	87,34416667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	28,1	29,9	11,4	177,1	186,2	106,2	108,5	85,8	81,8	100,1	89,6	25,2	1029,9	85,825	
Nuevo Colon	1089525	1067932	20,3	21,7	52,4	101,1	113,53	89,83	113,1	118,8	75,9	56,7	49,3	18,7	831,36	69,28	
Nuevo Colon	1089525	1067932	5,1	50,5	33,9	104,6	85,6	58,9	166,3	96,2	49,5	77,7	21,6	24,7	774,6	64,55	
Nuevo Colon	1089525	1067932	21	49,6	44,6	48	72,3	114,03	107,2	145	112,9	47,7	65,8	8,3	836,43	69,7025	
Nuevo Colon	1089525	1067932	13,8	4,4	42,6	85,2	90,7	180,1	101,9	105,9	72	154,3	87	78,5	1016,4	84,7	
Nuevo Colon	1089525	1067932	7,9	97	71,9	106,3	78,2	149,8	134	66,6	76,4	134,3	63,9	16,5	1002,8	83,56666667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	5,6	51,5	24,7	87,8	116,9	125,6	148,2	139,3	39,8	121,3	45,9	17,8	924,4	77,03333333	
Nuevo Colon	1089525	1067932	4,7	30,6	10,8	83,5	88	127,5	135,9	35,4	71,6	132	131	41,7	892,7	74,39166667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	17,1	16	165,8	38	122	87,1	123	66,1	51,9	70,4	75,5	35,2	868,1	72,34166667	
Nuevo Colon	1097275	1067932	9,1	26,8	72,4	115,3	166,6	108,6	97,8	102	68	88	42,4	26,5	923,5	76,95833333	
Nuevo Colon	1089525	1067932	0,2	16,3	63,9	71,7	106,7	90,6	161,6	161,5	47,5	49,1	41,4	6,1	816,6	68,05	
Nuevo Colon	1089525	1067932	13,9	24,3	79	48,9	98	61,7	137,1	136,4	73	28,3	105	12,9	818,5	68,20833333	
Nuevo Colon	1089525	1067932	9,2	21,6	53,9	55,6	131,9	122,4	140,9	90,4	72,2	53	106,7	9,8	867,6	72,3	
Nuevo Colon	1089525	1067932	20,8	18,7	37,1	58,6	128,1	107	167,5	46,5	117,6	148,8	89,9	13,7	954,3	79,525	
Nuevo Colon	1089525	1067932	9,9	8,5	104,4	118,6	60,3	123,5	98,8	56,4	65,2	68,1	40,3	47,8	801,8	66,81666667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	37,9	61,1	47,7	53,8	114,6	120,7	140,7	77,9	71,4	117,5	34,2	90,2	967,7	80,64166667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	55,3	15,1	23,2	48,5	70,7	70,2	186,3	109,6	72,1	119,4	45,8	7,1	823,3	68,60833333	
Nuevo Colon	1089525	1067932	2,9	11,2	47,4	87,2	198,9	181,2	172	98,7	47,6	97	0,03	4,43	948,56	79,04666667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	24,7	59,6	31	74,2	59,6	56,5	85,1	29,5	125,3	95,2	107,1	44,7	792,5	66,04166667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	20,2	55,3	61,4	33,2	129	103,4	132,3	140,1	102,9	86,9	92,2	37,9	994,8	82,9	
Nuevo Colon	1089525	1067932	0,3	18,3	24,7	37,6	96,3	129,6	62,4	163,4	107,7	63,3	58,3	38,5	800,4	66,7	
Nuevo Colon	1097275	1067932	1,7	12,1	82,2	95,1	111,7	167,5	96	147,6	85,9	59,1	38	19	915,9	76,325	
Nuevo Colon	1089525	1067932	0	12	52,7	78,4	86,6	85,1	142,1	76,6	87,2	124,5	49	62,3	856,5	71,375	
Nuevo Colon	1089525	1067932	15,1	21,6	42,9	124,3	160,5	144,2	110,3	131,6	88,8	70,8	60,9	33,6	1004,6	83,71666667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	19	10,6	33,5	84,4	123,3	92,6	90,6	109,9	110,1	79,9	11,7	2005	765,6	63,8	
Nuevo Colon	1089525	1067932	41,3	4,5	83,13	122,9	48,5	210,6	103,6	96	76,5	129,3	118	18	1052,33	87,69416667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	0,6	16,8	36,1	83,5	106,3		71,4	157,2	74,9	158	54,8	65,8	825,4	68,78333333	
Nuevo Colon	1089525	1067932	22,3	14,1	62,1	67,1	110,5	127	128,8	125,3	72	60,5	201,9	52,5	1044,1	87,00833333	
Nuevo Colon	1089525	1067932	53,1	50,7	91,1	90,5	59,1	109,2	96,2	111,23	47,4	110,9	30,6	8,3	858,33	71,5275	
Nuevo Colon	1089525	1067932	1,3	26,1	34,6	137,5	139	108,3	168,5	56	37,3	138,5		52,2	899,3	74,94166667	
Nuevo Colon	1089525	1067932	19,9	44,6	115,6	181,6									361,7	30,14166667	

Fuente: Resultado el estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLON, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

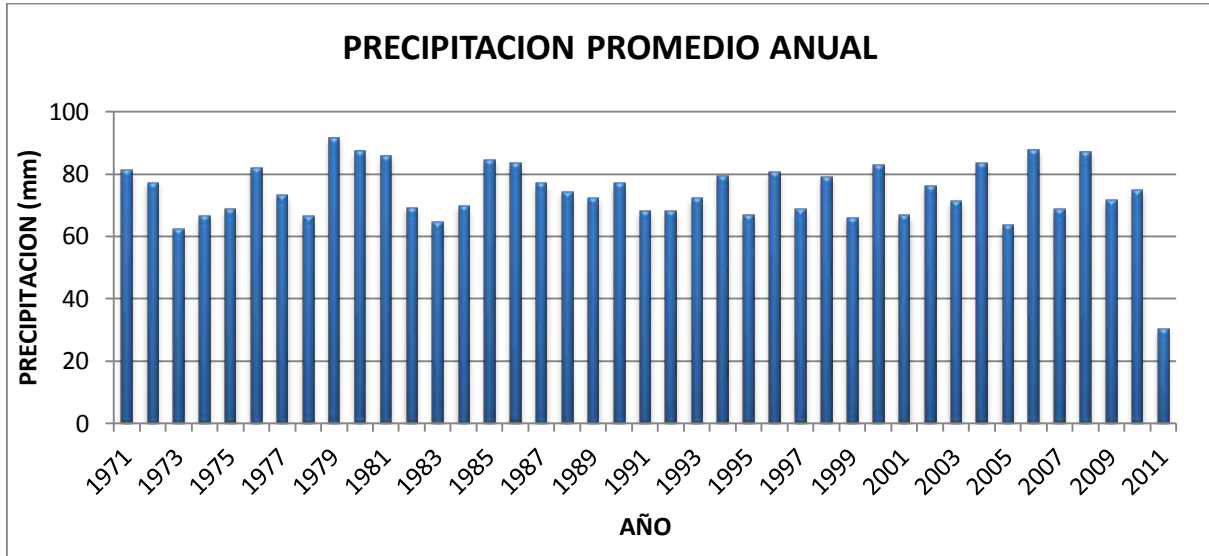
Figura 3. Gráfico de precipitación media multianual mensual.



Fuente: Resultado del estudio

La precipitación media del área de estudio presenta un comportamiento bimodal, que muestra dos periodos de precipitación alta comprendidos en los meses marzo - julio y septiembre - octubre (Figura 3) y dos periodos de sequía comprendidos en los meses noviembre - febrero y agosto – septiembre.

Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual.

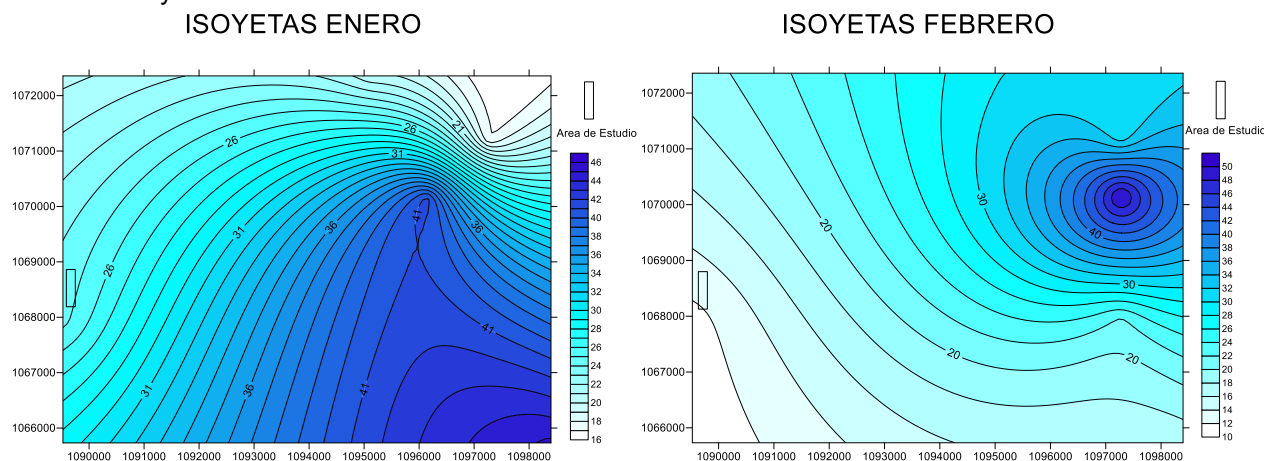


Fuente: Resultado del estudio

El comportamiento de la precipitación promedio anual, para los años 1971-1976-1979-1980-1981-1985-1986-1994-1996-1998-2000-2004-2006-2008 (Figura 4) se encuentran valores que varían entre los 80-100 mm y los años restantes presentan valores que varían entre 60-80 mm.

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

Figura 5. Isoyetas mes de enero y febrero

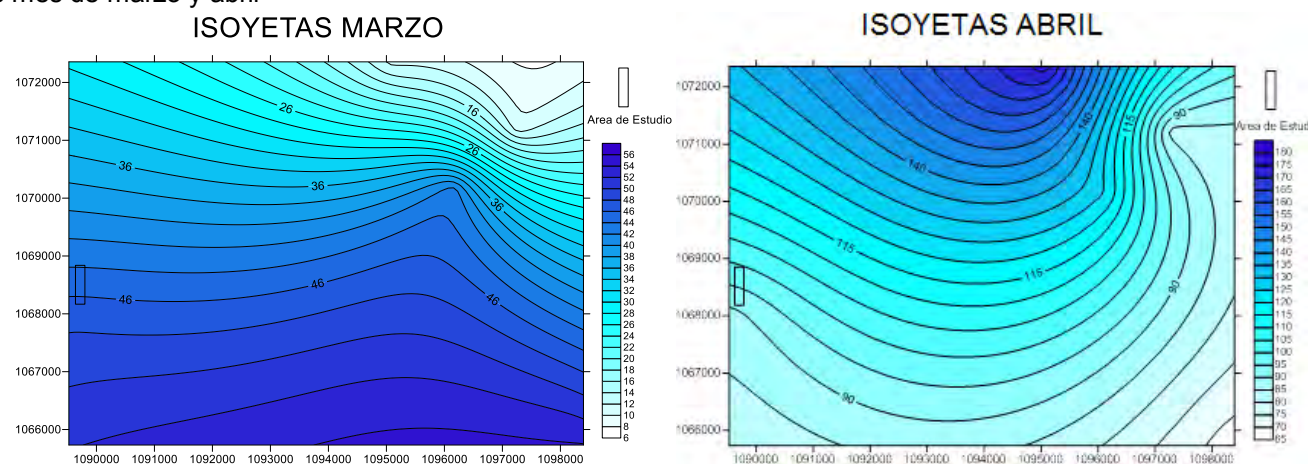


Fuente: Resultado del estudio

El comportamiento de la precipitación para el mes de Enero (Figura 5) hacia la parte sureste se encuentran valores que varían entre los 38 - 46 mm. Hacia la parte noreste se presentan valores que van desde los 16 - 41 mm. Hacia el sector noroeste se presentan valores que van desde los 20 - 31mm. Hacia el sector suroeste se presentan valores que van de los 25 - 39 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Febrero (Figura 5) hacia la parte noreste se encuentran valores que varían entre los 26 – 50 mm. Hacia la parte sureste se presentan valores inferiores a 22 mm. Hacia el sector oeste se presentan valores inferiores a 20 mm.

Figura 6. Isoyetas mes de marzo y abril



Fuente: Resultado del estudio

El comportamiento de la precipitación para el mes de Marzo (Figura 5) hacia la parte noreste se encuentran valores que varían entre los 6 - 44 mm. Hacia la parte sur se presentan valores que van desde los 44 - 56 mm. Hacia el sector oeste se presentan valores que van desde los 24 - 54mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Abril (Figura 56) hacia la parte noreste se encuentran valores que varían entre los 80 – 180 mm. Hacia la parte sureste se presentan valores que van desde los 65 - 115 mm. Hacia el sector noroeste se presentan valores que van desde los 100 – 150 mm. Hacia el sector suroeste se presentan valores que van desde los 80 – 100mm.

3.6 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP)

3.6.1 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 formula se hicieron en un rango mensual con el objeto de observar su variación y evaluar la ETP promedio.

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

Tabla 5. Rangos de temperatura Nuevo Colon

	Temperatura (°C)
Periodo 1	15.2
Periodo 2	14.5
Periodo 3	12.8

Fuente: Resultado del estudio

El valor de la humedad relativa (HR) se toma del POT del municipio de Nuevo Colon que corresponde al valor del 73%. De donde obtenemos:

Tabla 6. Valores de Evapotranspiración

ETP1	ETP2	ETP3
4,3019236	4,00404646	3,30473062

Fuente: Resultado del estudio

3.7 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 y Turmequé, 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.



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



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.

3.7.1 Metodología

La metodología utilizada para el cálculo de la recarga:

- 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 escurrentía para cada categoría y microcuenca, que utiliza el número de curva de escurrentía y la precipitación media mensual como variables.



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



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 fórmula:

$$I = P - ETR - R$$

Dónde:

P = precipitación media por el método de las isoyetas.

ETR = evapotranspiración real.

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



Tabla 7. Calculo de Infiltración basado en las Estaciones de Ramiriqui , Villa Luisa, Puente Adriana, Tibana, Jenesano y Nuevo Colon.

AÑO	I1	I2	I3	I4	I5	I6
1971	75,6958676	75,9937448	76,6930606	60,5536179	60,8514951	61,5508109
1972	72,2875775	72,5854547	73,2847705	58,632073	58,9299501	59,629266
1973	58,0145761	58,3124532	59,011769	50,1905575	50,4884347	51,1877505
1974	62,0738829	62,3717601	63,0710759	52,6586134	52,9564906	53,6558064
1975	64,4382842	64,7361613	65,4354771	54,0710051	54,3688823	55,0681981
1976	76,5149236	76,8128007	77,5121165	61,0102402	61,3081173	62,0074332
1977	68,6973384	68,9952155	69,6945314	56,5697902	56,8676674	57,5669832
1978	61,9465851	62,2444622	62,943778	52,5820513	52,8799285	53,5792443
1979	84,8279556	85,1258327	85,8251485	65,535487	65,8333641	66,53268
1980	81,1422443	81,4401215	82,1394373	63,5533452	63,8512224	64,5505382
1981	79,8371525	80,1350297	80,8343455	62,8423183	63,1401954	63,8395113
1982	64,8152732	65,1131504	65,8124662	54,2945217	54,5923988	55,2917147
1983	60,2287189	60,526596	61,2259119	51,5436019	51,8414791	52,5407949
1984	65,2183233	65,5162004	66,2155163	54,532983	54,8308601	55,5301759
1985	78,8630101	79,1608873	79,8602031	62,3084244	62,6063015	63,3056174
1986	77,8749749	78,172852	78,8721679	61,7641233	62,0620004	62,7613162
1987	72,045042	72,3429192	73,042235	58,4940023	58,7918794	59,4911953
1988	69,6207744	69,9186515	70,6179674	57,1040254	57,4019026	58,1012184
1989	67,711959	68,0098361	68,7091519	55,9967801	56,2946572	56,993973
1990	71,9767573	72,2746344	72,9739503	58,4550969	58,752974	59,4522899
1991	63,6357685	63,9336456	64,6329615	53,5936615	53,8915386	54,5908544
1992	63,7881158	64,0859929	64,7853087	53,6844398	53,982317	54,6816328
1993	67,6729088	67,970786	68,6701018	55,9740091	56,2718862	56,9712021
1994	74,2958547	74,5937318	75,2930477	59,7685171	60,0663943	60,7657101
1995	62,4438235	62,7417006	63,4410165	52,8808076	53,1786847	53,8780006
1996	75,2935167	75,5913939	76,2907097	60,3285829	60,62646	61,3257759
1997	64,1723151	64,4701922	65,1695081	53,9130358	54,2109129	54,9102287

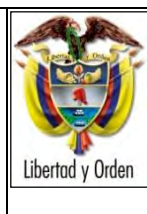


**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE**
FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR
-CORPOCHIVOR



1998	73,866416	74,1642932	74,863609	59,5265256	59,8244027	60,5237186
1999	61,6900465	61,9879237	62,6872395	52,4275961	52,7254732	53,4247891
2000	77,2906195	77,5884967	78,2878125	61,4408737	61,7387509	62,4380667
2001	62,3305888	62,6284659	63,3277818	52,8128443	53,1107214	53,8100372
2002	71,3988725	71,6967497	72,3960655	58,1252765	58,4231537	59,1224695
2003	66,8033747	67,1012519	67,8005677	55,465718	55,7635951	56,4629109
2004	78,0061315	78,3040087	79,0033245	61,8365391	62,1344163	62,8337321
2005	59,4886968	59,7865739	60,4858898	51,0932219	51,391099	52,0904148
2006	81,4412513	81,7391284	82,4384443	63,7155667	64,0134438	64,7127597
2007	64,3400976	64,6379747	65,3372905	54,0127149	54,3105921	55,0099079
2008	80,8547533	81,1526304	81,8519462	63,397133	63,6950101	64,3943259
2009	66,9470766	67,2449537	67,9442695	55,5498847	55,8477618	56,5470777
2010	70,128777	70,4266542	71,12597	57,3967912	57,6946684	58,3939842
2011	22,1749848	22,4728619	23,1721777	25,7227242	26,0206013	26,7199171

Fuente: Resultado del estudio



3.8 RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores obtenidos dentro del balance hídrico se encuentran resumidos en la Figura 7 y expresados esquemáticamente en la Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10.

Tabla 8. Estimación del Balance Hídrico del año 1971 al año 1982

AÑO	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
PRECIPITACION	81,094166	77,3	62,316667	66,435833	68,885833	82,019166	73,396666	66,305	91,71	87,344166	85,825	69,28
PROMEDIO	67			3		7	67			7		
ESCORRENTIA	1,0963754	0,7104988	0,000167	0,0600268	0,1456255	1,2023195	0,3974046	0,0564913	2,5801208	1,8999987	1,6859238	0,1628031
	4	6		2	6		8	3	3	6	6	8
EVAPOTRANSPIRACION	4,301924	4,301924	4,301924	4,301924	4,301924	4,301924	4,301924	4,301924	4,301924	4,301924	4,301924	4,301924
DELTA	75,695867	72,287577	58,014575	62,073882	64,438283	76,514923	68,697337	61,946584	84,827955	81,142243	79,837152	64,815272
	23	14	67	51	8	17	99	67	17	91	14	82
ALMACENAMIENTO	75,695867	72,287577	58,014575	62,073882	64,438283	76,514923	68,697337	61,946584	84,827955	81,142243	79,837152	64,815272
	23	14	67	51	8	17	99	67	17	91	14	82
DEFICIT												
RECARGA	75,695867	72,287577	58,014575	62,073882	64,438283	76,514923	68,697337	61,946584	84,827955	81,142243	79,837152	64,815272
	23	14	67	51	8	17	99	67	17	91	14	82

Fuente: Resultado del estudio



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



Tabla 9. Estimación del balance hídrico del año 1983 al año 1996

1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
64,55	69,7025	84,7	83,566666	77,033333	74,391666	72,341666	76,958333	68,05	68,208333	72,3	79,525	66,816666	80,641666
			7	3	67	67	3		33			67	67
0,0193575	0,1822531	1,5350662	1,3897681	0,6863676	0,4689686	0,3277841	0,6796524	0,1123079	0,1182939	0,3251675	0,9272217	0,0709195	1,0462263
	2	6	7	9	9	1	4	1	7	8	1	8	5
4,301924	4,301924	4,004046	4,004046	4,004046	4,004046	4,004046	4,004046	4,004046	4,004046	4,004046	4,004046	4,004046	4,004046
60,228718	65,218322	79,160887	78,172852	72,342919	69,918651	68,009836	72,274634	63,933646	64,085993	67,970786	74,593732	62,741701	75,591394
5	88	74	5	64	98	56	89	09	36	42	29	09	32
60,228718	65,218322	79,160887	78,172852	72,342919	69,918651	68,009836	72,274634	63,933646	64,085993	67,970786	74,593732	62,741701	75,591394
5	88	74	5	64	98	56	89	09	36	42	29	09	32
60,228718	65,218322	79,160887	78,172852	72,342919	69,918651	68,009836	72,274634	63,933646	64,085993	67,970786	74,593732	62,741701	75,591394
5	88	74	5	64	98	56	89	09	36	42	29	09	32

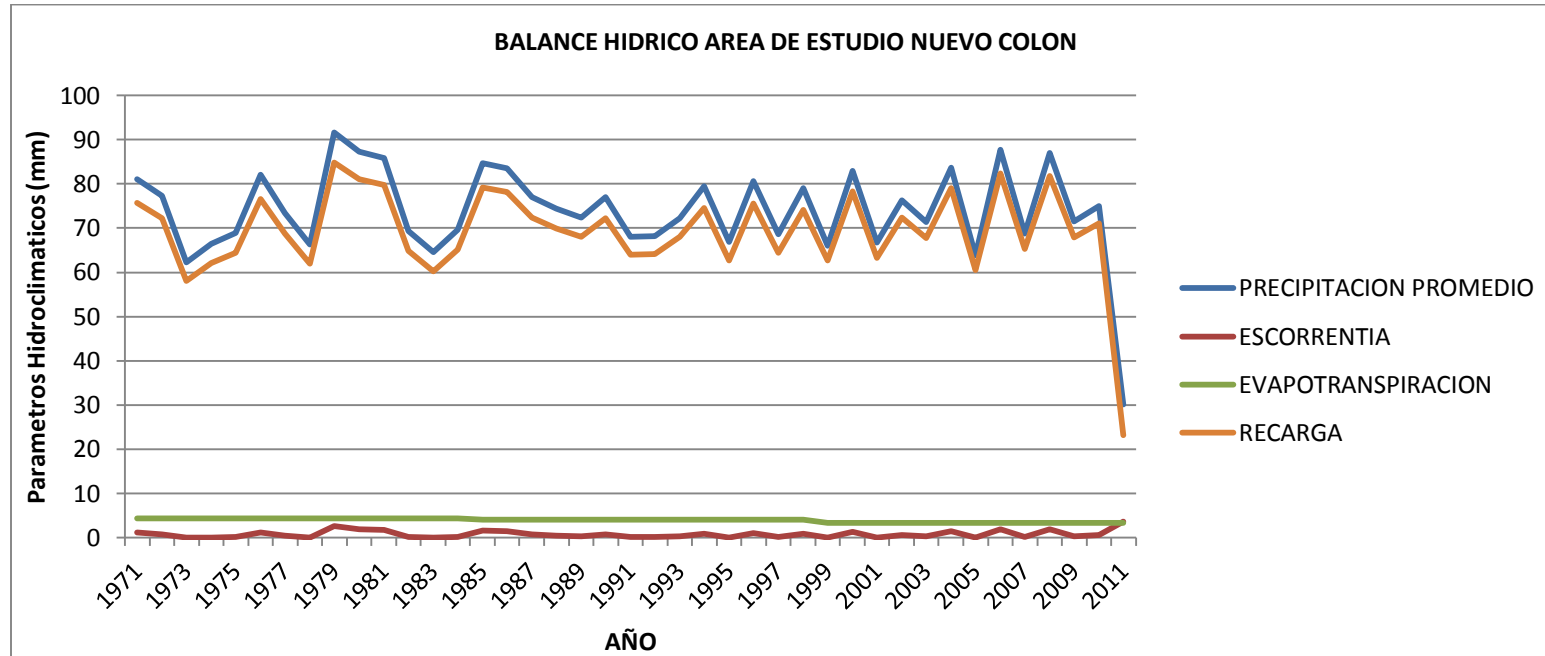
Fuente: Resultado del estudio

Tabla 10. Estimación del balance hídrico del año 1997 al año 2011

1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
68,6083333	79,0466667	66,0416667	82,9	66,7	76,325	71,375	83,7166666	63,8	87,6941667	68,7833333	87,00833333	71,5275	74,94166667	30,1416667
3							7			3				
0,13409463	0,87832705	0,04969653	1,30745685	0,06748761	0,62420387	0,26970165	1,40861156	0,00937962	1,95099179	0,14131218	1,85165646	0,27849984	0,51096603	3,6647583
4,004046	4,004046	3,304731	3,304731	3,304731	3,304731	3,304731	3,304731	3,304731	3,304731	3,304731	3,304731	3,304731	3,304731	3,304731
64,4701927	74,16429362	62,68723914	78,2878121	63,3277813	72,3960651	67,8005673	79,0033241	60,4858893	82,43844388	65,3372901	81,85194587	67,94426916	71,12596964	23,1721773
			5	9	3	5	1	8		5				7
64,4701927	74,16429362	62,68723914	78,2878121	63,3277813	72,3960651	67,8005673	79,0033241	60,4858893	82,43844388	65,3372901	81,85194587	67,94426916	71,12596964	23,1721773
			5	9	3	5	1	8		5				7
64,4701927	74,16429362	62,68723914	78,2878121	63,3277813	72,3960651	67,8005673	79,0033241	60,4858893	82,43844388	65,3372901	81,85194587	67,94426916	71,12596964	23,1721773
			5	9	3	5	1	8		5				7

Fuente: Resultado del estudio.

Figura 7. Comportamiento de las Curvas del Balance Hídrico



Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLON, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

3.9 CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO A PARTIR DE LAS CURVAS (IDF)

Resultados:

Ajuste de una serie de datos a la distribución normal

Serie de datos X:

Tabla 11. Serie de datos X

N°	X
1	163,0
2	167,0
3	142,0
4	160,0
5	123,0
6	210,0
7	158,0
8	201,0
9	111,0
10	168,0
11	181,0
12	210,0

Fuente: Resultado del estudio

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

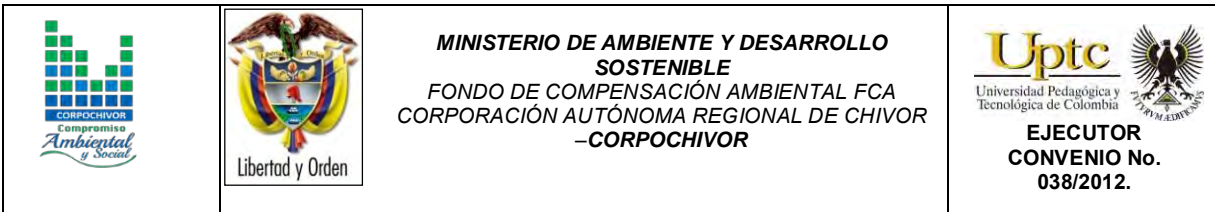
Tabla 12. Cálculos de ajuste Smimov Kolmogorov

M	X Ordinario	P(X)	F(Z)	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	111,0	0,0769	0,0397	0,0453	0,0372
2	123,0	0,1538	0,0850	0,0927	0,0688
3	142,0	0,2308	0,2212	0,2293	0,0096
4	158,0	0,3077	0,3976	0,4011	0,0899
5	160,0	0,3846	0,4223	0,4250	0,0377
6	163,0	0,4615	0,4599	0,4613	0,0016
7	167,0	0,5385	0,5106	0,5102	0,0279
8	168,0	0,6154	0,5232	0,5224	0,0921
9	181,0	0,6923	0,6814	0,6754	0,0109
10	201,0	0,7692	0,8659	0,8573	0,0967
11	210,0	0,8462	0,9182	0,9106	0,0721
12	210,0	0,9231	0,9182	0,9106	0,0048

Fuente: Resultado del estudio

▪ Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0,0967, es menor que el delta tabular 0,3926. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%



▪ **Parámetros de la distribución normal:**

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_m)= 166,1667

Parámetro de escala (S)= 31,458

Con momentos lineales:

Media lineal (X_l)= 166,1667

Desviación estándar lineal (S_l)= 32,6024

▪ **Caudal de diseño:**

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 2 años, es 166,17

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 194,44

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 208,94

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 221,25

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 234,37

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 75 años, es 239,73

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 243,35

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 261,52

3.10 MORFOMETRIA DE LA CUENCA

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

Área de la Cuenca (A)

Perímetro de la cuenca (P)

Coefficiente de compacidad (C).

Coefficiente de redondez (K).

Densidad de drenaje (Dd)

Pendiente media de la corriente (IC)

Área de la Cuenca (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.

▪ **Coefficiente de compacidad (C).**

Esta variable compara el perímetro de la cuenca con la longitud o perímetro asociado.

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

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

▪ **Coefficiente 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)**

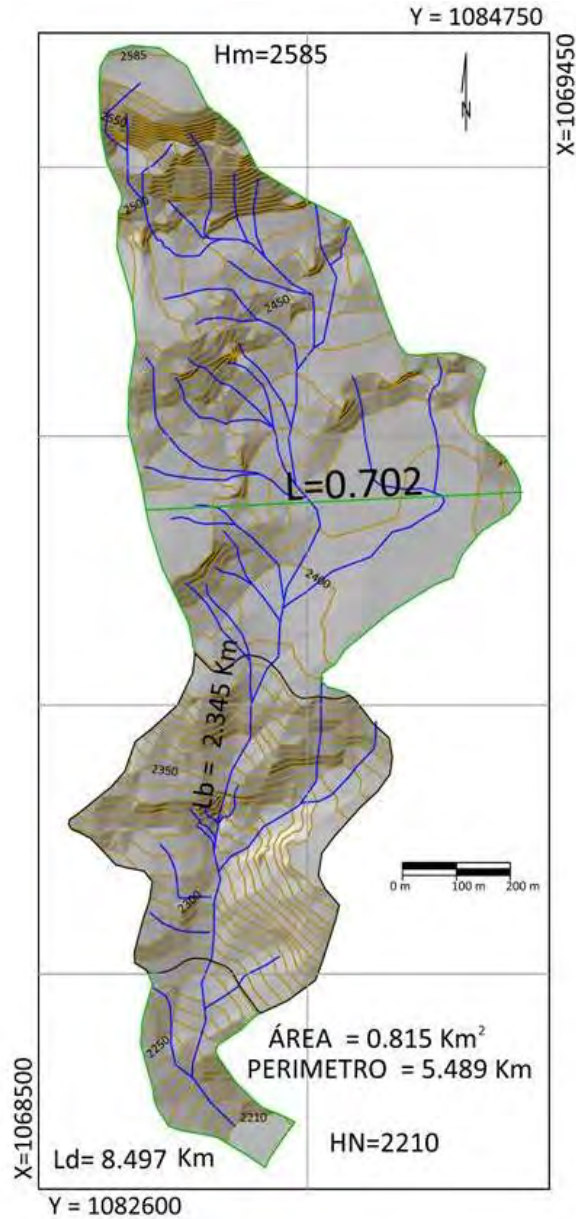
Es el tiempo que gasta una gota de agua en recorrer el sitio más lejano de la cuenca a la desembocadura del cauce principal.

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

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

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

Figura 8. Figura ilustrativa de la microcuenca



Fuente: resultado del estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Tabla 13. 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 (I)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)
C	0.82	5.49	2.35	0.70	8.50	2585
Cota Mínima de la Cuenca(Hn)	Diferencia de Altura Km (Hc)	Razón de Relieve (Rr)	Número de Corrientes(Nc)	Frecuencia de Corrientes (Cauces/Km2)	Pendiente media de Corriente Ic % (Ic)	Índice de Alargamiento (Ia)
2210	4	0.16	2	2.45	15.99	3.34
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (C). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		COEFICIENTE DE REDONDEZ (K). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN en horas (TC)
1.69	rectángulo – oblonga	1.69	Semiredonda	10.43	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
0.35	crítico	0.43	ALARGADA	0.50	Iregular	4

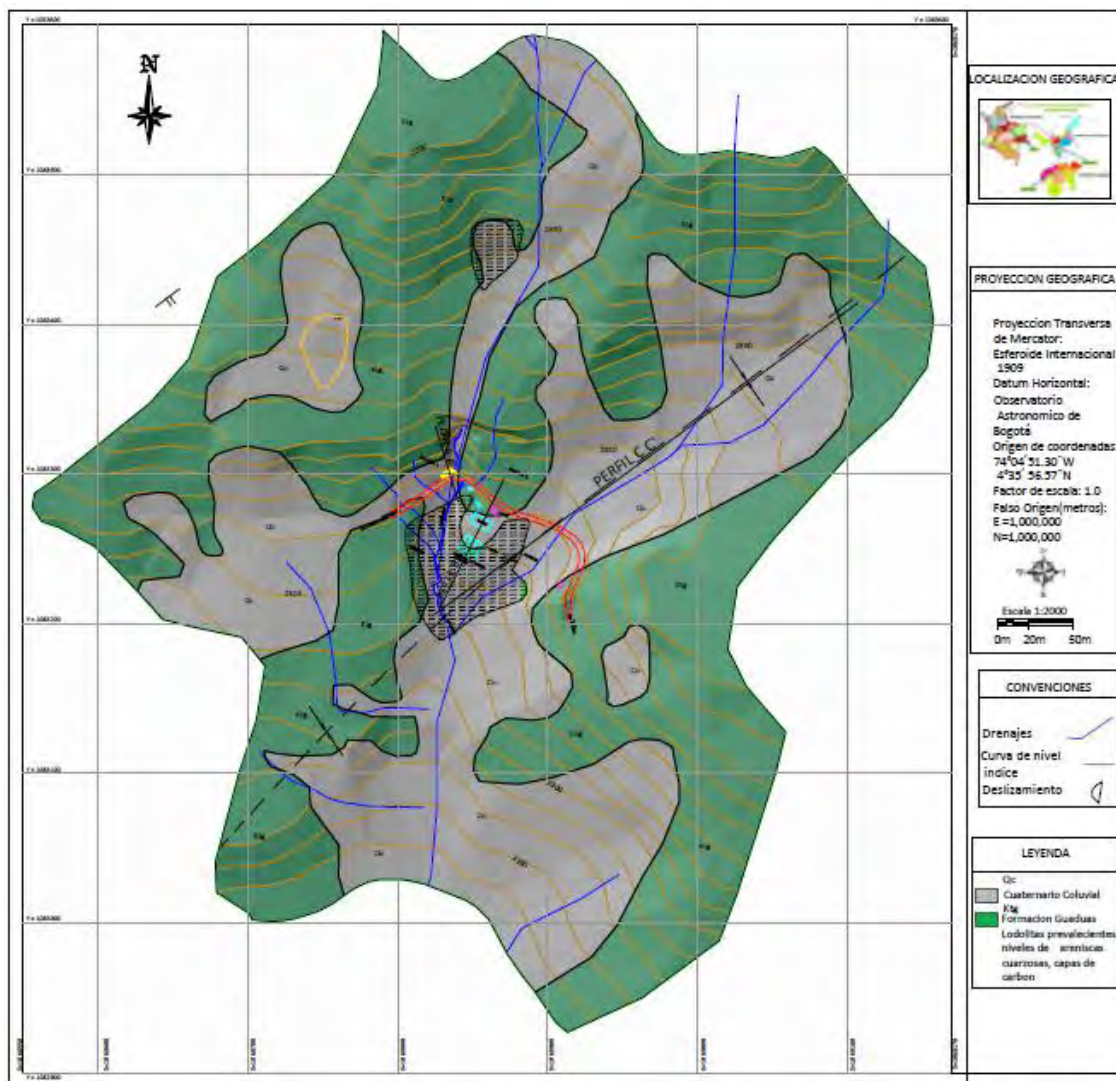
Fuente: resultado del estudio

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

4 GEOLOGIA

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.

Figura 9. Mapa Geológico



Fuente: Resultado del estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).




4.1 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.

4.1.1 Periodo Cretáceo

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

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

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

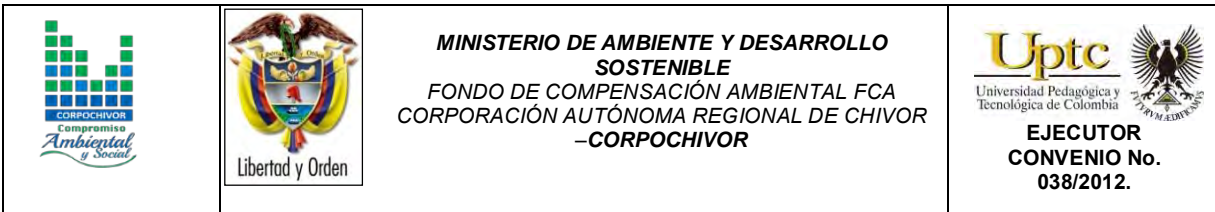
Sobre las arcillas que se depositaron y dieron origen a la Formación Conejo, se depositaron sedimentos marinos correspondientes a la Formación Plaeners, constituidos por areniscas intercaladas con niveles de shales amarillos y carbonosos y chert, ocurrido a principios del Maestrichtiano.

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 un 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.

4.1.2 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.



4.1.3 Cuaternario

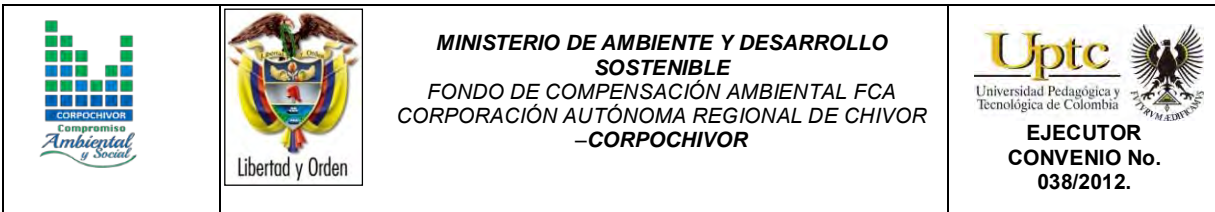
Posterior al levantamiento y fallamiento viene la erosión de los estratos superiores, transporte y depositación dando origen a los depósitos recientes cuaternarios de tipo aluvial.

4.2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

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

4.3 ESTRATIGRAFÍA

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






4.3.1 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 Churuvita, 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. 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.

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

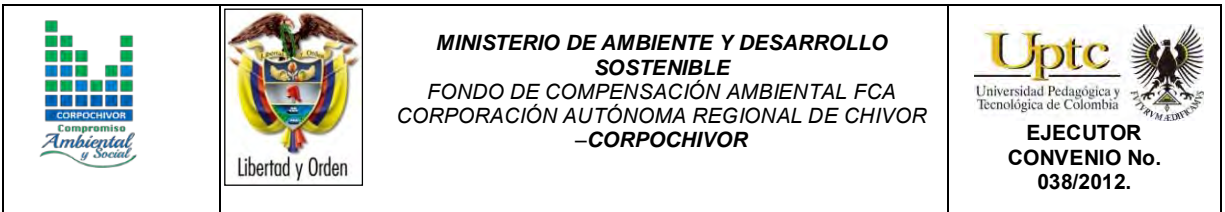
		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR -CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

4.3.2 Formación Plaeners (Kg2).

Secuencia estratigráfica definida por Hubach (1931) 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).

4.3.3 Formación Labor y Tierna (Kg1).

Secuencia estratigráfica definida por Hubach (1951) Y redefinida por el mismo en 1957; Litológicamente se compone de un conjunto arenáceo arcillolítico. 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.

4.3.4 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 Cretaceo 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.

4.3.5 Depósitos Cuaternarios.

En el municipio se encuentran dos tipos de depósitos cuaternarios: Coluviales y Aluviales.

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

4.3.5.1 Cuaternarios Aluviales (Qal).

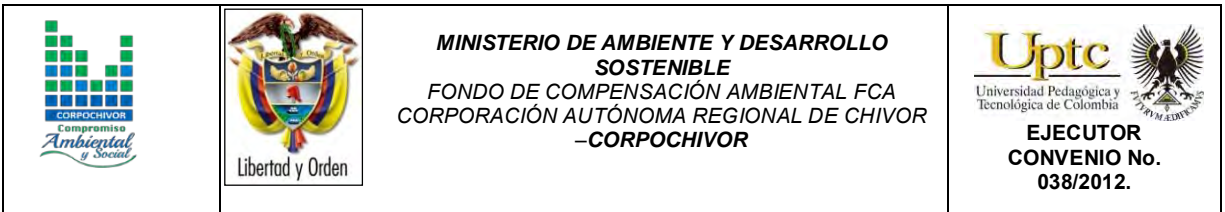
Estos depósitos son pequeños conglomerados situados en la parte superior de los montes, que reflejan los primeros indicios de erosión de la red hidrológica y terrazas a diferentes niveles que forman planicies relativamente extensas, cuando las corrientes alcanzan un nivel más bajo de erosión.

Han sido formados por acción fluvial, el espesor es muy pequeños, los cantos, generalmente de tipo sedimentario (cuarzo y chert), son en su mayoría angulosos a subredondeados producto del poco transporte y por ende del poco desgaste que han tenido; embebidos en una matriz areno – arcillosa color marrón tal como se evidenció en el corregimiento de San Antonio en las márgenes del río Fusavita.

4.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4.4.1 Tectónica

Los pliegues y fallas 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.



5 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

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

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

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

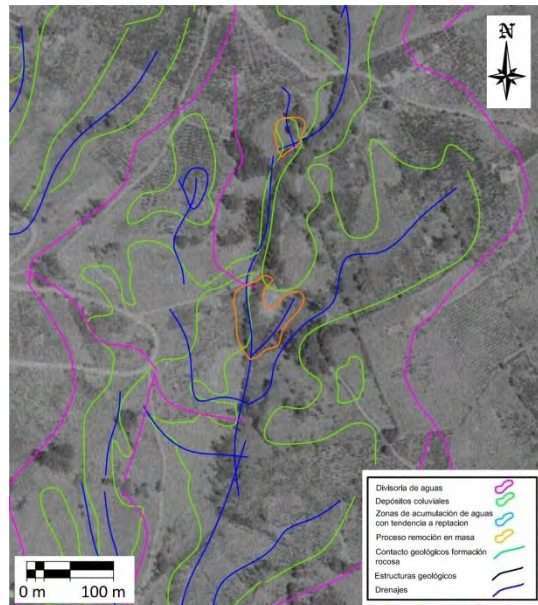
5.1 ANÁLISIS FOTOGEOLOGICO

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

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

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

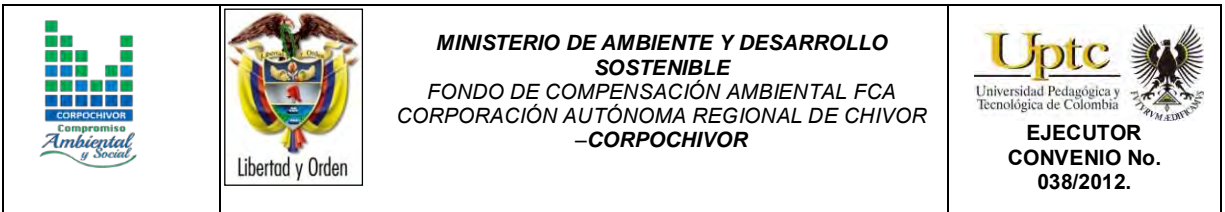
Figura 10. Fotografías pertenecientes al vuelo 2804- 16,17 tomadas por el IGAC, durante los años 90.



Fuente: Resultado del estudio.

5.2 PROCESOS MORFODINÁMICOS

En el Plano de Geomorfología se localizaron los diferentes procesos morfodinámicos observados en la zona. A continuación, se describe en forma



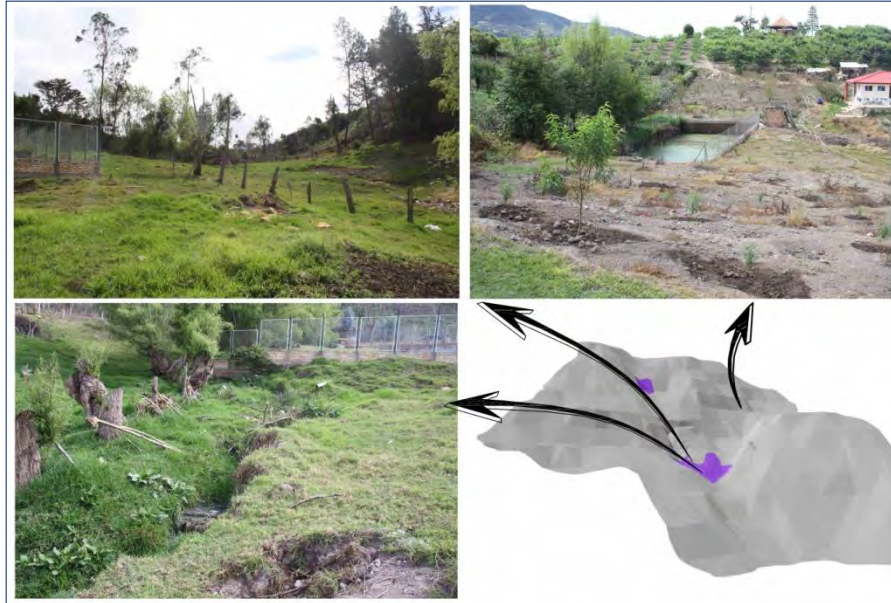
general las características de estos de acuerdo a la clasificación de Varnes. Las Fichas de Inventario de procesos se presentan en el anexo de estas.

5.2.1 Reptaciones

5.2.1.1 Reptación 1

Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación es de tipo estacional asociada a cambios climáticos, o de humedad del terreno, el proceso es activo remontante, presenta un área aproximada de 4879,70 m² con una profundidad promedio de 4 m, sus causas posibles por material plástico débil detonado por lluvias, por su uso dado matorrales, cultivos, agrícola, ganadería, los daños presentes en el área de las viviendas, áreas agrícolas y para pastoreo, erosión y deforestación.

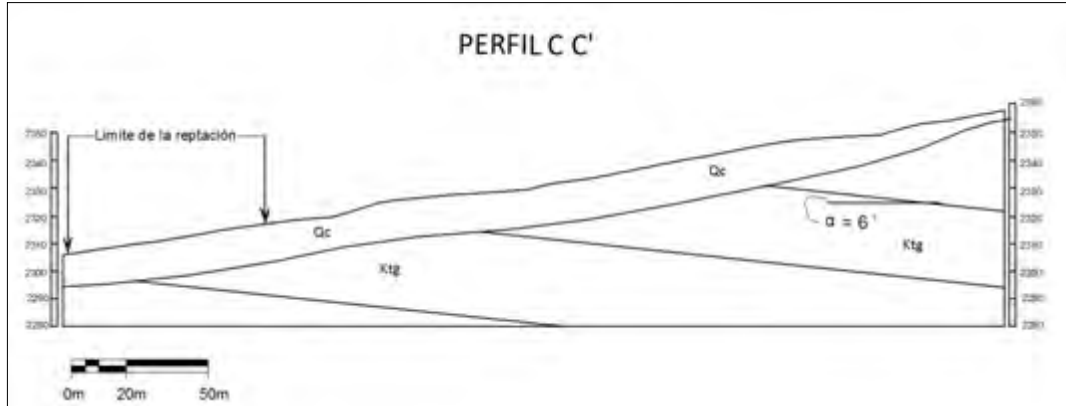
Figura 11. Esquema del movimiento, reptación 1



Fuente: Resultado del estudio.

En el perfil (Ver Figura 12) se ilustra el cuerpo del proceso y la geoforma en la cual se encuentra, siendo favorable a su movimiento.

Figura 12. Esquema del movimiento, perfil reptación 1



Fuente: Resultado del estudio.

5.2.1.2 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 1173,9 m² con distribución creciente.

Figura 13. Esquema del movimiento, reptación 2

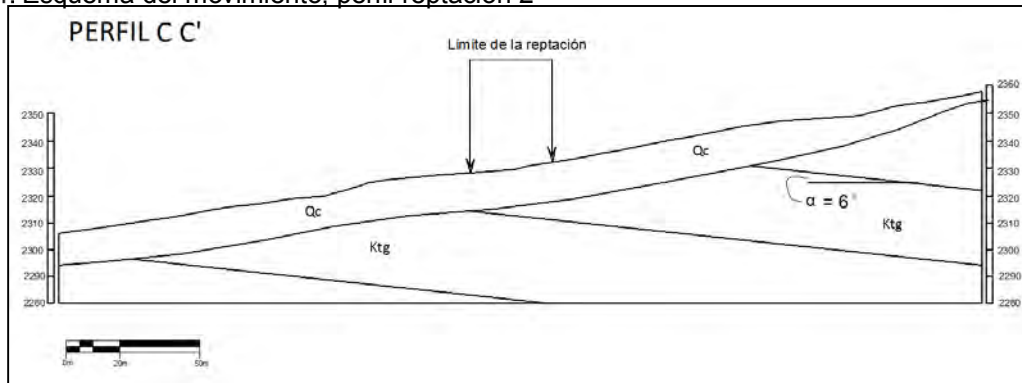


ELABORACIÓN
ESTABILIZACIÓN
DE NUEVOS
(CORPOCHIVOR)

Fuente: Resultado del estudio.

En el perfil (Ver Figura 14/Figura 12) se ilustra el cuerpo del proceso y la geoforma en la cual se encuentra, siendo favorable a su movimiento.

Figura 14. Esquema del movimiento, perfil reptación 2

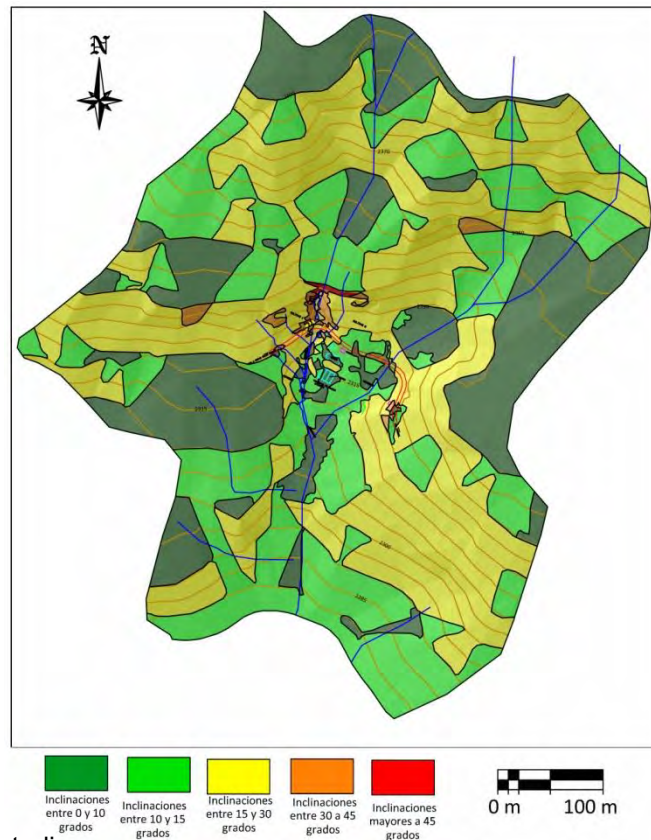


Fuente: Resultado del estudio.

5.3 INCLINACIÓN DE LAS PENDIENTES

A partir de un modelo digital de terreno generado tras la digitalización de curvas de nivel a una escala 1:25.000, se generó el mapa de pendientes con seis clases para el área de estudio. Los valores de susceptibilidad de este parámetro o variable son presentados en la Figura 1515.

Figura 15. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes.



Fuente: Resultado del estudio.

Tabla 14. Clasificación de las pendientes.

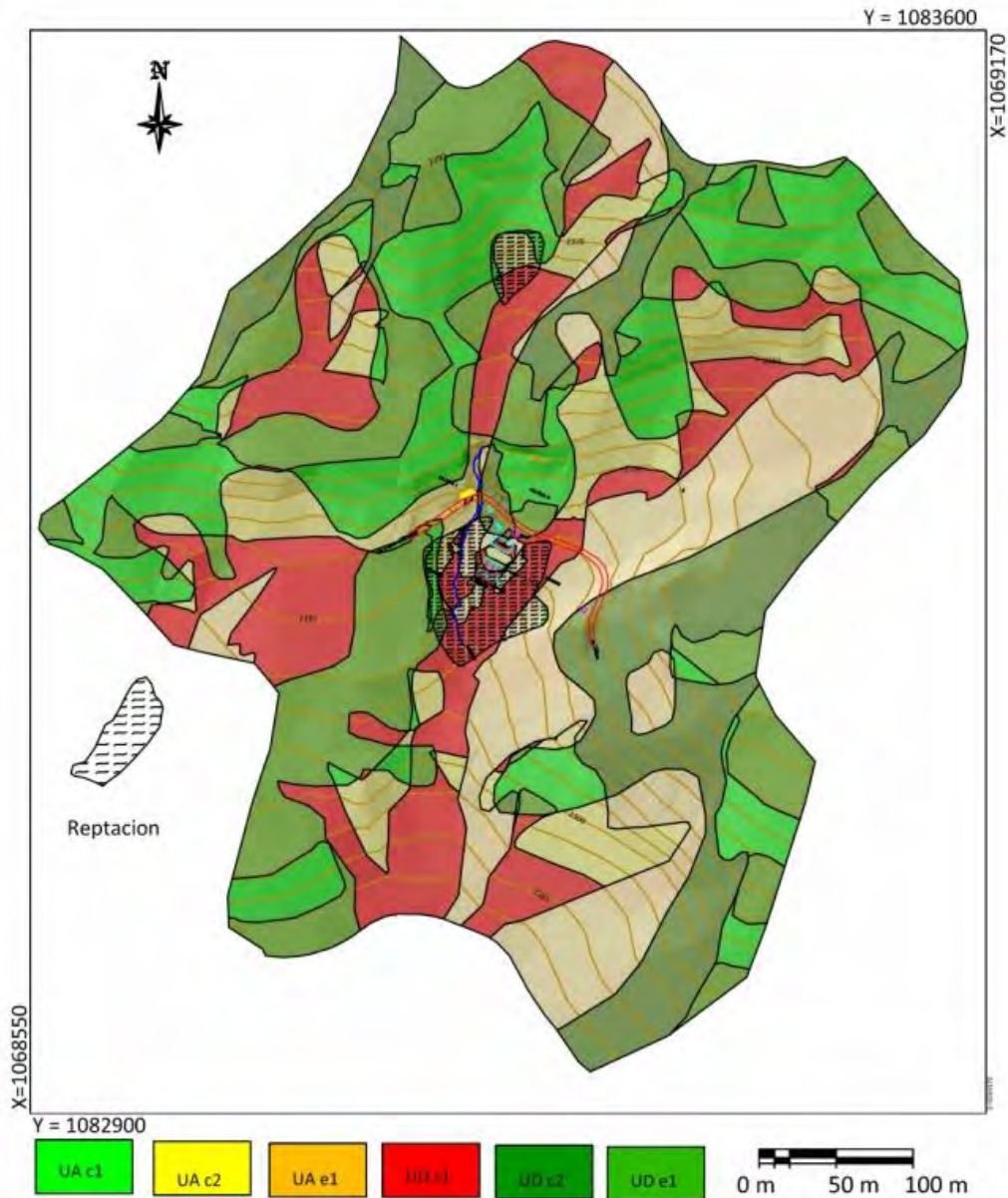
CLASIFICACIÓN DE LAS PENDIENTES	
UNIDAD CARTOGRÁFICA	GRADOS
Suavemente inclinada	0-10
Inclinada	10 15
Abrupta	15-30
Escarpada	30 - 45
Muy Escarpada	> 45

Fuente: Resultado del estudio.

5.4 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

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

Figura 16. Imagen del Mapa geomorfológico.



Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

5.4.1 Geformas de Origen Denudacional.

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

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




Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 3.95 ha, de las cuales el 7.83 % presenta inestabilidad. Siendo su susceptibilidad a movimientos en masa alta.

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

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 2.40 ha, de las cuales el 3.63 % presenta inestabilidad. Siendo su susceptibilidad a movimientos en masa alta.

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

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 3.73 ha, de las cuales el 5.97 % presenta inestabilidad. Siendo la más susceptible a movimientos en masa.

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

5.4.1.4 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 4.89 ha, de las cuales el 0.49 % presenta inestabilidad. Siendo de las más estables a movimientos en masa.

5.4.1.5 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 4.41 ha, de las cuales el 1.20 % presenta inestabilidad. Presenta estabilidad a movimientos en masa.

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

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 3.4 ha, de las cuales el 0.29 % presenta inestabilidad. Presenta alta susceptible a movimientos en masa.

A continuación describimos en la 015, la descripción y análisis de las unidades geomorfológicas

Tabla 15. Descripción geomorfológica.

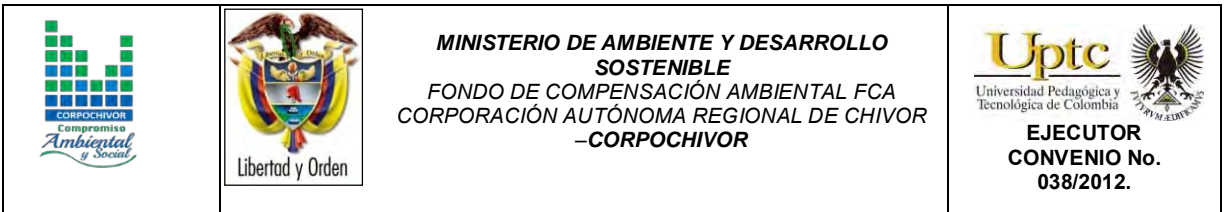
ORIGEN	ESTRUCTURA	MORFOMETRIA	MORFODINAMICA	SÍMBOLO
Unidad agradacional	ladera en contra pendiente	con inclinaciones entre 0 y 30 grados	Presenta reptaciones y desprendimientos	UA c1
		con inclinaciones mayores a 30 grados		UA c2
	ladera estructural	con inclinaciones entre 0 y 30 grados	Es la unidad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

Fuente: Resultado del estudio.

5.5 MORFODINÁMICA - INTENSIDAD DE EROSIÓN

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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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

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

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

El mapa de intensidad de erosión describe unidades de intensidad de erosión así: erosión muy baja, erosión baja, erosión media, erosión alta y erosión muy alta. (Ver Figura 17).

Figura 17. Imagen del Mapa erosión.

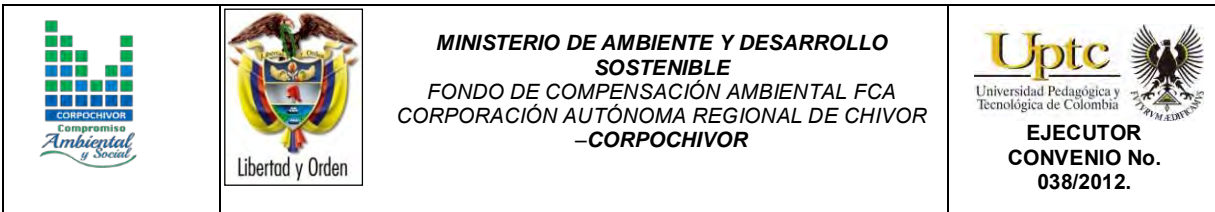


Fuente: Resultado del estudio.

5.6 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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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.

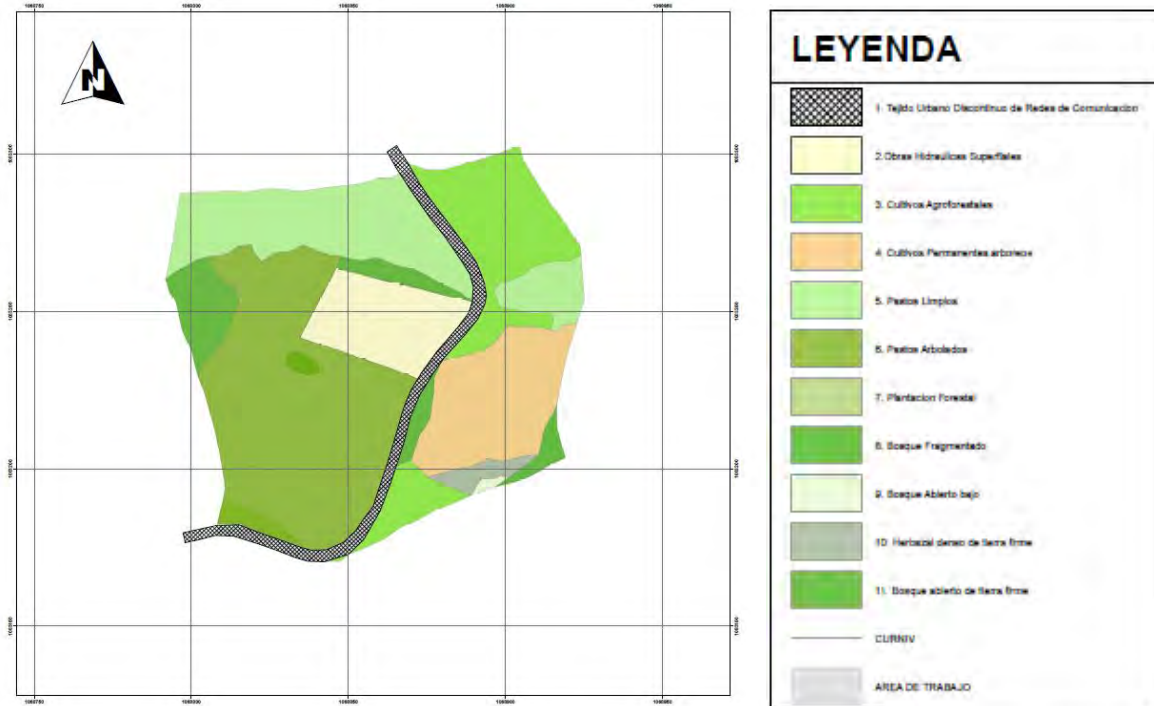
Los ecosistemas terrestres presentan una variedad mayor que el resto de ecosistemas dado que son muchos los factores que limitan las especies que en ellos habitan. Todos estos factores han producido una gran variedad de ecozonas o regiones biogeográficas en donde los elementos animados e inanimados presentan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

Figura 18. Cobertura vegetal y uso de suelo.



Fuente: Resultado del estudio

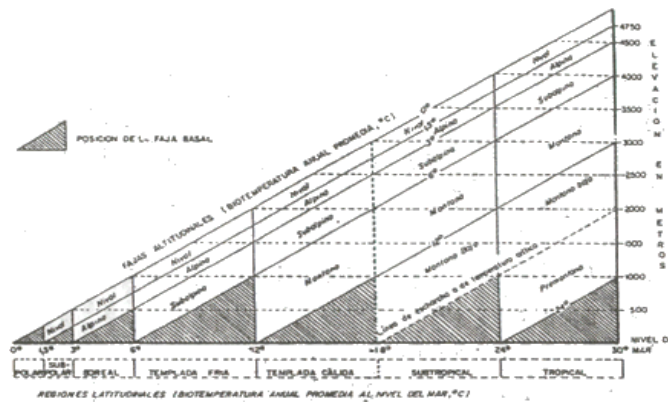
5.6.1 Vegetación

Se presenta una descripción del sistema basado en las zonas de visa 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 un una caracterización vegetal general. Se describe la estructura de las zonas de vida (primer nivel del sistema), refiriéndose pa 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.

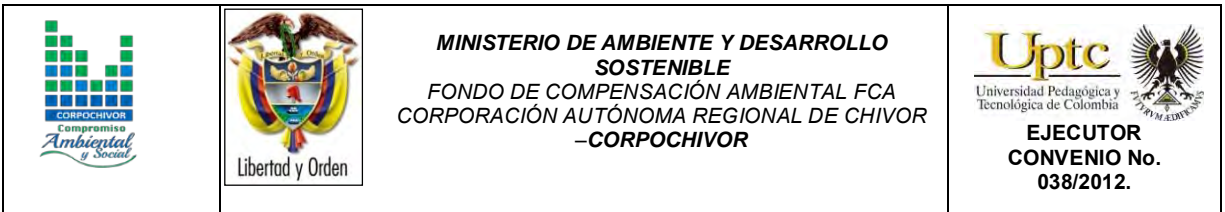
Para la descripción regional el sistema de clasificación basado en zonas de vida contempla regiones latitudinales y, dentro de cada región, se contemplan fajas o pisos altitudinales como se observan a continuación:

Figura 19. Posiciones aproximadas de las Líneas gula de las regiones latitudinales y las fajas altitudinales del sistema mundial de zonas de vida de Holdridge.



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:



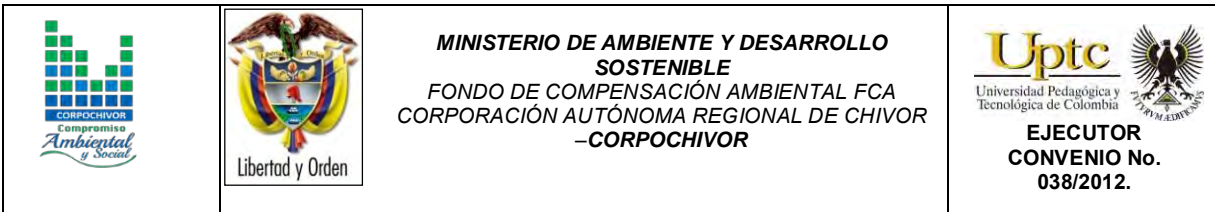
Se encuentran áreas con predominio de bosques con zonas de bosque natural secundario con poca a media intervención del hombre. Su composición vegetal es predominante en siete cueros, borrachero, guamo, arrayán y gaque, además de numerosas epifitas como líquenes, quichés, musgos. Es un área de gran importancia ecológica por ser en centro de protección de numerosos nacederos y humedales de la microcuenca y permite el refugio de especies faunísticas como, armadillo, conejo y aves como golondrina, copetón, colibrí, mirlas y otros.

Las de pastos naturales con zonas de pradera permanentes, compuestas por gramíneas que se han desarrollado de manera natural, especialmente *Paspalum notatum*, *Penisetum purpureum*. Estos pastos están siendo invadidas por malezas como pega-pega (*Desmonium intortum*), helechos (*pteredium sp.*), Escobo (*Sida acuta*) y otras que disminuyen el potencial de las praderas para alimentación del ganado.

Las praderas sobre los 2600 m.s.n.m. presentan humedales los cuales son acanalados frecuentemente, para que los pastos se desarrollen de manera más rápida, pero con un daño al nivel del suelo, presentando una rápida degradación de este y la pérdida de capacidad de retención de humedad.

Las áreas de cultivo que presentan diversas asociaciones, se cultivan principalmente maíz, arracacha, frijol, papa, ahuyama, calabaza, frutales diversos y algunos maderables.

Existen también rastrojos donde se manifiesta vegetación herbácea y/o arbustiva de forma espontánea y que es considerada como maleza, además de pastos en



condiciones poco favorables para la alimentación animal. Son frecuentes especies como pegapega, helecho de marrano, cadillo, hierba mora.

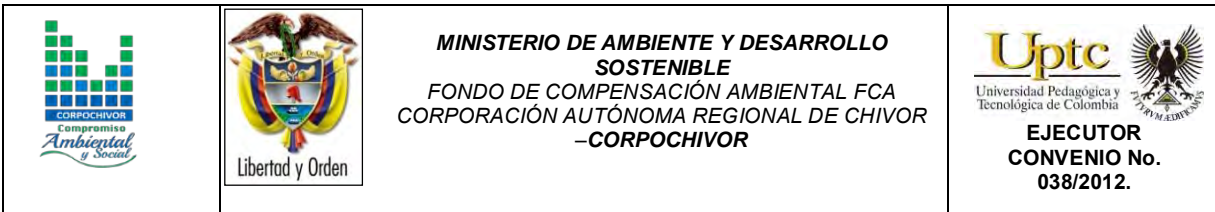
El bosque nativo protector intervenido (BM) en su mayor parte por bosque natural intervenido y se encuentra localizado en las partes más altas y escarpadas de las veredas de Jabonera, Llanogrande Carbonera Fiota y Sorca. Las fronteras de los bosques de galería se han venido amenazando por la actividad ganadera.¹

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

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

La base de datos de CORINE Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a escala 1:100.000. En

¹ EOT nuevo colon



Colombia existen actualmente múltiples metodologías y sistemas de clasificación para levantar información de las coberturas de la tierra.

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

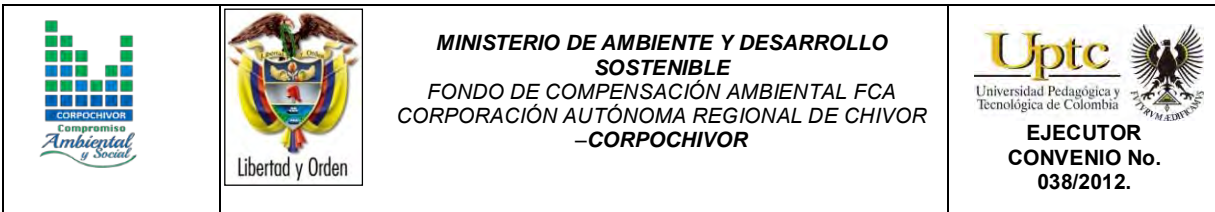
La metodología empleada para el levantamiento de las coberturas de vegetales dentro de la zona fue la Corine Land Cover adaptada, desarrollada y abalada para Colombia por instituciones del orden nacional y regional como IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA, SINCHI y UAESPNN, Esta metodología tiene como propósito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

Procesamiento digital de imágenes satelitales.

Definición de la leyenda.

Distribución de la zona de estudio a los intérpretes.

Interpretación visual sobre pantalla.



Controles de calidad: temática y topológica.

Trabajo de campo: caracterización vegetal y verificación de coberturas.




Ajustes a la cobertura digital definitiva.

Estructuración de la información.

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

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

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

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

5.6.2.1 Estudio de la flora

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

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

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

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

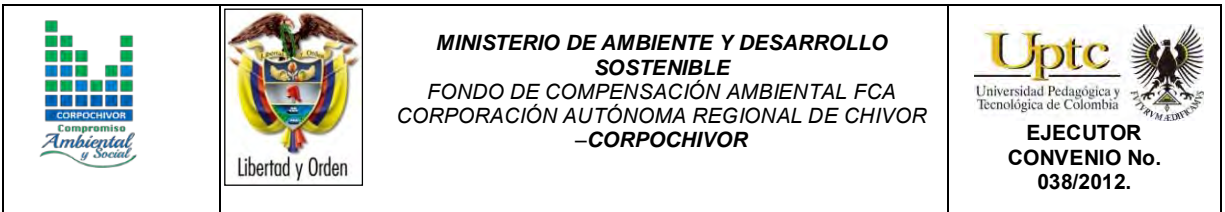
Identificación de especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

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

Descripción florística: Con identificación de endemismos, importancia económica y cultural.

Diversidad florística

Índices de calificación e importancia ecológica.



Importancia económica y cultural de algunas especies.

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

Para el proyecto se deberá realizar un muestreo detallado de la vegetación en cada una de las formaciones vegetales identificadas, con el objetivo de determinar biodiversidad, cobertura y abundancia. Se indicarán las especies con valor ecológico, cultural y comercial. Aplica para áreas de influencia directa. Se realizó un análisis de:

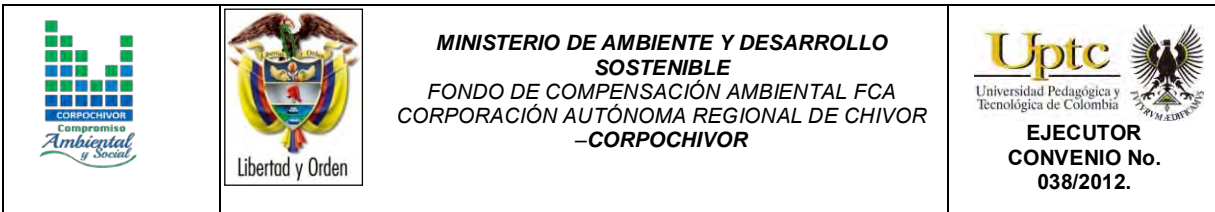
Localización de las diferentes unidades de cobertura vegetal y uso actual del suelo, que incluya su identificación respecto a actividades pecuarias, agrícolas, agropecuarias, forestales, agrosistemas, eriales, zonas protectoras, etc.

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

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

5.6.2.2 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:

5.6.2.3 Tejidos artificiales

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

▪ 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. Nuevo colon presenta las siguientes unidades:

▪ Tejido urbano discontinuo

En Nuevo Colon 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 2. Tejido urbano discontinuo presente en la zona de estudio.



Fuente: Registro fotográfico

▪ **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.

▪ **Red vial, ferroviaria y terrenos asociados**

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

Fotografía 3. Tejido artificializado de nivel 4 red vial.



Fuente: Registro fotográfico

▪ **Obras hidráulicas superficies**

Corresponden a construcciones consolidadas de carácter permanente, destinadas a instalaciones hidráulicas, y aquellas de pequeña magnitud, generalmente asociadas con infraestructura urbana, tales como acueductos, bocatomas, plantas de tratamiento y pequeñas presas.

Fotografía 4. Planta para el tratamiento de aguas para el municipio de Nuevo Colon presente en la zona de estudio



Fuente: Registro fotográfico

▪ 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.

Fotografía 5. Territorio agrícola presente en la zona de estudio.



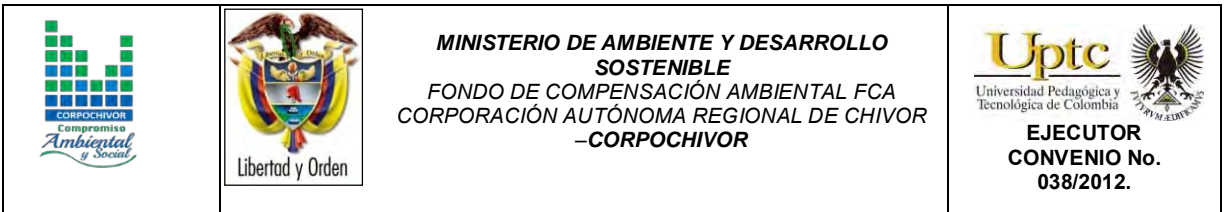
Fuente: Registro fotográfico

5.6.2.4 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 *solanaceaes*, *cucurbitaceaes*, *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.

▪ Hortalizas

Cobertura terrestre de manera intensiva caracterizada por ser un conjunta de plantas herbáceas, cultivadas generalmente en huertas, que se consumen como



alimenta humano. Se hace en pequeñas extensiones, dándole el máximo de cuidados y manteniendo el suelo constantemente ocupada.

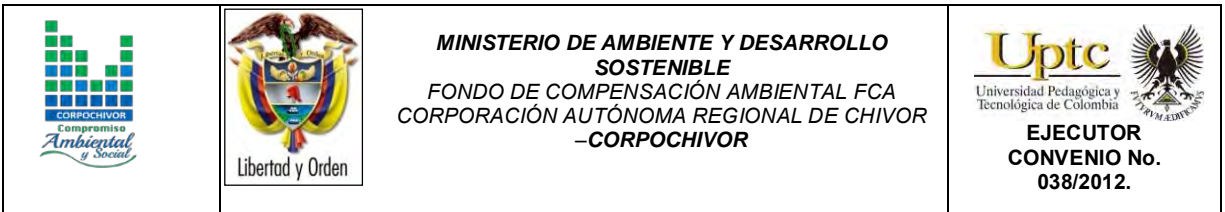
▪ **Tubérculos**

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 la componen principalmente cultivos de papa y apio.

▪ **Apio criollo**

La Arracacia xanthorrhiza Bancroft (Hoker, 1831 y Muñoz, 1968) 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.

Las hojas presentan de tres a cuatro folíolos laterales opuestos y uno terminal, que miden hasta 50 cm. La coloración de las hojas y el pecíolo varía de verde a rojo, de acuerdo con el clon. 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).

5.6.2.5 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.

- **Cultivos permanentes arbóreos**

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

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

▪ **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 6. *Pyrus communis* presente en la zona de estudio



Fuente: Registro fotográfico

▪ **Durazno**

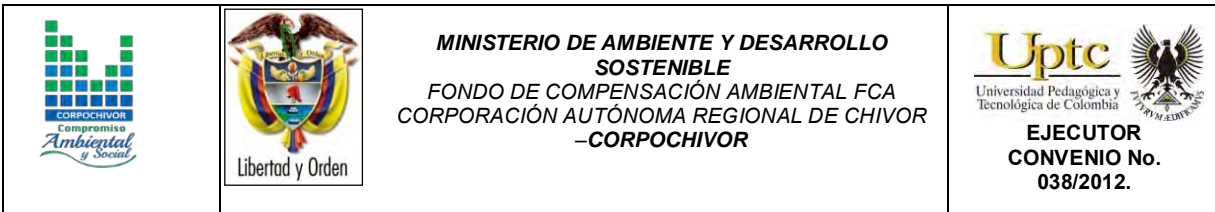
Prunus persica de la Familia de las Rosáceas (*Rosaceae*) es un pequeño árbol caducifolio que puede alcanzar 6 m de altura, aunque a veces no pasa de talla arbustiva, con la corteza lisa, cenicienta, que se desprende en láminas. Ramas lisas, de color verde en el lado expuesto al sol, hojas simples, lanceoladas, 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.

Fotografía 7. *Prunus persica* y *Pyrus communis* presente en la zona de estudio.



Fuente: Registro fotográfico

▪ **Ciruela**



Cobertura compuesta por ciruela (*prunus domestica*) pequeño árbol caducifolio de hasta 2 m de talla de la familia de las Rosáceae, con la corteza pardo-azulada, brillante, lisa o agrietada longitudinalmente. Hojas simples, elípticas u obovadas, de 4-10 cm de longitud, con el margen crenado-serrado. Envés tomentoso, especialmente sobre el nervio central y las nerviaciones. Pecíolo tomentoso-glanduloso, de 1 cm de longitud. Flores blancas, aisladas o en parejas, de 2-2.5 cm de diámetro, sobre pedicelos de 6 mm de longitud, apareciendo en Abril antes que las hojas. Fruto azulado-negrusco, aunque puede variar de color y de tamaño, oscilando entre 3 y 5 cm de diámetro.

5.6.2.6 Cultivos agroforestales

Zonas ocupadas por arreglos a 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 hilera de árboles con cultivos o arboles con pastos.

Fotografía 8. Cultivo agroforestal.



Fuente: Registro fotográfico

▪ **Pastos y árboles plantados**

Cobertura ocupada por arreglos espaciales donde se combinan pastos destinados a ganadería con plantaciones arbóreas destinadas a todo tipo de producción (madera, leña, frutales, resinas, etc.), frecuentemente llamados silvopastoriles; la característica principal de esta cobertura radica en 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 pastos.

▪ Papayuela

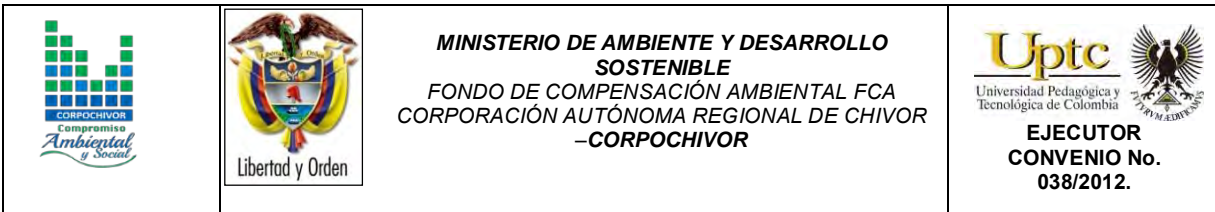
Fotografía 9. Papayuela presente en la zona de estudio.



Fuente: Registro fotográfico

▪ 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.

▪ Calabaza

La *cucúrbita pepo* es una planta herbácea anual de la familia de las cucurbitáceas, oriunda de Norteamérica, cuyo fruto se emplea como alimento. En la actualidad es también cultivada extensamente en todo el mundo.

Es una planta rastrera que puede llegar a los 10 m de longitud, de tallos acanalados y de aspecto áspero y sarmentoso y con hojas pubescentes, lobuladas y acorazonadas. Las grandes flores amarillas son unisexuales; las masculinas tienen los estambres soldados en forma de pilar y en ambos sexos el cáliz está unido a la corola. Los frutos son oblongos y varían mucho en tamaño, dependiendo de la variedad. La cáscara es lisa y dura y también varía en color. Las variedades que se siembran en mayo o junio son de piel verdi-blanca mientras que las sembradas en marzo son de piel oscura.

Como todas las cucurbitáceas, *Cucúrbita pepo* hibrida con facilidad con otras especies afines; esa es una de las causas de la frecuente confusión entre las

mismas, de las cuales algunas (como *Cucurbita maxima* y *Cucurbita moschata*) se cultivan también por su fruto. Existen multitud de cultivares de diferentes colores y tamaños; las más grandes llegan a pesar entre 18 a 36 kg.

Fotografía 10. Cucúrbita pepo presente en la zona de estudio



Fuente: Registro fotográfico

▪ **Curubo**

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 11. *Passiflora* presente en zona de estudio.



Fuente: Registro fotográfico

Fotografía 12. Árboles plantados de la familia Myrtaceae presentes en la zona de estudio destinado a la explotación forestal



Fuente: Registro fotográfico

5.6.2.7 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.

▪ Pastos limpios

Los pastos limpios los cuales comprenden un porcentaje de cubrimiento alto en la zona de falla; la realización de prácticas de manejo (Limpieza, fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.

Fotografía 13. Pastos limpios presentes en la zona de estudio.



Fuente: Registro fotográfico

Los pastos limpios presentes en la zona de estudio en el municipio de nuevo colon, el deslizamiento está presente en esta cobertura, facilitándole su avance y velocidad debido a la ausencia de cobertura vegetal mayor. 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 semiáridas y la desprotección de las escorrentías. Esto último influye también en el balance de las aguas superficiales y subterráneas.

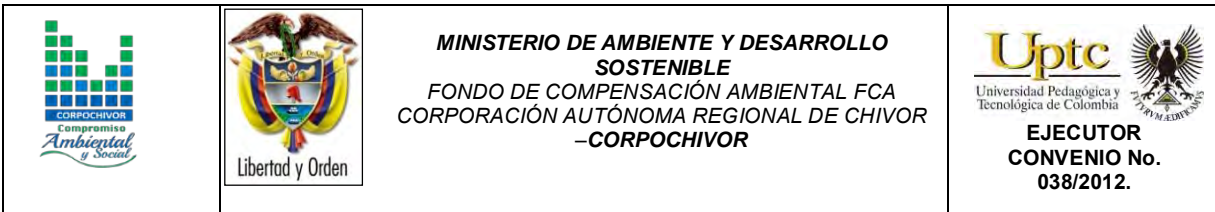
▪ **Pastos arbolados**

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.

Fotografía 14. Pastos arbolados presentes en la zona de estudio.



Fuente: Registro fotográfico



5.6.2.8 Áreas agrícolas heterogéneas

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra.

- **Mosaico de cultivos**

Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. El mosaico de cultivos presenta en la imagen arreglos geométricos característicos que facilitan su interpretación. Igualmente, las coberturas de cultivos se aprecian en una amplia gama de tonos y colores debido a sus diferentes estados fenológicos y las variadas prácticas de manejo.

Fotografía 15. Mosaico de cultivos presentes en la zona de estudio.



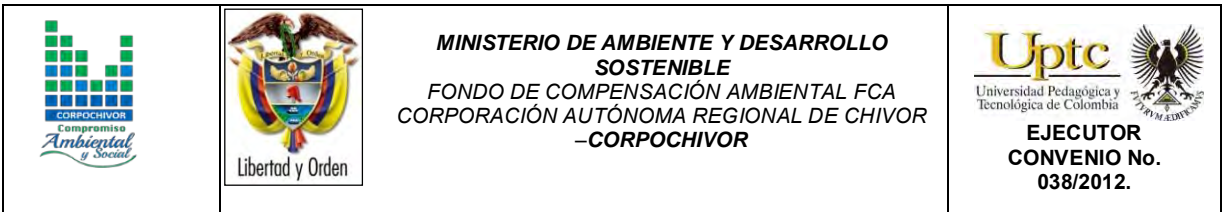
Fuente: Registro fotográfico

▪ 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.

5.6.2.9 Bosques

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



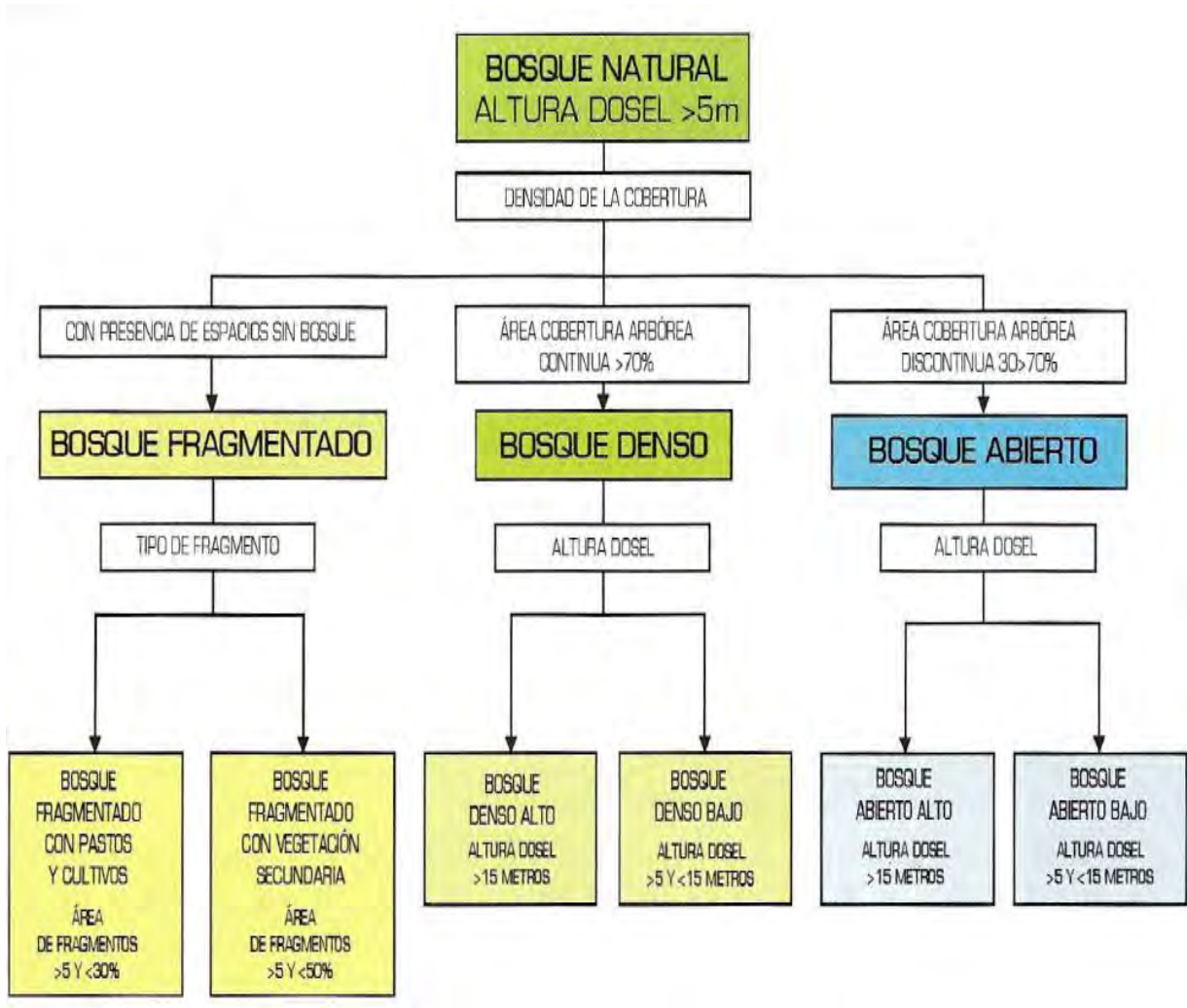
Para efectos de clasificación los bosques son determinados por la presencia de árboles que deben alcanzar una altura del dosel superior a los cinco metros.

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

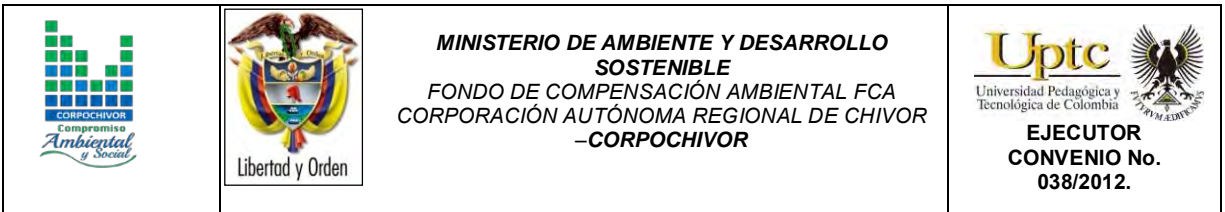
La altura es definida por la altura total del dosel, sin incluir emergentes. Para efectos de este estudio, se adaptó la clasificación propuesta por Caín y Castro (1959), quienes definen como bajos los estratos de árboles con altura menor a ocho metros; intermedios a los estratos de árboles con alturas comprendidas entre 8 y 15 metros; y como estratos de árboles altos los que tienen altura superior a 15 metros. De esta manera, para esta leyenda, se unieron los estratos bajo e intermedio en uno solo denominado como bajo. Para la interpretación de las coberturas de la tierra, los bosques se clasifican, entonces, a partir de la densidad de la cobertura arbórea, en densos y abiertos; de acuerdo con la altura del dosel, los bosques se clasifican en altos y bajos; y de acuerdo con la condición de inundabilidad del terreno donde se ubican los bosques, se clasifican en inundables y de tierra firme. De esta manera, se obtiene la clasificación que se explica a continuación:

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Figura 20. Criterios para la clasificación de los bosques



Fuente: Corine land cover 2010



▪ **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.

▪ **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.

▪ **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.

Fotografía 16. Bosque denso bajo de tierra firme

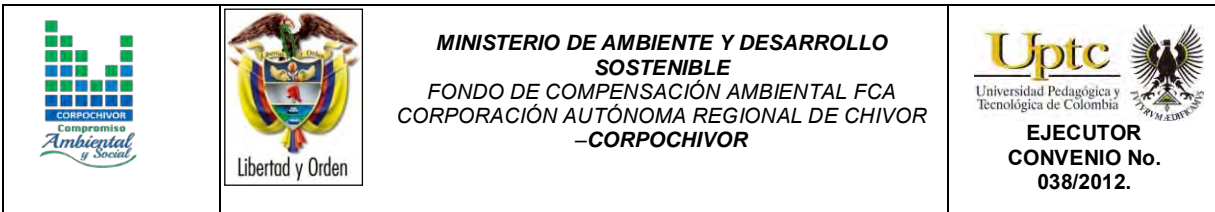


Fuente: Registro fotográfico.

▪ **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.

▪ **Cupressaceae**

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

La polinización es anemófila. Producen conos masculinos y femeninos, con escamas enfrentadas o en verticilios, que pueden ir en la misma planta o en plantas de distinto sexo. Los conos masculinos están constituidos por diversos verticilios de estambres, cada uno de éstos tiene forma de escama y lleva en el envés de 3 a 7 sacos polínicos; las escamas tienen, a veces, forma de parasol y otras veces son casi planas y más o menos triangulares. Los conos femeninos suelen ser globosos u ovoides y tienen, por lo general, las dos brácteas soldadas en una sola, indiferenciadas; hay generalmente de 2 a 15 rudimentos seminales por escama. La mayoría de los géneros producen fructificaciones leñosas a modo de piñas esféricas (gábulos leñosos), las inflorescencias femeninas del género *Juniperus*, en cambio, dan lugar a una estructura carnosa denominada gábulos carnosos, originada por la concrecencia de las tres hojas escuamiformes 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 17. Pino presente en la zona de estudio.



Fuente: Registro fotográfico.

▪ Myrtaceae

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

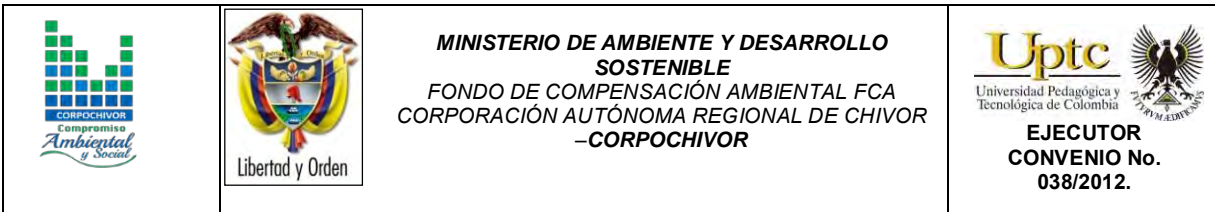
Estos árboles presentan hojas perenes, alternas y normalmente con el margen de sus hojas no dentado, estípulas efímeras o ausentes, con puntuaciones glandulares, aromáticas.

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

Fotografía 18. Eucaliptos presentes en la zona de estudio



Fuente: Registro fotográfico



5.6.2.10 Áreas con vegetación herbácea

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.

5.6.2.10.1 Arbustal

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAD, 2001).

▪ 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 19. Arbustal mesofilo.



Fuente: Registro fotográfico

5.6.2.11 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.

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

▪ **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 par muchas especies.

La vegetación secundaria comúnmente corresponde a una vegetación de tipo arbustivoherbaceo 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

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

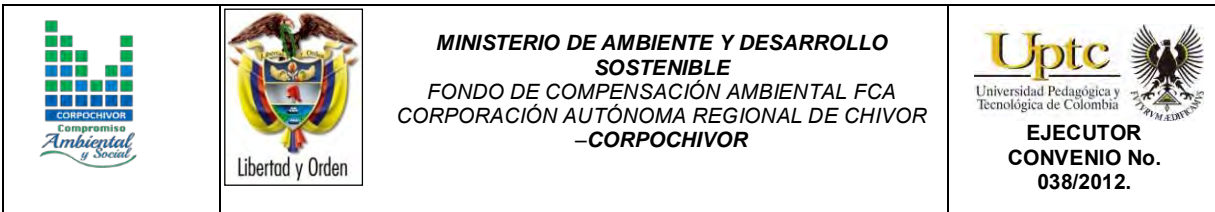
Tabla 16. Porcentaje de coberturas sector puente Camacho.

TIPO DE COBERTURA	AREA m ²	% COBERTURA
TEJIDO URBANO DISCONTINUO	688	5,21
OBRAS HIDRÁULICAS SUPERFICIALES	1115	8,44
CULTIVOS AGROFORESTALES	1895	14,35
CULTIVOS PERMANENTES ARBÓREOS	1594	12,07
PASTOS LIMPIOS	2383	18,05
PASTOS ARBOLADOS	4216	31,93
PLANTACIÓN FORESTAL	139	1,05
BOSQUE FRAGMENTADO	131	0,99
BOSQUE ABIERTO FRAGMENTADO	29	0,22
HERBAZAL DENSO DE TIERRA FIRME	169	1,28
BOSQUE ABIERTO DE TIERRA FIRME	845	6,40

Fuente: Resultado del estudio

5.6.4 Unidades de cobertura vegetal

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



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




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

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

Tabla 17. Unidades de cobertura vegetal presentes en la zona de estudio.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Caricáceae	<i>Carica cundinamarcensis</i>	Papayuela
Cupresáceas	<i>Pinus halepensis</i>	pino de piña
Cupresáceas	<i>Pinus pinaster</i>	Pino
Asteráceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león
Cucurbitáceae	cucúrbita pepo	Calabaza
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce
Rosáceae	<i>Prunus domestica</i>	Ciruela
Poaceae	<i>Pennisetum setaceum</i>	Catalán
Poaceae	<i>Bromus unioloides</i>	Cebadilla criolla
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Pasto
Passifloráceae	<i>Passiflora tripartita</i> var. Mollissima	Curubo
Poaceae	<i>Holcus lanatus</i> L.	Pasto
Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Pasto de olor
Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schldl. & Cham.	Pino
Poaceae	<i>Andropogon rufus</i> (Nees) Kunth	
Cucurbitáceas	Cucúrbita máxima	Auyama
Rosáceae	<i>Pyrus communis</i>	Peral
Myrtaceae	<i>Eucalyptus pellita</i>	Eucalipto
Rosáceae	<i>Prunus pérsica</i>	Durazno
Solanáceae	<i>Cyphomandra betacea</i>	Tomate de árbol
Umbelliferae	<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft (Hoker, 1831 y Muñoz, 1968)	Apio criollo
Asteraceae	<i>Coniza</i> sp.	Velón
Onagraceae	<i>Fuchsia boliviana</i> Carrière	fucsia

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

Oleaceae	Fraxinus chinensis Roxb.	Urapán
Polygonaceae	Polygonum hidropiper L.	barbasco
Verbenaceae	Duranta mutisii L.f.	Garbanzo
Salicaceae	Salix humboldtiana Willd.	Sauce

Fuente: Resultado del estudio

6 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 Nuevo Colon, analizar la presencia de posibles acuíferos, con el fin de conocer las condiciones que influyen en el deslizamiento.

6.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.

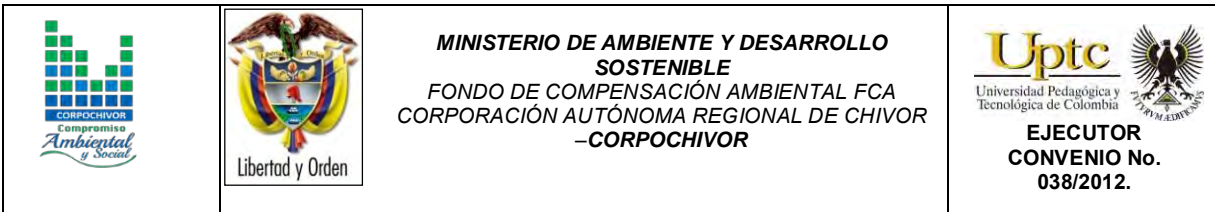
Basado en el levantamiento geológico del área en escala 1:2.000 y la información tomada en campo, se agruparon en unidades litoestratigráficas de acuerdo con sus características hidráulicas, definiéndose tres unidades hidrogeológicas; cada una de las unidades se clasifica como: Acuífero, Acuitardo y/o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

6.1.1 Acuífero.

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

6.1.2 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.

6.1.3 Acuicierres.

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

6.2 MARCO HIDROLÓGICO GENERAL

6.2.1 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.

6.2.2 Unidad II (Permeabilidad Media)

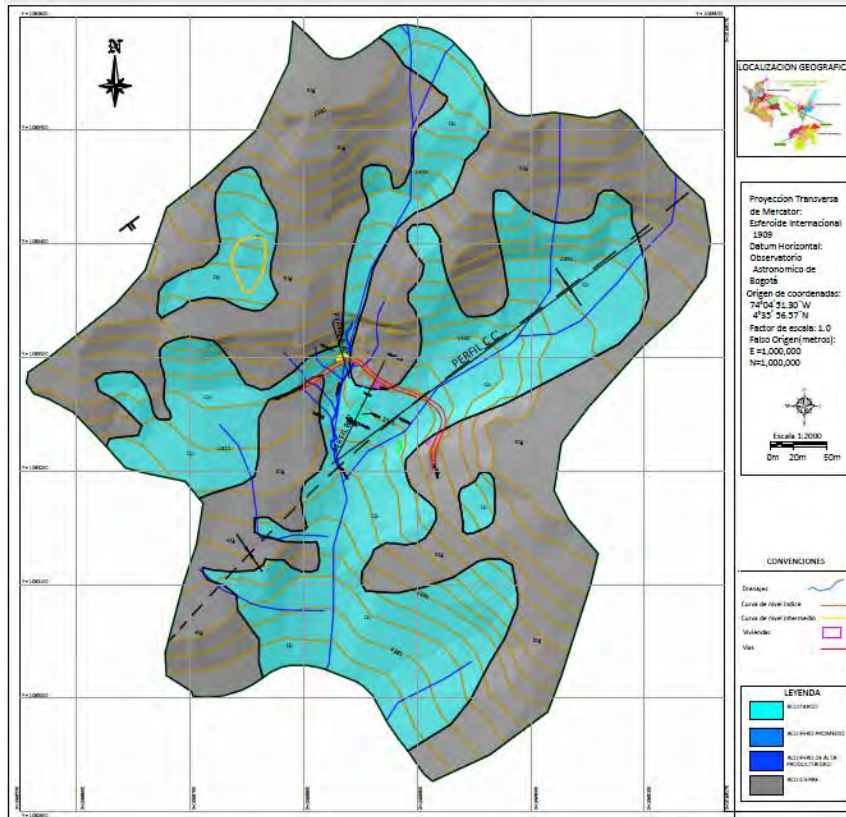
Se asocia a rocas, que permiten almacenar cierta cantidad de agua, pero que la transmiten muy lentamente, como es el caso de los cuaternarios, estos poseen poros, pero no están conectados entre sí, por lo tanto no se transmite el agua y se va reteniendo en la matriz lodosa que la contiene, por otra parte 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.

6.2.3 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.

Figura 21. Mapa Hidrogeológico



Fuente: Resultado del estudio

7 GEOELECTRICA

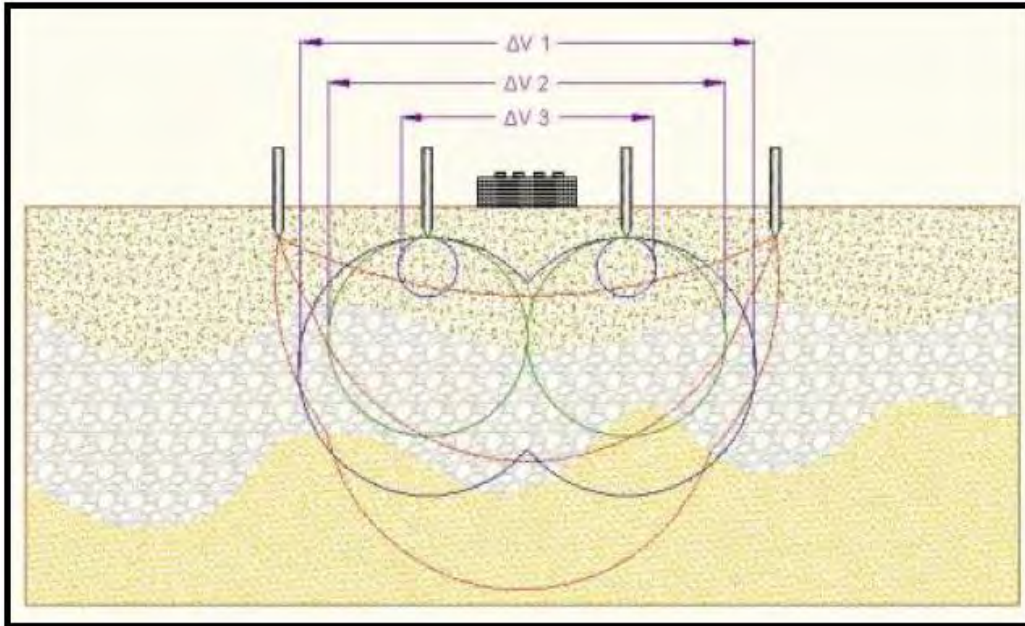
7.1 ESTUDIO GEOELECTRICO (TOMOGRAFIA ELECTRICA RESISTIVA)

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 22); 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 23). Lo anterior, es relativo a diversos parámetros geológicos como el contenido mineralógico y de humedad, así como la porosidad y grado de saturación de agua dentro del material de estudio. Durante décadas, los Estudios de Resistividad

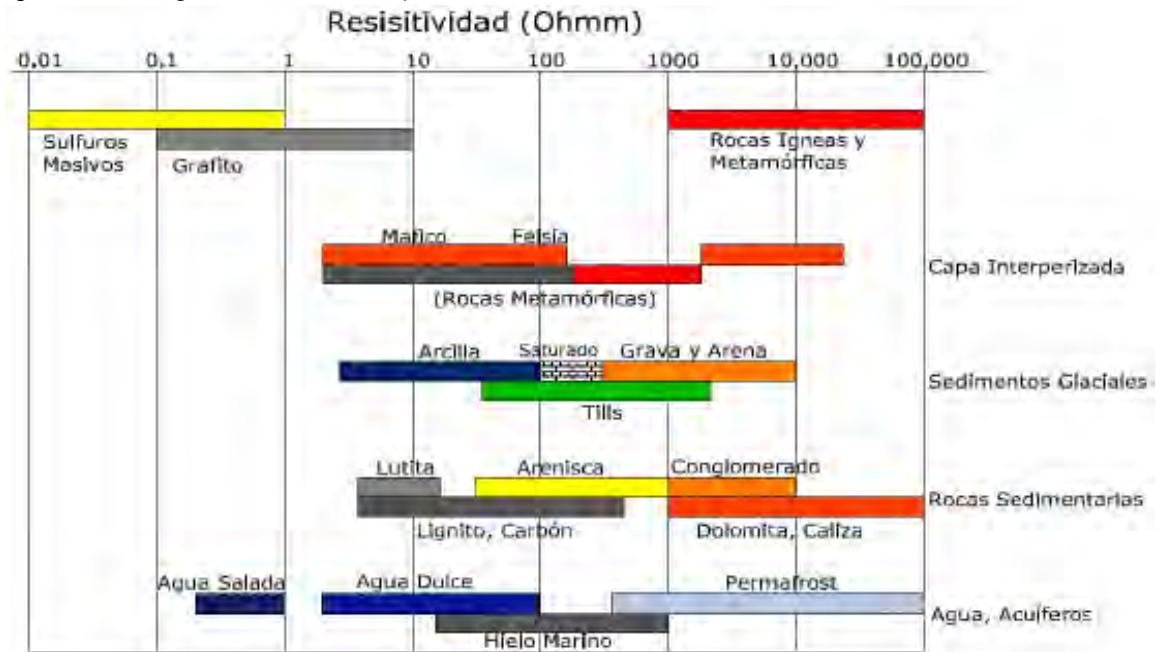
Eléctrica han sido utilizados en investigaciones sobre hidrogeología, geotecnia y también actualmente en estudios ambientales (Loke 2004).

Figura 22. 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.

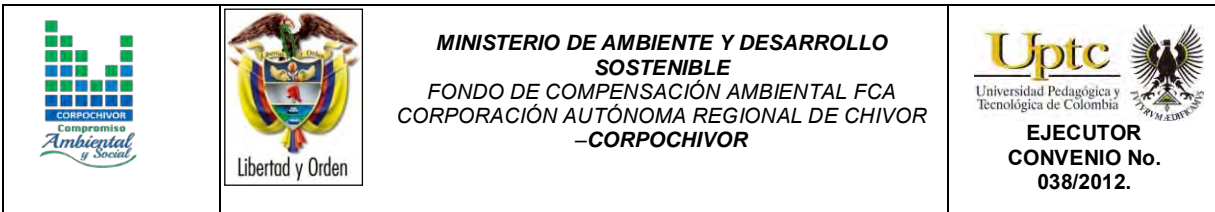
Figura 23. Rangos de resistividad para diferentes materiales.



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

7.2 OBJETIVO

Como apoyo al estudio geotécnico y de estabilidad que se está realizando para el convenio interadministrativo UPTC-CORPOCHIVOR, en la Planta de tratamiento de aguas residuales, Vereda el Tejar, del Municipio de Nuevo Colon, se realiza un estudio geofísico con la finalidad de determinar el comportamiento del material y continuidad del mismo en profundidad.

7.3 PRINCIPIO DEL METODO GEOFISICO.

7.3.1 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:

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

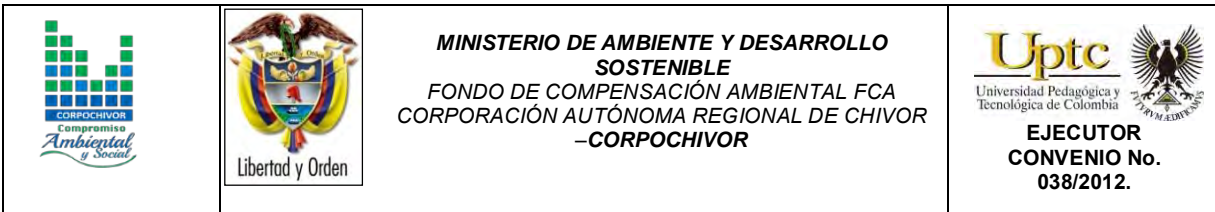
Donde, I es la corriente que pasa a través del objeto en amperios, V es la diferencia de potencial de las terminales del objeto en voltios, G es la conductancia en siemens y R es la resistencia en ohmios (Ω). Específicamente, la ley de Ohm dice que R en esta relación es constante, independientemente 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 18, 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 18 se encuentra un conjunto de valores típicos de resistividad de geomateriales.

Tabla 18. Resistividades de algunos suelos y rocas.

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

Fuente: Exploracion Geotecnica-Relaciones Geoelectricas- DANIEL EDUARDO ARIAS.

7.3.2 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

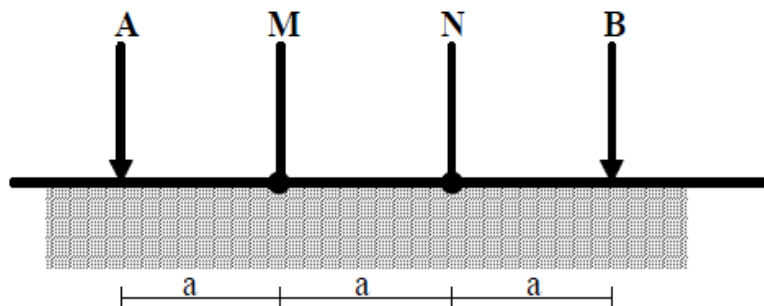
la zona de estudio.

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:

7.3.2.1 Dispositivo Wenner.

Los electrodos se disponen equidistantes sobre una línea en el orden AMNB (Figura 24).

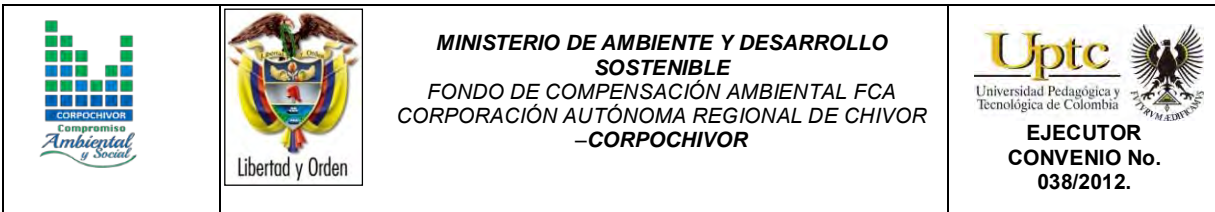
Figura 24. Dispositivo Wenner.



Fuente: Aplicaciones de la tomografía eléctrica 2-d al estudio del subsuelo Javier S. Salgado. El factor geométrico del dispositivo se deduce de $K = 2\pi(1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN)^{-1}$, donde $K = 2\pi a$

7.4 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:

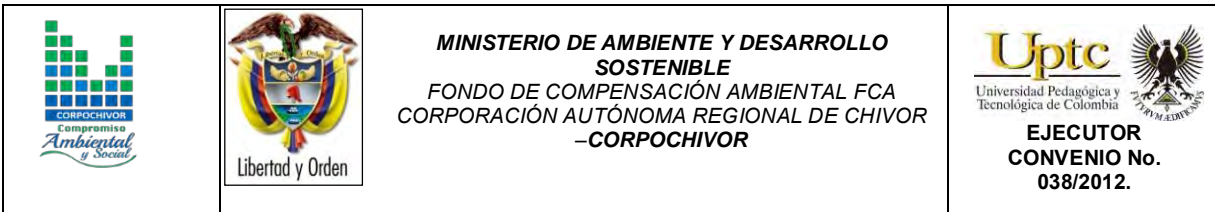
d= Distancia entre elctrodos

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



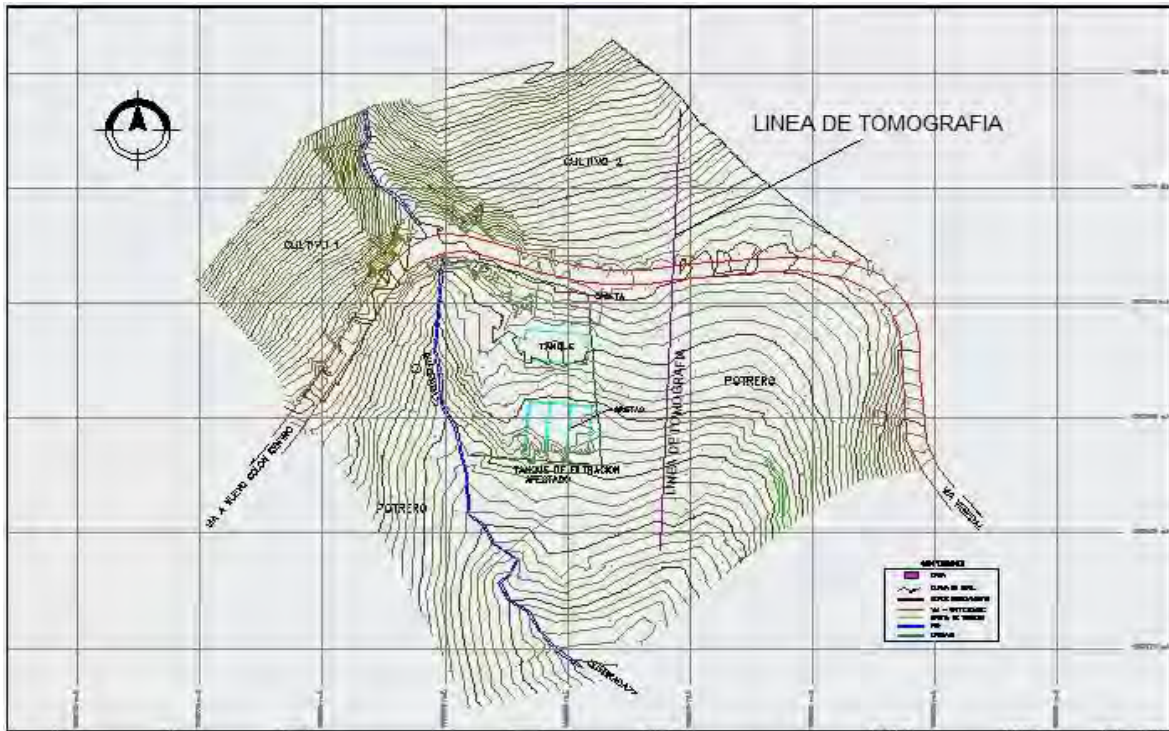
insertar los parámetros para el cálculo y la medición de las resistividades en campo, utilizando el método o dispositivo de Wenner.

Para la realización de las tomografías en la Planta de tratamiento de aguas residuales, Vereda El Tejar del Municipio de Nuevo colon, se utilizó el equipo TERRAMETER LS 04-064-250 propiedad de la U.P.T.C., con 2 carretes de 210 mts cada uno, 41 electrodos conectados cada uno respectivamente al equipo, para obtener así la siguiente línea con su respectivo análisis.

7.4.1 Tomografía N°1

Localizada en la parte media del deslizamiento, coordenadas parte inicial X: 1068871, Y: 1083210, parte final X: 1068910, Y: 1083313, orientación N5°E, con una longitud de 111 mts., profundidad obtenida de 19.9 mts., y los electrodos conectados a una distancia de 2.70 mts cada uno.

Figura 25. Localización línea de tomografía.



Fuente: Resultado del estudio.

Fotografía 20. Parte media del deslizamiento y equipo TERRAMETER LS 04-064-250.



Fuente: Registro fotográfico.

Fotografía 21. Parte media del deslizamiento.



Fuente: Registro fotográfico.

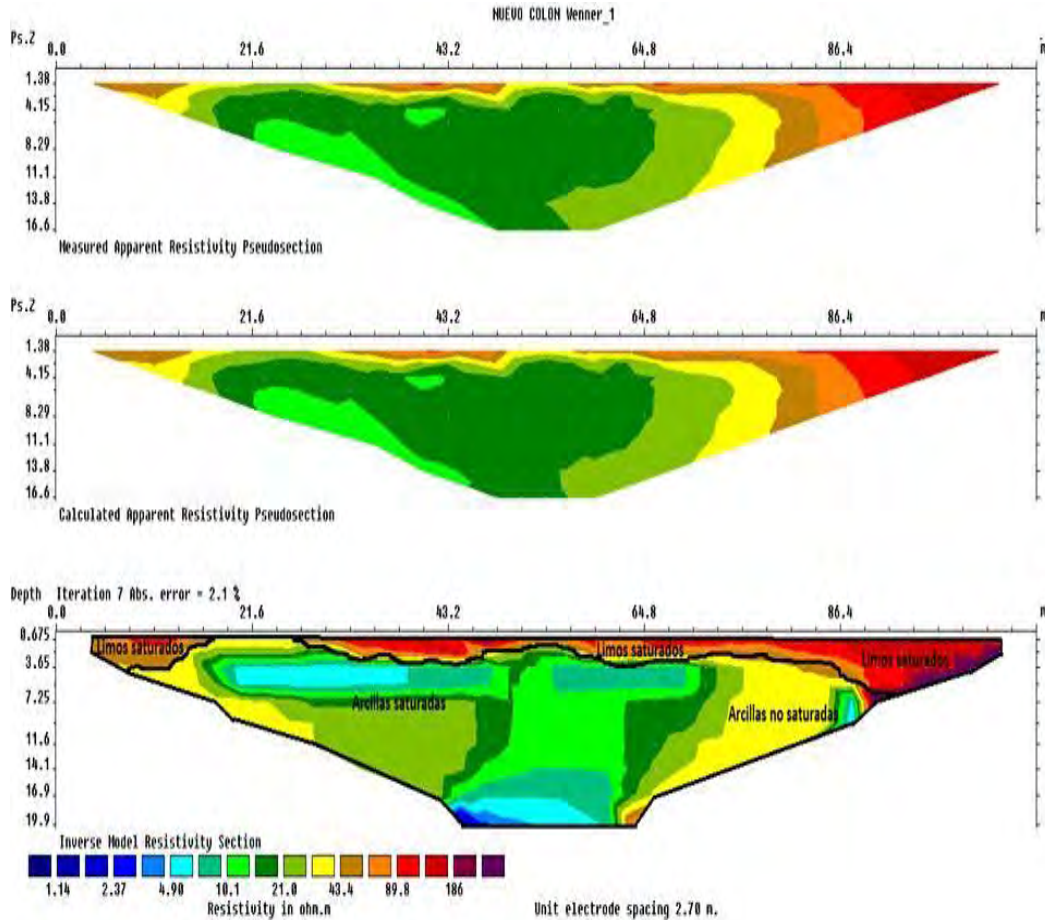
ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLON, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Tabla 19. Tabla resumen de los materiales encontrados en la zona.

MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)	RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
1	3.65 – 19.9	1.14 -21	Arcillas saturadas
2	3.65 – 19.9	21 – 43.4	Arcillas semisaturadas o no saturadas
3	0.675 – 7.25.	43.5 - 186	Limos saturados

Fuente: Resultado del estudio.

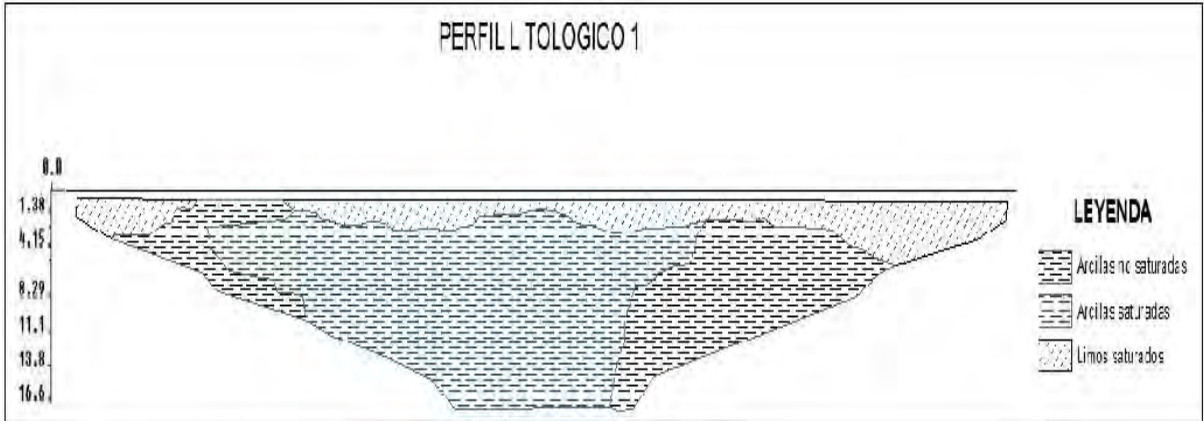
Figura 26. Perfil 1 tomografía.



Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLON, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).




Figura 27. Perfil litológico 1



Fuente: Resultado del estudio.

7.4.2 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 tres unidades Geoelectricas bien definidas, donde encontramos niveles de arcillas saturadas con rangos de resistividades que oscilan entre 1.14 - 21 $\Omega \cdot m$, arcillas semisaturadas o no saturadas con resistividades que van desde 21 – 43.4 $\Omega \cdot m$, limos saturados con resistividades entre 43.5 - 186 $\Omega \cdot m$, (ver figuras 26 y 27).

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

8 GEOTECNIA

En este capítulo se consignan los aspectos relacionados con la evaluación geotécnica del fenómeno de remoción en masa (FRM) que afecta la planta de tratamiento de agua de la línea de acueducto Tejar, municipio de Nuevo Colon, sucedidos desde hace unos años, y que han evolucionado hasta afectar considerablemente la planta de tratamiento de agua residuales Vereda el Tejar.

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

A partir de la información obtenida, se realizó el diagnóstico del fenómeno de remoción en masa que afecta la planta de tratamiento de agua de este municipio estableciendo hipotéticamente los mecanismos de falla y planteando las medidas aplicables para el tratamiento de la zona inestable.

8.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO

8.1.1 Sondeos geotécnicos

8.1.2 Exploración indirecta del sub suelo

La exploración indirecta del sub suelo se realizó por medio de tomografías geoelectricas como se observa en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el cual se llevó a cabo después de determinar que el método

geoelectrico convencional SEV, no aporta ningún tipo de información importante cuando se aplica al estudio de deslizamientos por tratarse de un medio muy fracturado con altas pendientes además de ser un material removido y saturado.

8.1.2.1 Exploración directa del sub suelo.

La exploración directa del sub suelo consiste en la realización de apiques (3) con una profundidad aproximada de 0 a 2 metros, las coordenadas de cada uno de estos se relaciona en la Tabla 20. De estos se tomaron muestras alteradas e inalteradas para realizar los ensayos pertinentes para caracterizar los materiales presentes en esta zona.

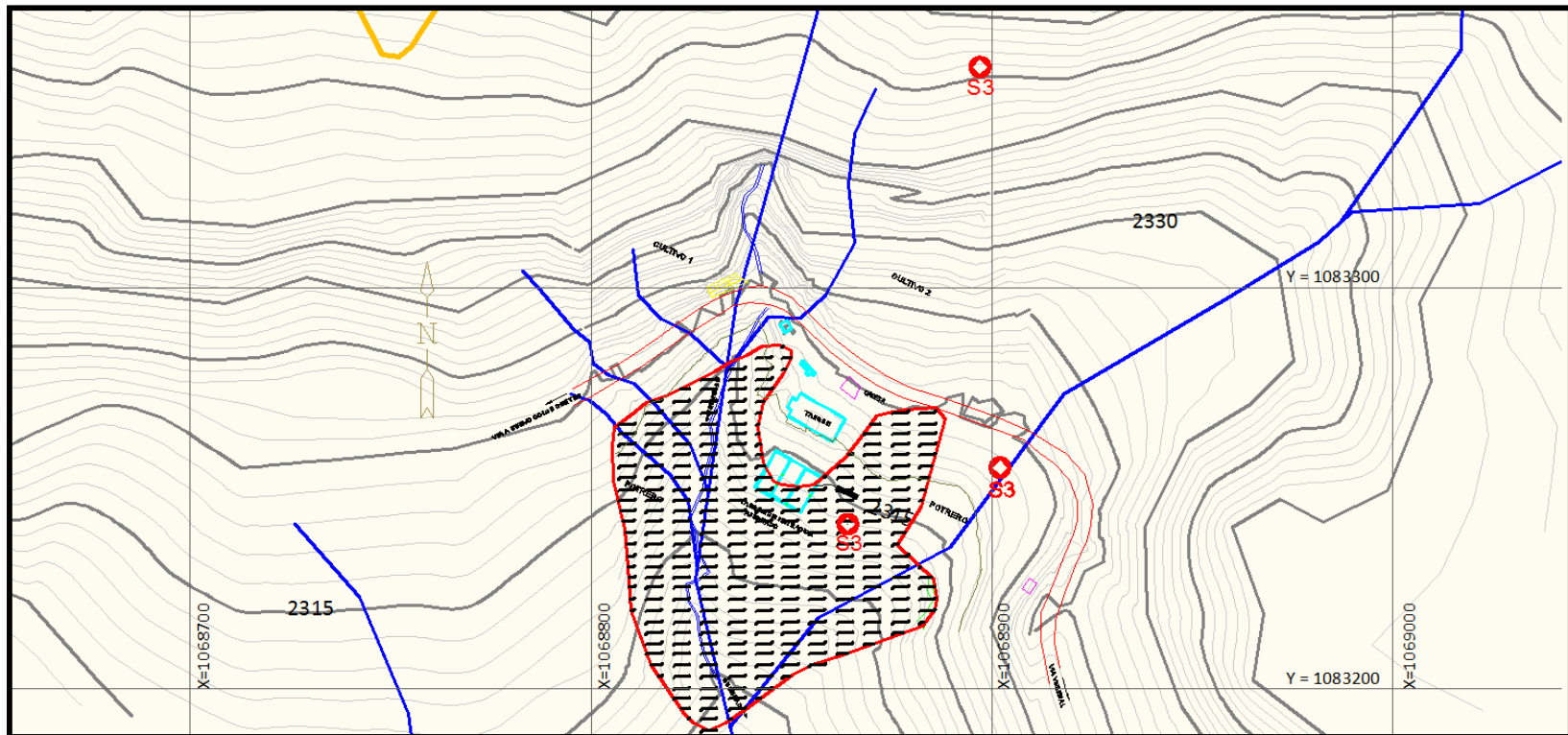
Tabla 20. Coordenadas de los apiques realizados.

Nuevo Colon			
Apique N°	Coordenadas		Altura (m.s.n.m)
	Este	Norte	
1	1,068,897	1,083,355	2191
2	1,068,902	1,083,255	2257
3	1,068,864	1,083,241	2335

Fuente: Resultado del estudio

El material descrito en los sondeos, corresponde con una primera capa vegetal que corresponde a los primeros 10 cm de profundidad, luego un material limo arcilloso color ocre de grano fino con meteorización, presencia de raíces, plasticidad media con algunas gravas y resistencia hasta 1.2 m de profundidad.

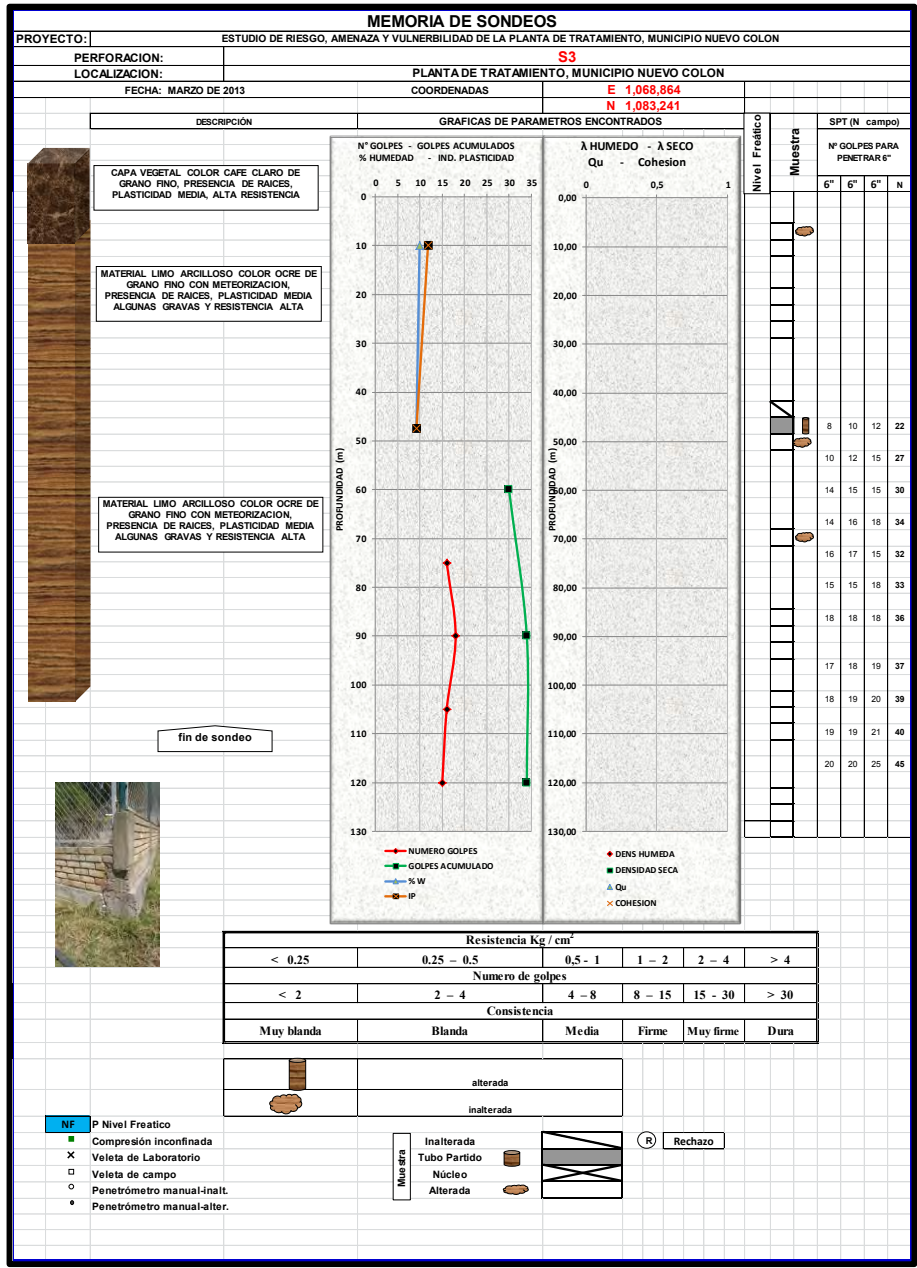
Figura 28. Exploración Geotécnica



Fuente: Resultado del estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Figura 29. Sondeo Geotécnico N° 3



Fuente: Resultado del estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLON, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

8.1.3 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.

8.1.4 Trabajos de Laboratorio

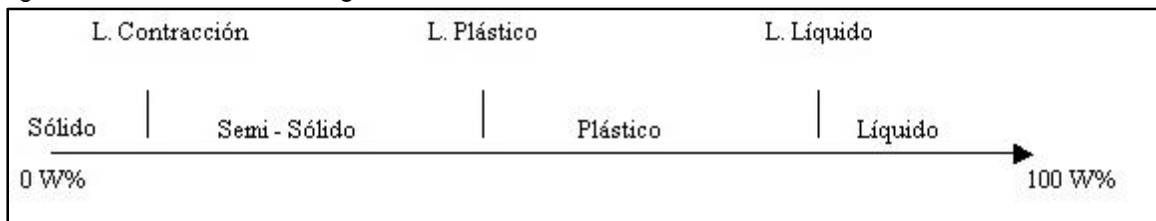
De acuerdo con el muestro anterior y con las muestras recolectadas tanto en los sondeos (Suelos) y en los afloramientos (Rocas), en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron pruebas índice (Límites de Atterberg, Granulometría, humedad natural, peso unitario),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

8.1.4.1 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 30. 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.

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



Fuente: Registro Fotográfico

8.1.4.2 Propiedades mecánicas de los suelos

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

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

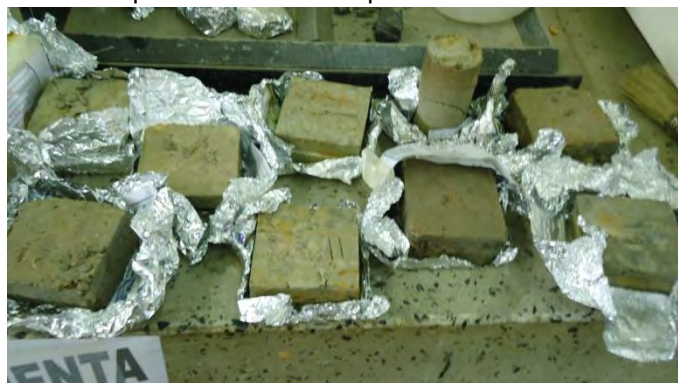


Fuente: Registro fotográfico.

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

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

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



Fuente: Registro fotográfico.

8.1.5 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 1.8 – 2.12 gr/cm³, con limite líquido < 20% e IP entre 9% y 20%.

Los resultados de las propiedades mecánicas reflejan una resistencia a la compresión simple de 0.82 – 2.5 kg/cm², cohesión de 0.4 – 1.3 Kgf/cm², ángulos de fricción entre 15° y 19°. Estos resultados de las propiedades físicas y mecánicas se utilizaron para el análisis de estabilidad. En el anexo 4, se presentan los formatos correspondientes a los ensayos de laboratorio, de los cuales se presenta una tabla resumen (Tabla 21).

8.2 CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS

El movimiento lento de reptación del coluvión produce un alineamiento de los granos de minerales y la creación de numerosas y microscópicas superficies de cortante. Estas superficies reducen de forma significativa, la resistencia al cortante de los materiales coluviales.

Debido al procesos de saturación y secado en los suelos, usualmente arcillosos, muy blandos o alterados, con características expansivas. Con frecuencia se presenta la reptación en los taludes de terraplenes, los cuales al saturarse, tratan de fluir generándose inicialmente la reptación del suelo subsuperficial. Esta

reptación puede terminar en un flujo o en un deslizamiento de traslación. (Jamie Suarez, 1998).

8.3 CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO

El movimiento presenta las características de reptación, este se ve en forma esquemática en la Figura 3131. Donde en la zona alta se evidencia flujos de aguas, lo cual produce que ocurran zonas de acumulación de las mismas en la zona donde se ubica planta de tratamiento. Esta información se adquirió por los habitantes de la zona.












Esto produce un aumento en el peso del suelo, lo cual hace que este por efecto de la gravedad se deslice a las partes más bajas buscando un punto de estabilidad. Un fenómeno de reptación puede con el tiempo evolucionar a un deslizamiento de traslación. (Jamie Suarez, 1998).

Fotografía 25. Planta de tratamiento de aguas.



Fuente: Registro fotográfico.

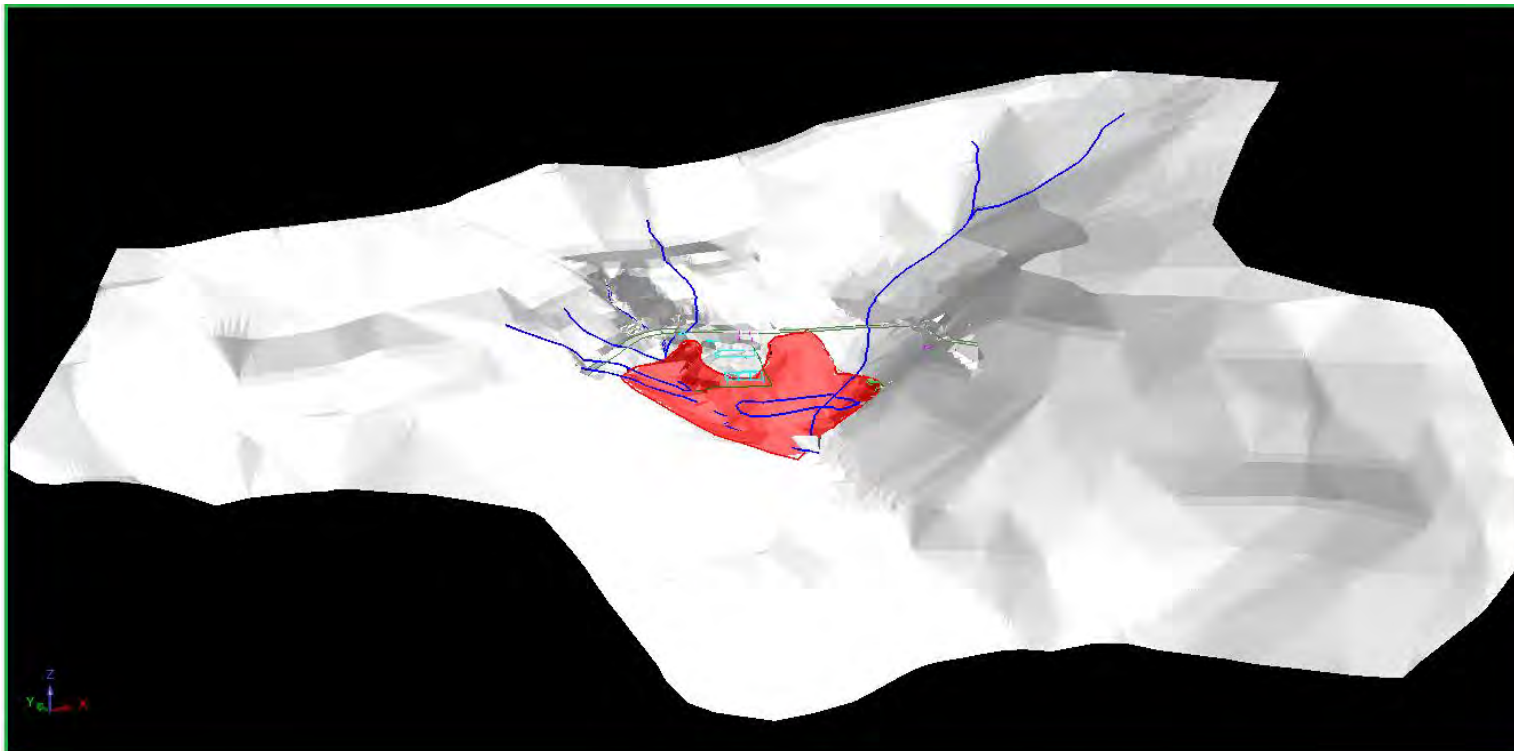
Tabla 21. Resumen, ensayos de laboratorio.

		<p>UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS SECCIONAL SOGAMOSO</p>																		
MEMORIA DE SONDEOS																				
PROYECTO:		ESTUDIO DE RIESGO, AMENAZA Y VULNERABILIDAD DEL SECTOR PUENTE CAMACHO																		
PERFORACION:		S1 - S2 - S3																		
LOCALIZACION:		PROYECTO : ESTUDIO DE RIESGO, AMENAZA Y VULNERABILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO, MUNICIPIO NUEVO COLON																		
FECHA:		MARZO DE 2013																		
 inalterada  alterada																				
												RESISTENCIA AL CORTE SUELOS								
			COORDENADAS				PROPIEDADES FISICAS SUELOS					CORTE DIRECTO		λ HUMEDO		λ SECO		COMPRESION INCONFINADA		PENETROMETRO
SONDEO / APIQUE N°	MUESTRA N°	TIPO DE MUESTRA	PROF. (m)	E	N	Wn (%)	LL	LP	IP	CLASIF (U.S.C.)	P.T.N° 200 %	φ	C	Peso Unitario	Peso Unitario	qu	C	BOLSILLO Kg/cm²		
1	1		0,40	1,068,897	1,083,355	12,99	33,02	20,00	13,02	CL	80,168	15,855	0,801	2,1218	1,8213	2,4617	1,23085	> 4,0		
	2		0,90	1,068,897	1,083,355	12,60	38,74	19,23	19,51	CL	90,644							> 4,0		
2	1		0,70	1,068,902	1,083,255	17,22	30,11	13,64	16,47	CL	62,779							> 4,0		
	2		1,00	1,068,902	1,083,255	15,72	30,79	15,38	15,41	CL	3,009							> 4,0		
	3		1,10	1,068,901	1,083,359	11,86	27,72	10,53	17,19	CL	72,459	19,799	0,789	2,1064	1,8248	0,8232	0,4116	> 4,0		
3	1		0,20	1,068,864	1,083,241	9,90	21,31	9,52	11,79	CL	15,328							> 4,0		
	2		0,50	1,068,864	1,083,241	9,18	21,68	12,50	9,18	CL	66,626							> 4,0		

Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLON, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Figura 31. Modelo en tres dimensiones de la zona de estudio



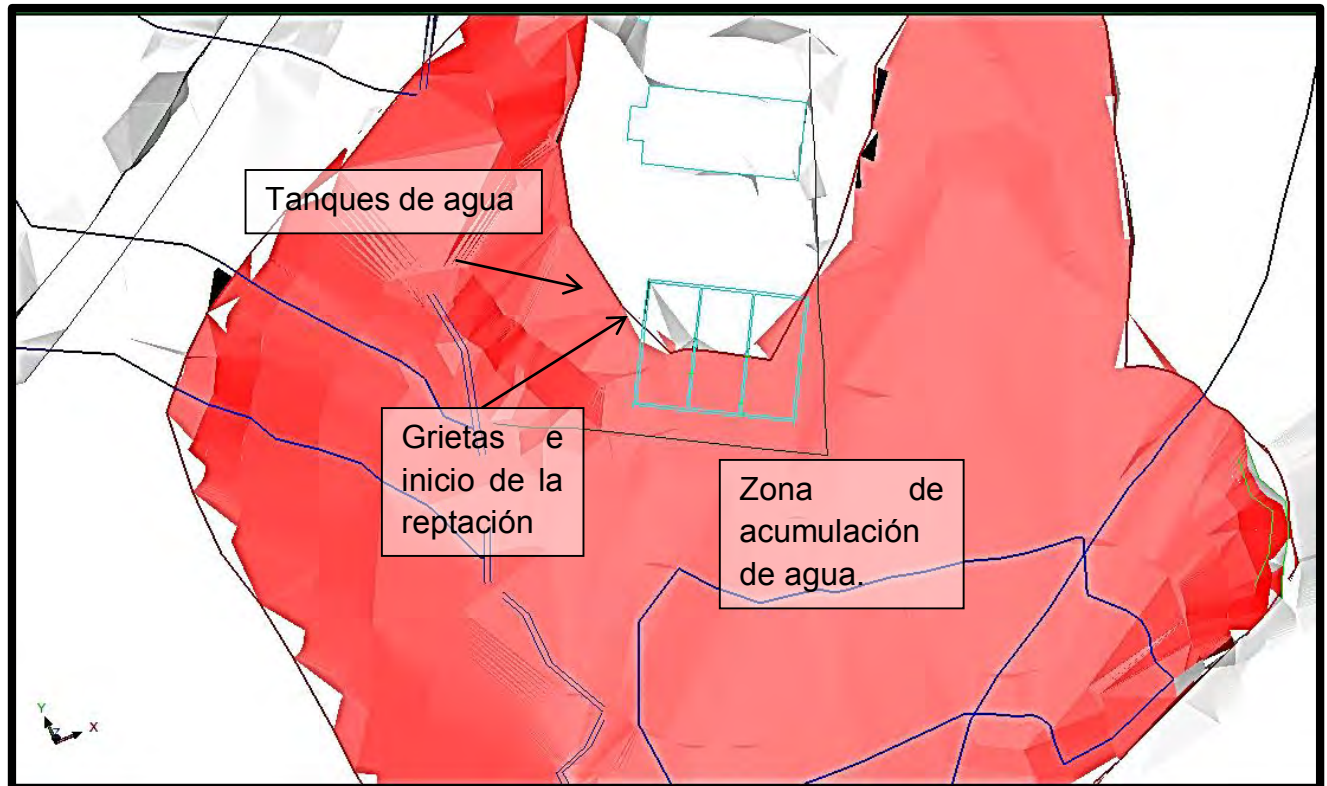
Fuente: Resultado del estudio

En la Figura 311 se observa de color rojo la zona afectada por la reptación, en color blanco la el relieve de la zona, de color azul los drenajes naturales, y en color cian, la planta de tratamiento de agua.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLON, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Se pudo determinar que en la parte superior de la reptación “corona” se producen las grietas de los tanques (ver Figura 32 y Fotografía 26)

Figura 32. Parte superior del deslizamiento.



Fuente: Resultado el estudio

Fotografía 26. Grietas en los tanques.



Fuente: Registro fotográfico.

Este tipo de movimientos se pueden evidenciar por la inclinación cercas y/o la inclinación o curvatura de los troncos de los árboles y arbustos (ver Fotografía 27 y Fotografía 28)

Fotografía 27. Inclínación de árboles debida a la reptación

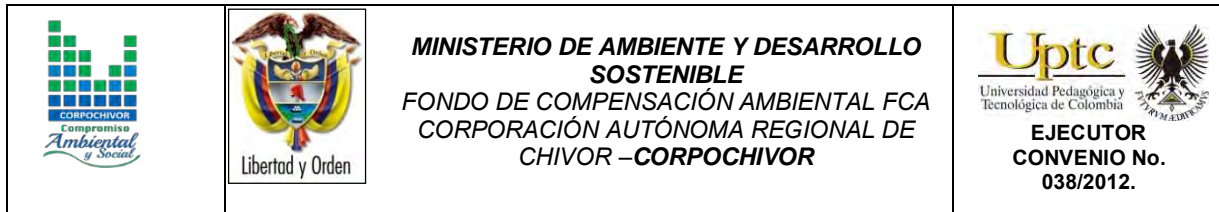


Fuente: Registro fotográfico.

Fotografía 28. Inclínación de la cerca debido a la reptación.



Fuente: Registro fotográfico.



8.4 CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

8.4.1 Causas Reales

Las causas directas del fenómeno 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

8.4.2 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:

Los procesos de expansión y contracción pueden generar fenómenos de reptación. Al aumentar la humedad el suelo.



La capacidad de capturar agua del material pero no de trasmitirla lo cual hacer que se generen grandes presiones las cuales generan la fuerza indicada para el desplazamiento del movimiento.

El agua proveniente de las precipitaciones, que se encausan hacia el sitio donde se ubica la planta de tratamiento empezándose en esta área por su disminución de la pendiente.

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.

8.5 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA

La modelación geotécnica tiene como objetivo verificar las condiciones actuales de estabilidad del sector donde se encuentra ubicada la planta de tratamiento de aguas en el municipio de Nuevo Colon, la cual considera fundamental para el municipio.



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 realizó 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, se consideró su efecto con el coeficiente Ru , coeficiente que se define como:

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



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

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

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

$$\sum F = m * a$$

Donde,

F: Fuerzas.

m: Masa de la dovela.

a: aceleración.

La aceleración aplicada a cada masa, corresponde a un porcentaje de la aceleración de la gravedad, el cual se define de acuerdo a los coeficientes de aceleración horizontal y vertical propuestos en la norma sismorresistente y a un coeficiente de reducción del coeficiente de aceleración, de acuerdo a las características del terreno. Para el Municipio de Nuevo Colon los coeficientes de aceleración horizontal (A_a) y vertical (A_v) son iguales a 0.2 y 0.2 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 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 23).

Tabla 22. Coeficientes de aceleración sísmica para el departamento Boyacá

N°	Municipio	Código	Aa	Av	Zona de Amenaza Sísmica	Ae	Ad
1	Tunja	15001	0.20	0.20	Intermedia	0.15	0.07
60	Nuevo Colón	15494	0.20	0.20	Intermedia	0.13	0.06
61	Oicatá	15500	0.20	0.25	Alta	0.13	0.06
62	Otanche	15507	0.15	0.15	Intermedia	0.16	0.08
63	Pachavita	15511	0.25	0.25	Alta	0.16	0.07

Fuente: Título A NSR – 10

Tabla 23. Coeficientes de reducción de coeficientes de aceleración sísmica

Material	$k_{ST} / a_{m\acute{a}x}$ 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 térreos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas
Todos los materiales térreos	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:

$$k = k_{ST} * A_a = 0.8 \times 0.25 = 0.16$$

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

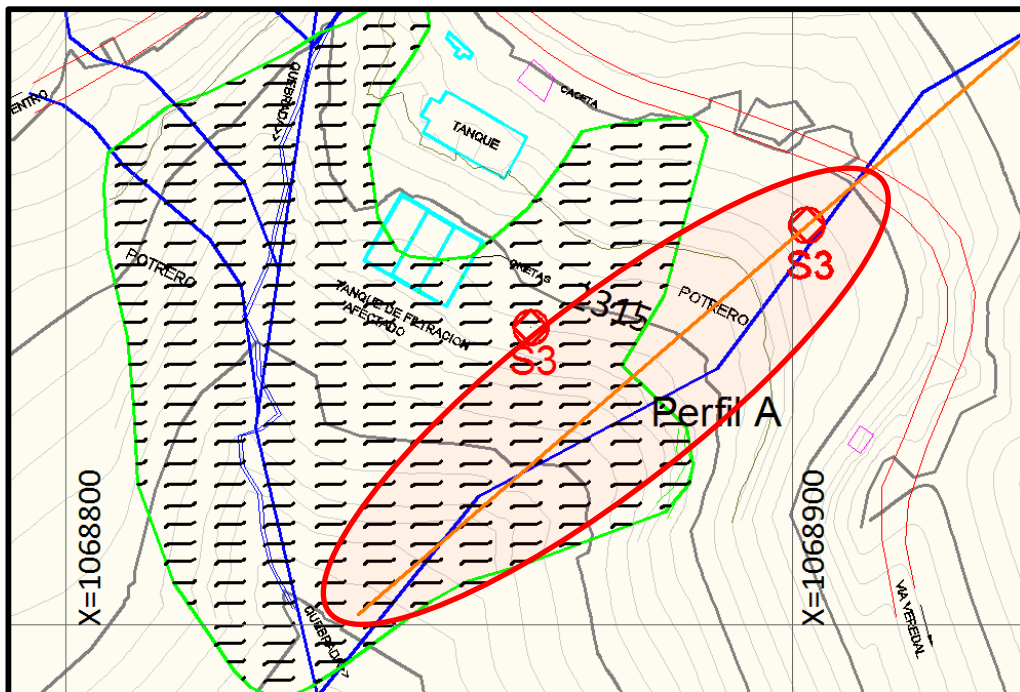
$$F.S. = \frac{\text{Fuerzas resistentes}}{\text{Fuerzas actuantes}}$$

procedió a evaluar las condiciones de estabilidad de la zona.

8.5.1 Modelo perfil A – A´

El trazo de este perfil se relaciona en el Mapa Exploración Geotécnica, este se puede observar en la Figura 3333 Y en la Fotografía 28.

Figura 33. Vista en planta del perfil A-A´



Fuente: Resultado del estudio

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

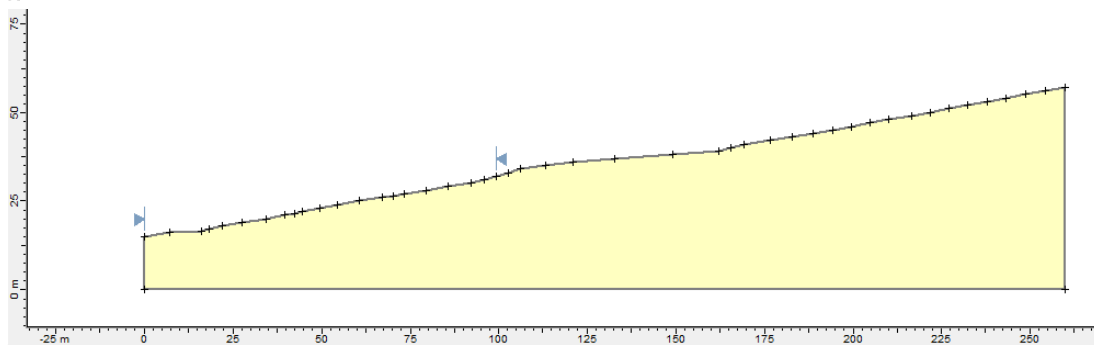
Fotografía 29. Corte del Perfil A-A´



Fuente: Registro fotográfico.

El modelo grafico analizado para determinar la los factores de seguridad se relaciona en Figura 3434 el cual se estableció con respecto a los datos recolectados en campo por el mapeo y los sondeos. Este perfil refleja un solo comportamiento mecánico por tratarse de un material coluvial.

Figura 34. 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.

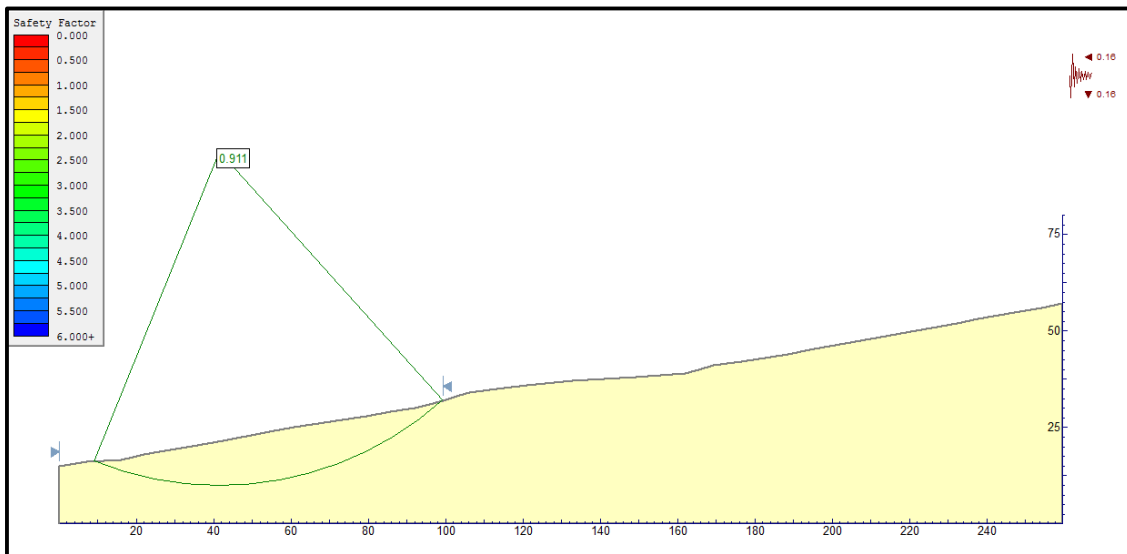
Los factores de seguridad obtenidos para los diferentes escenarios de análisis se relacionan a continuación (Tabla 244).

Tabla 24. 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)	1.9	2	1.9	2
Condición de agua subterránea crítica (Ru = 0.4)	1.2	1.4	1.3	1.4
Condición de agua subterránea media (Ru = 0.3) y sismo (análisis pseudoestático)	0.8	0.9	0.8	0.9

Fuente: Resultado del estudio

Figura 35. Modelo de análisis Fellenious.

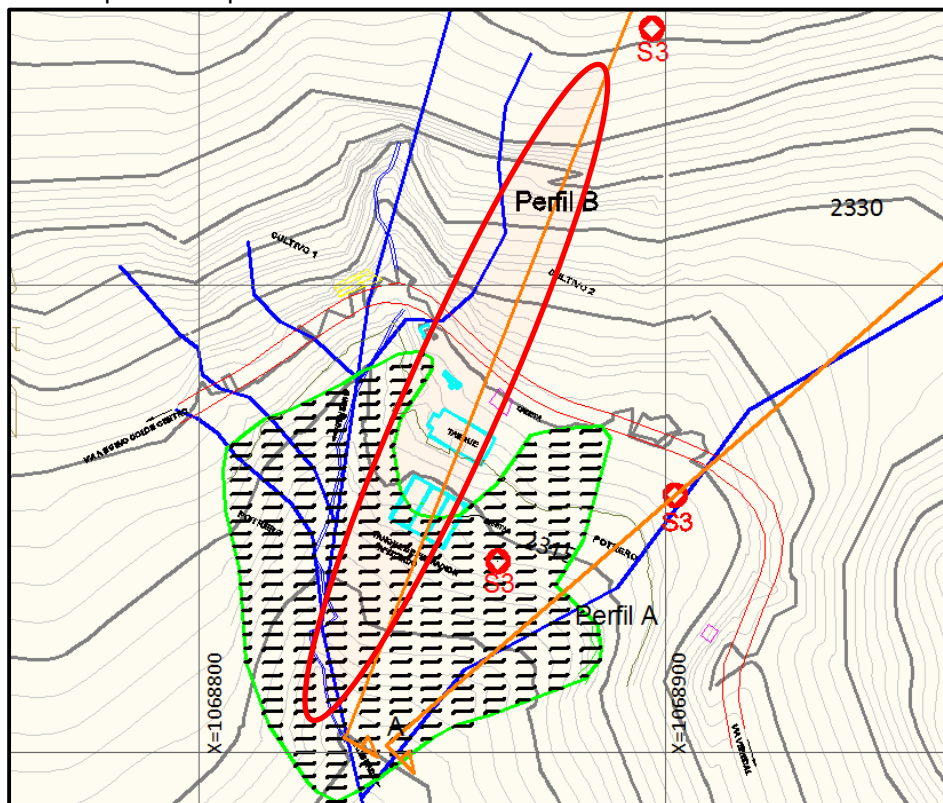


Fuente: Resultado del estudio

8.5.2 Modelo perfil B – B´

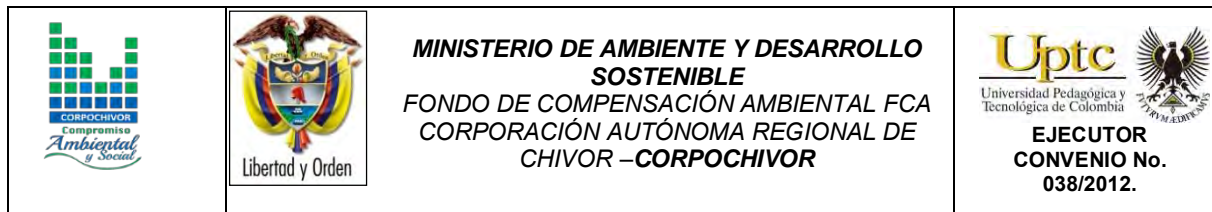
Este trazado se realizó buscando que se cortara longitudinalmente la planta de tratamiento de aguas como se muestra en la Figura 3636 (ver Anexo exploración geotécnica)

Figura 36. Vista en planta del perfil B- B´



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 255).

Tabla 25. 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 ($R_u = 0.1$)	1.35	1.45	1.3	1.4
Condición de agua subterránea crítica ($R_u = 0.4$)	1.01	1.06	0.9	1.01
Condición de agua subterránea media ($R_u = 0.3$) y sismo (análisis pseudoestático)	0.75	0.8	0.72	0.77

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.



9 ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

9.1 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE AMENAZAS

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

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

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


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

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

Tabla 26. Parámetros físicos y naturales estimados para la Identificación de Zonas Inestables (Deslizamientos)²

TIPOLOGÍA DE INDICADORES POR SU NATURALEZA	INDICADORES (ANTECEDENTES)	INDICADORES POTENCIALES
Geológicos	Afloramiento de rocas alteradas (diaclasadas), estructuras de formas irregulares.	Planos de fracturamiento a favor de la pendiente, estructuras rocosas de formas irregulares, material poco consolidado o deleznable.
Geomorfológicos	Terreno con pequeñas depresiones, relieve ondulado, existencia de escarpes y/o contrapendientes.	Pequeñas depresiones, relieve ondulado, apertura de grietas en el terreno
Hidrogeológicos	Abundancia relativa de agua (zonas de mayor vertimiento hídrico), suelos saturados, régimen cambiante de corrientes hídricas, acumulación o estancamiento de agua en proximidades a zonas inestables, desviación de ríos.	Abundancia relativa de agua y zonas de surgencia hídrica. Suelos con alto porcentaje de humedad o mojados en tiempo continuo.

² (Adaptación Grupo de investigaciones UPTC, Metodología para el análisis de los riesgos naturales, (MET-ALARN) Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación).

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

Vegetales	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, troncos torcidos y/o inclinados, rotura de raíces y raíces tensas, discontinuidades repentinas en la cobertura vegetal.	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, raíces tensas. Árboles tumbados en la parte baja del tronco.
Estructurales	Postes inclinados, cables tensos o flojos, casas o construcciones agrietadas o inclinadas, grietas u ondulaciones en los pavimentos o capas de rodadura, cercos desplazados.	
Toponimia	Nombres de lugares que pueden sugerir inestabilidad del terreno como Cerro Agua Blanca, Vereda Volcaneras.	
Históricos	Testimonios o documentos de eventos pasados.	

Fuente: Resultado del estudio

9.2 RESULTADO DE ANALISIS

Para la clasificación de la amenaza de la zona se utilizaron como criterios de categorización los presentados en la Tabla 27, teniendo en cuenta los parámetros de la Metodología de Leone.

Tabla 27. 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

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 28.

Tabla 28. Categorización de amenaza por frm según nsr-10

CONDICION	F.S. BASICOS MINIMOS DIRECTOS
TALUDES - CONDICION ESTATICA Y AGUA SUBTERRANEA NORMAL	1.5
TALUDES – CONDICIÓN SEUDO – ESTATICA CON AGUA SUBTERRANEA NORMAL Y COEFICIENTE SISMICO DE DISEÑO	1.02

Fuente: Resultado del estudio

9.3 ANALISIS DE AMENAZA

Fotografía 30. Infraestructura planta de tratamiento



Fuente: Registro fotográfico.

Fotografía 31. Parte interna de la planta (tanques decantadores).



Fuente: Registro fotográfico.

Se observa un proceso de reptamiento, Acelerado que afecta la estructura de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la Vereda El Tejar del Municipio de Nuevo, acelerado por el flujo de aguas provenientes de la parte alta del Municipio, incrementándose en épocas invernales, las cuales modifican de manera considerable las condiciones morfológicas del terreno, observándose grietas y terracetas que facilitan la acumulación del agua de escorrentía, saturando altamente el terreno, y en época seca lo contrae.

Este movimiento está asociado a las condiciones litológicas de la zona; ya ha afectado la infraestructura de la planta de tratamiento, e igualmente han modificado de manera considerable las condiciones morfológicas, afectando a los pobladores en el uso de los predios para actividades agrícolas y pecuarias.

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.

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

9.3.1 Amenaza Media.

Corresponde a la zona que incluye parte de la vía hacia la Vereda El Tejar y la parte baja de esta, en donde se encuentra ubicada la planta de tratamiento de aguas residuales, con pendientes moderadas de 10° a 30°, de depósitos coluviales.

Fotografía 32. Zona de amenaza media



Fuente: Registro fotográfico.

9.3.2 Amenaza Baja.

En este se encuentra la zona en la parte baja de la carrera segunda, en donde no hay presencia de viviendas pero si de predios de pastoreo y cultivos, observando un avanzado proceso de reptamiento hacia la cañada ubicada en el sector Noroeste.

Fotografía 33. Zona afectada



Fuente: Registro fotográfico.

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.



10 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.

10.1 VULNERABILIDAD

10.2 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 vías, construcciones, infraestructura, población, cultivos entre otros.

10.2.1 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 29.

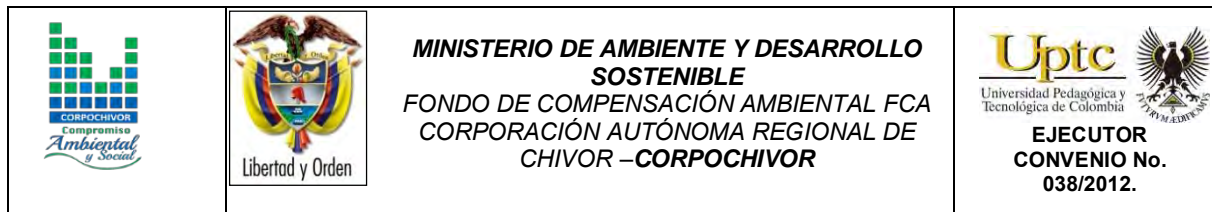


Tabla 29. Criterios de resistencia de la estructura

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 30.

10.3 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 30.

Tabla 30. 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), siguiendo 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

▪ Índice de Exposición (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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

considerar la magnitud de los eventos y su sollicitación, sobre los elementos expuestos teniendo en cuenta la superficie de contacto SC que el desplazamiento de material 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 31. Índice de Exposición

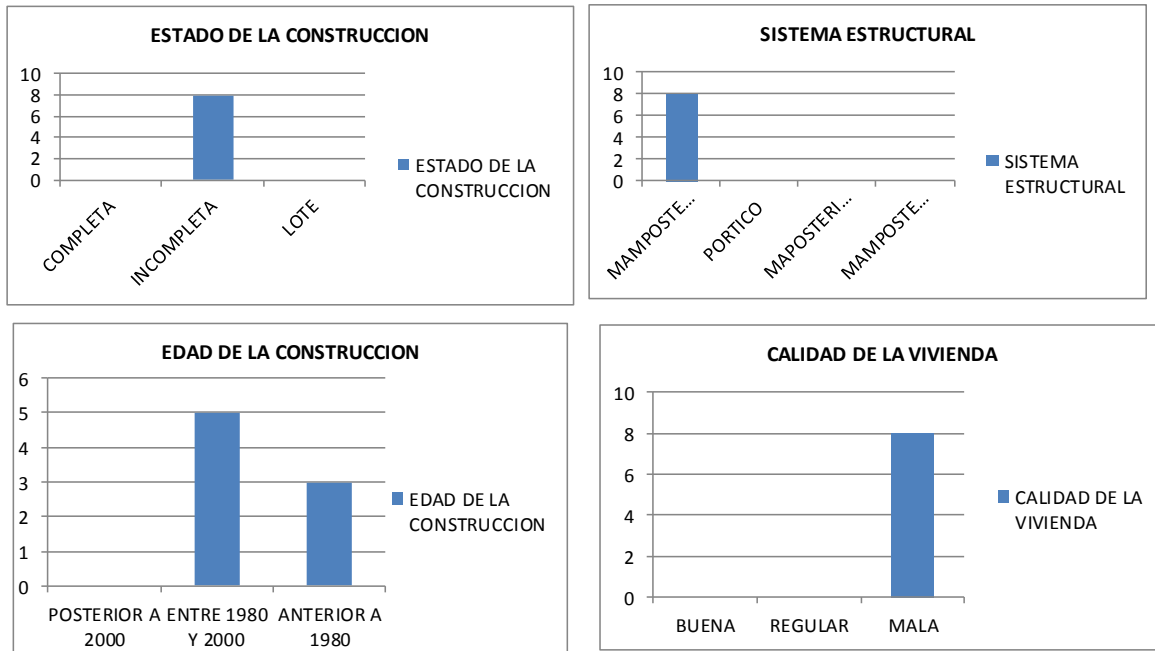
RANGO	SC
$H_f < 1/3 H_v$	0.09
$1/3 H_v < H_f < 2/3 H_v$	0.40 a 0.60
$2/3 H_v < H_f < H_v$	0.75

Fuente: Resultado del estudio

▪ Índice 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 38, se muestra el estado de la construcción, estructura de techo, estructura del piso y sistema estructural.

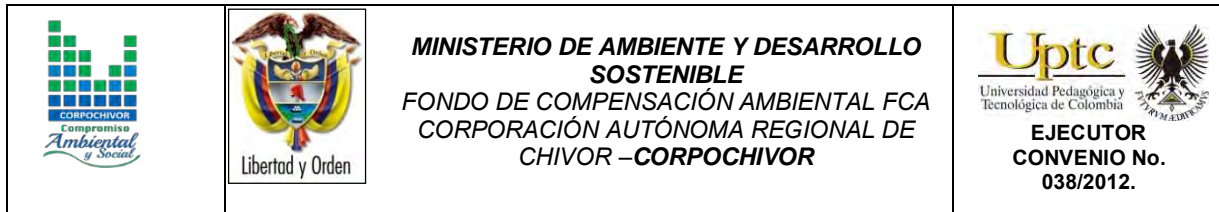
Figura 37. Tipificación de las viviendas



Fuente: Resultado del estudio

▪ Tipología de viviendas

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



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

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

Vivienda en mampostería: Contempla todas las viviendas de uno a tres pisos, cuyos muros son en mampostería con diferentes tipos de elementos de amarre estructural, donde ellos hacen las veces de unidades de soporte. Con calidad constructiva que oscila desde alta hasta regular, la cubierta generalmente es de asbesto cemento, teja de zinc o de barro.

Vivienda hasta dos niveles: de buena calidad de construcción, con estructura. Estas unidades involucran sistemas aporricados con placas de 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 solicitud 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 32 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:

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

IR = Índice de Resistencia

C = Valor asignado para cada tipo de cubierta

T = Valor asignado para tipo de Estructura de techo



SE = Valor asignado para tipo de Sistema Estructural

Tabla 32. Factores de Ponderación

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

Fuente: Resultado del estudio

▪ Intensidad e índice 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 33). 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 34.

Tabla 33. Matriz para la determinación intensidad de daño

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

MATRIZ PARA LA DETERMINACION D E LA INTENSIDAD DE DAÑO							
EVENTO	SOLICITACION		TIPO DE VIVIENDA				
			RECUPERACION	MUROS	PREFABRICADA	PORTICOS	LOTE VACIO
DESPLAZAMIENTOS, 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 34. 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,

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



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

Para el sector, las 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.

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.

10.4 EVALUACION Y GENERACION DE ESCENARIOS DE RIESGO

En particular, se puede llamar la atención sobre la existencia de lugares de riesgo Medio 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 35. Matriz para escenarios de riesgo

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLON, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

Fuente: Resultado del estudio.

10.4.1 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 seis viviendas en el área de influencia del movimiento. Las viviendas del sector fueron censadas.

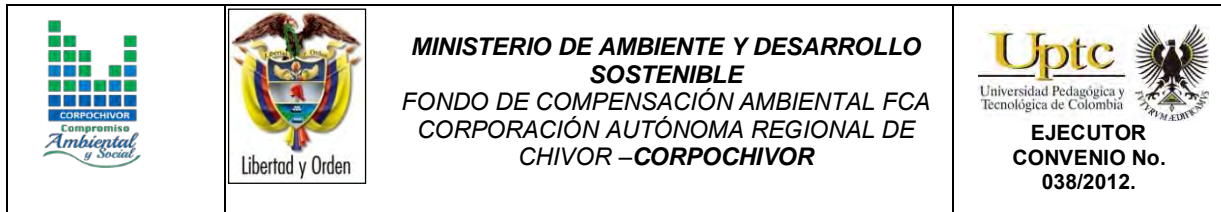


Tabla 36. Número de integrantes por familia

FAMILIA	No. INTEGRANTES
ANA OLIVA MENESES	2
JAIRO HUMBERTO SUAREZ	5
JORGE MUÑOZ	1
JULIO CASTEBLANCO	1
LUIS ANTONIO GAMBA CRUZ	3
ADAN LOPEZ DUARTE	1

Fuente: Resultado del estudio

En la zona en general se observa el desplazamiento del material, con formación de pequeños escarpes, agrietamientos e inclinación de árboles.



11 OBRAS RECOMENDADAS

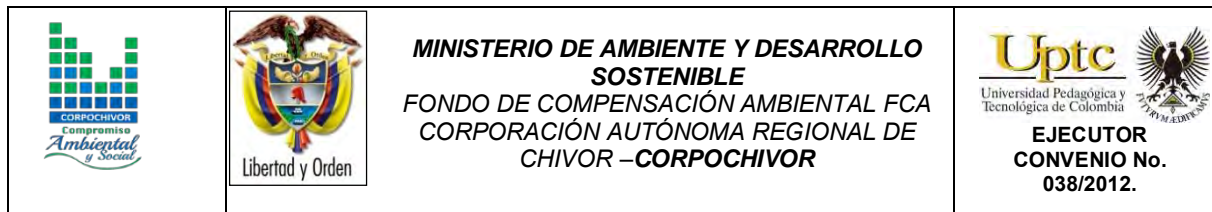
Los planes de prevención, mitigación, monitoreo y mantenimiento son presentados en detalle en el Anexo 10 (Diseño de Obras), que forma parte de este documento.

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.

12 CONCLUSIONES.

- Se presenta un ovimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación es de tipo estacional asociada a cambios climáticos, o de humedad del terreno, el proceso es activo remontante, presenta un área aproximada de 4879,70 m² con una profundidad promedio de 4 m, sus causa posibles por material plástico débil detonado por lluvias, por su uso dado matorrales, cultivos, agrícola, ganadería, los daños presentes en el área de las viviendas, áreas agrícolas y para pastoreo, erosión y deforestación.
- Los pastos limpios presentes en la zona de estudio en el municipio de nuevo colon, facilitan el avance y velocidad del FRM debido a la ausencia de cobertura vegetal mayor. 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 semiáridas y la desprotección de las escorrentías. Esto último influye también en el balance de las aguas superficiales y subterráneas.
- El FRM está asociado a las condiciones litológicas de la zona; ha afectado la infraestructura de la planta de tratamiento, e igualmente han modificado de manera considerable las condiciones morfológicas, afectando a los pobladores en el uso de los predios para actividades agrícolas y pecuarias.

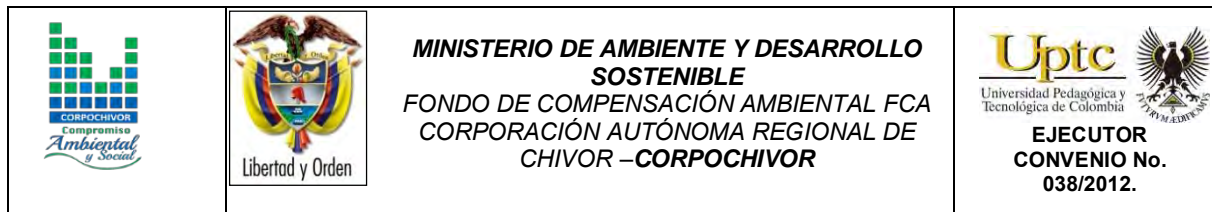


13 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda la construcción de canales para el manejo del agua de escorrentía, de igual manera se recomienda la instalación de un filtro francés para la captación de agua subsuperficial, de acuerdo a lo que se muestra en los planos.
- Se debe generar un sistema de captación de las aguas de riego de los cultivos presentes en la zona con el fin de mantener un nivel de humedad bajo en el terreno.
- Se debe realizar una inspección cuidadosa de la estabilidad de la estructura de los tanques para determinar si es posible su reparación. De igual forma debe inspeccionarse, mediante un apique, las condiciones del suelo de fundación de los tanques, puesto que debido a las altas cargas producidas por el agua contenida, es recomendable tener una capa de material granular seleccionado bajo la losa de cimentación.
- Se deben tomar las medidas necesarias para impedir filtraciones de agua de los tanques directamente sobre su suelo de fundación, pues esto favorece las condiciones para que se presenten fuertes asentamientos de la estructura.



- Se recomienda la instalación de piezómetros, para monitorear la posición del nivel freático.
- De igual manera se recomienda la instalación de inclinómetros en los muros de los tanques para monitorizar sus deformaciones.
- Se recomienda que los organismos responsables desarrollen o preparen planes de contingencia adecuados que les permita a la población afrontar el riesgo. Preparándolos actuar ordenadamente, indicando sitios a dónde acudir, rutas de evacuación, entre otras.



14 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.

metodologfa CORINELand Cover adaptada para Colombia 2010

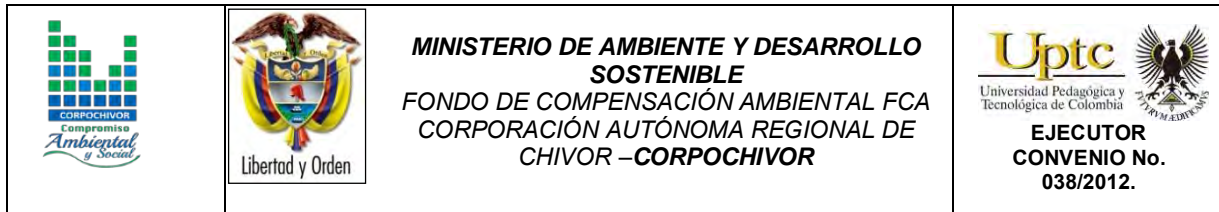
Saunders, D.A., Hobbs, R.J. y Margules, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.

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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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

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

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

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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, VEREDA EL TEJAR, MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).