



ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
FOPAE

**ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR REMOCIÓN
EN MASA Y RECOMENDACIONES DE MEDIDAS DE
PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PARA EL BARRIO NUEVA
ESPERANZA, LOCALIDAD DE USME**

**INFORME FINAL
TOMO I**

UNIÓN TEMPORAL



SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2000

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN EJECUTIVO	
1. GENERALIDADES	1.1
1.1. Introducción	1.1
1.2. Recopilación y análisis de información	1.3
1.3. Organización del informe	1.3
1.4. Modelos y metodologías de análisis	1.4
2 INFORMACIÓN BÁSICA	2.1
2.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	2.1
2.1.1. Objetivo	2.1
2.1.2. Metodología	2.1
2.2. GEOLOGÍA	2.4
2.2.1. Objetivos	2.4
2.2.2. Metodología	2.4
2.2.3. Geología Regional	2.5
2.2.4. Geología local	2.9
2.2.4.1. Generalidades	2.9
2.2.4.2. Estratigrafía	2.9
2.2.4.2.1. Conjunto Inferior (Teri)	2.10
2.2.4.2.2. Conjunto Superior (Ters)	2.10
2.2.4.2.3. Cuaternario (Q)	2.13
2.2.4.2.3.1. Depósitos Coluviales (Qcol)	2.13
2.2.4.2.3.2. Flujos de Tierra (Qft)	2.13
2.2.4.2.3.3. Depósitos de Suelo Residual (Qsr)	2.13
2.2.4.2.3.4. Depósitos de Origen Antrópico (Qra)	2.14
2.2.4.3. Tectónica	2.14
2.2.4.3.1. Diaclasas	2.14
2.3. GEOMORFOLOGÍA Y MORFODINÁMICA ACTUAL	2.16
2.3.1. Geomorfología	2.16
2.3.1.1. Tipo de material (M)	2.19
2.3.1.2. Pendiente (P)	2.20
2.3.1.3. Control litológico (L)	2.22
2.3.1.4. Régimen de agua (R)	2.22
2.3.2. Procesos morfodinámicos	2.25
• Ficha proceso 1	2.28
• Ficha proceso 2	2.29
• Ficha proceso 3	2.30
• Ficha proceso 4	2.31
• Ficha proceso 5	2.32
• Ficha proceso 6	2.33
• Ficha proceso 7	2.34
• Ficha proceso 8	2.35
• Ficha proceso 9	2.36
• Ficha proceso 10	2.37
• Ficha proceso 11	2.38
• Ficha proceso 12	2.39

	Pág.
• Ficha proceso 13	2.40
• Ficha proceso 14	2.41
• Ficha proceso 15	2.42
• Ficha proceso 16	2.43
• Ficha proceso 17	2.44
• Ficha proceso 18	2.45
• Ficha proceso 19	2.46
• Ficha proceso 20	2.47
• Ficha proceso 21	2.48
• Ficha proceso 22	2.49
• Ficha proceso 23	2.50
• Ficha proceso 24	2.51
• Ficha proceso 25	2.52
• Ficha proceso 26	2.53
• Ficha proceso 27	2.54
2.4. HIDROLOGÍA Y CLIMA	2.55
2.4.1. Generalidades	2.55
2.4.2. Objetivos	2.55
2.4.3. Características de la cuenca	2.55
2.4.4. Precipitación	2.58
2.4.4.1. Análisis estadístico	2.58
2.4.4.2. Curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF) para precipitaciones de corta duración	2.60
2.4.4.3. Lluvia crítica	2.61
2.5. USOS DEL SUELO Y COBERTURA	2.66
2.5.1. Generalidades	2.66
2.5.2. Objetivos	2.67
2.5.2.1. Objetivo general	2.67
2.5.2.2. Objetivos específicos	2.67
2.5.3. Cobertura vegetal y uso actual del suelo	2.67
2.5.3.1. Unidades de mapeo	2.67
2.5.3.2. Categorías de clasificación	2.68
2.5.3.3. Leyenda	2.68
2.5.3.3.1. Unidades puras	2.69
2.5.3.3.1.1. Tierras con bosques (B)	2.69
2.5.3.3.1.2. Tierras con rastrojos (R)	2.70
2.5.3.3.1.3. Tierras con pastos (P)	2.70
2.5.3.3.1.4. Tierras agrícolas (A)	2.70
2.5.3.3.1.5. Tierras sin cobertura vegetal (Sc)	2.71
2.5.3.3.2. Unidades de consociaciones	2.71
2.5.4. Análisis Multitemporal	2.72
2.5.5. Influencia de la Vegetación en la Estabilidad de las Laderas	2.72
2.5.6. Conclusiones y Recomendaciones	2.73
2.6. FACTOR ANTRÓPICO	2.74
2.6.1. Deforestación	2.74
2.6.2. Fugas de instalaciones hidráulicas y sanitarias	2.75
2.6.3. Modificación de la topografía	2.75

	Pág.
2.7.	INVESTIGACION DEL SUBSUELO 2.76
2.7.1.	Objetivos 2.76
2.7.2.	Plan de exploración del subsuelo 2.76
2.7.3.	Ensayos de laboratorio 2.78
2.7.4.	Perfil del suelo 2.84
2.7.5.	Análisis de resultados 2.86
2.7.5.1.	Parámetros de resistencia 2.86
2.7.6.	Análisis determinístico de estabilidad 2.95
2.7.6.1.	Parámetros promedios máximos y mínimos. 2.95
2.7.6.1.1.	Cálculo de parámetros de resistencia cohesión, ángulo de fricción y Ru 2.95
2.7.7.	Conclusiones 2.99
3	AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 3.1
3.1.	INTRODUCCIÓN 3.1
3.2.	OBJETIVO 3.1
3.3.	METODOLOGÍA 3.2
3.3.1.	Variables aleatorias 3.2
3.3.2.	Análisis probabilístico de estabilidad 3.2
3.3.2.1.	Para deslizamientos 3.2
3.3.2.2.	Para caída de rocas 3.4
3.4.	ZONAS HOMOGÉNEAS 3.5
3.4.1.	Delimitación 3.5
3.4.2.	Solicitaciones 3.7
3.5	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS 3.14
3.5.1	Subzonas IA y IB 3.14
3.5.2	Subzonas IC y IIA 3.16
3.5.3	Subzonas IIB y IV 3.17
3.5.4	Zona III 3.18
3.5.5	Zona V 3.20
3.5.6	Zona VI 3.20
3.6	Zonificación por amenaza 3.21
3.7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 3.22
3.7.1	Zona de amenaza muy alta 3.22
3.7.2	Zona de amenaza alta 3.22
3.7.3	Zona de amenaza media 3.22
3.7.4	Zona de amenaza baja 3.23
4	VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 4.1
4.1	INTRODUCCIÓN 4.1
4.2	OBJETIVOS 4.1
4.3	METODOLOGÍA 4.1
4.3.1	Tipificación de las viviendas 4.2
4.3.2	Clasificación de los daños 4.4
4.3.3	Solicitaciones 4.5
4.3.4	Matriz de daño 4.5
4.3.5	Índice de vulnerabilidad física (IVF) 4.5
4.4	CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD 4.8
4.5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 4.9

	Pág.	
5	RIESGOS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	5.1
5.1	INTRODUCCIÓN	5.1
5.2	METODOLOGÍA	5.1
5.3	ZONIFICACIÓN POR RIESGO ANTE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	5.1
5.4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	5.2
5.4.1.	Plan de acción para la prevención de riesgos	5.3
5.4.1.1.	Objetivos	5.3
5.4.1.2.	Criterios	5.4
5.4.1.3.	Soluciones posibles	5.4
5.4.2.	Plan de emergencia	5.6
5.4.2.1.	Generalidades	5.6
5.4.2.2.	Esquema del plan	5.7
5.4.2.3.	Plan operativo	5.8
5.4.2.3.1.	Niveles de respuesta de la emergencia	5.8
5.4.2.3.2.	Organización	5.9
5.4.2.3.3	Plan de monitoreo, instrumentación y mitigación	5.10
5.4.2.4.	Plan informático	5.10
5.4.2.4.1.	Cartografía obtenida de los trabajos	5.10
5.4.2.4.2.	Información sobre viviendas del barrio	5.11
5.4.2.4.3.	Listado de personal de apoyo	5.11
6	ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN	6.1
6.1	INTRODUCCIÓN	6.1
6.2	OBJETIVO	6.1
6.3	METODOLOGÍA	6.1
6.3.1	El modelo de decisión	6.1
6.3.2	Análisis de decisiones	6.2
6.4	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	6.3
6.4.1	Para caída de rocas	6.3
6.4.2	Para deslizamientos	6.4
6.4.2.1	Generalidades	6.4
6.4.2.2	Zonas de análisis	6.4
6.4.2.2.1	Zona homogénea III A	6.6
6.4.2.2.2	Zona III C	6.10
6.4.2.2.3	Zona IV	6.15
6.4.2.2.4	Zona VI	6.17
6.5	ANÁLISIS COSTO /BENEFICIO	6.18
6.5.1	Zona de caída de rocas (IM2)	6.18
6.5.2	Zonas de deslizamientos	6.19
6.5.2.1	Zonas III A	6.19
6.5.2.2	Zona III C	6.20
6.5.2.3	Zona IV	6.20
6.5.2.4	Zona VI	6.21
6.6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	6.21
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7.1

LISTA DE TABLAS

NÚMERO	TÍTULO	Pág.
1.1.	Planchas 1:2000 del IGAC utilizadas	1.3
1.2.	Relación de fotografías aéreas	1.3
2.1.1.	Coordenadas y cotas de vértices de amarre y mojones	2.2
2.2.1.	Fotografías aéreas utilizadas	2.4
2.3.1.	Clasificación de laderas por dirección de pendiente	2.16
2.3.2.	Clasificación por tipo de material involucrado en la ladera	2.20
2.3.3.	Clasificación por pendiente	2.20
2.3.4.	Clasificación por control litológico	2.22
2.3.5.	Clasificación por régimen de agua	2.23
2.3.6.	Resultados de la Zonificación Geomorfológica	2.24
2.3.7.	Generación y Reactivación de Procesos	2.26
2.3.8	Resumen del inventario de procesos, actividad del mismo y tipo de material afectado	2.27
2.4.1.	Estaciones Hidrometeorológicas utilizadas en la zona de estudio.	2.59
2.4.2.	Relación entre la lluvia crítica y la lluvia anual para la ciudad de Santafé de Bogotá (INGEOCIM - UPES, 1998).	2.62
2.4.3.	Resultados obtenidos de la relación entre la lluvia crítica y la lluvia anual	2.62
2.5.1.	Clasificación de la cobertura terrestre y uso de la tierra de la cuenca hidrográfica.	2.72
2.7.1.	Trabajos de exploración del subsuelo.	2.78
2.7.2	Tablas de resultados ensayos de laboratorio.	2.80
2.7.3.	Resultados de los ensayos de corte	2.86
2.7.4.	Determinación de c y ϕ	2.92
2.7.5.	Resumen de parámetros de c' y ϕ' obtenidos	2.98
3.1	Descripción de las zonas homogéneas	3.6
3.2	rangos de velocidad utilizada en el estudio	3.8
3.3	Categorías de presiones laterales utilizadas en el estudio	3.8
3.4	Solicitaciones características de la zona de influencia indirecta por caída de rocas	3.9
3.5	Solicitaciones características de la Zona Homogénea I	3.10
3.6	Solicitaciones características de la Zona Homogénea II	3.11
3.7	Solicitaciones características de la Zona Homogénea III	3.12
3.8	Solicitaciones características de la Zona Homogénea IV, V y VI	3.13
3.9	Mecanismos de falla para caída de rocas	3.15
3.10	Probabilidades de falla para caída de rocas	3.16
3.11	Probabilidades de falla para la Subzona IC	3.16
3.12	Probabilidades de falla para la Subzona IIA	3.17
3.13	Probabilidades de falla Subzona IIB	3.17
3.14	Probabilidades de falla Subzona IV	3.18
3.15	Probabilidades de falla Subzona IIIC	3.18
3.16	Probabilidades de falla Subzona IIIB	3.19
3.17	Probabilidades de falla Subzona IIIA	3.19
3.18	Probabilidades de falla Subzona IIID	3.19
3.19	Probabilidades de falla para la zona V	3.20

NÚMERO	TÍTULO	Pág.
3.20	Probabilidades de falla para la zona VI	3.20
3.21	Criterios de zonificación por amenaza	3.21
3.22	Resumen de resultados	3.21
4.1	Criterios de resistencia de las estructuras según el tipo de solicitud	4.2
4.2	Clasificación de la tipología de vivienda en el sector	4.3
4.3	Clasificación de los daños según el DRM	4.4
4.4	Matriz de daño utilizada en el estudio	4.5
4.5	Valores de IP utilizados para valorar el ID en el estudio	4.6
4.6	Selección del valor de alfa	4.8
4.7	Criterio de categorización de la vulnerabilidad de las edificaciones ante fenómenos de remoción en masa	4.8
5.1	Criterio de categorización del riesgo de las edificaciones por fenómenos de remoción en masa	5.1
6.1	Presupuesto para las obras contempladas en la Alternativa 1 de las zonas IM2	6.4
6.2	Cantidades de obra y costos de las alternativas de mitigación para la zona homogénea III A sección 1	6.8
6.3	Cantidades de obra y costos de las alternativas de mitigación para la zona homogénea III A sección 14	6.9
6.4	Cantidades de obra y costos de las alternativas de mitigación para la zona homogénea III A sección 15	6.10
6.5	Cantidades de obra y costos de las alternativas de mitigación 1 para la zona homogénea III C secciones 3 y 4	6.11
6.6	Cantidades de obra y costos de las alternativas de mitigación 2 para la zona homogénea III C secciones 3 y 4	6.12
6.7	Cantidades de obra y costos de las alternativas de mitigación para la zona homogénea III C sección 6	6.13
6.8	Cantidades de obra y costos de las alternativas de mitigación para la zona homogénea III C secciones 8 y 9	6.14
6.9	Cantidades de obra y costos de las alternativas de mitigación para la zona homogénea III C sección 10	6.15
6.10	Cantidades de obra y costos de las alternativas de mitigación para la zona homogénea IV secciones 5 y 7	6.16
6.11	Cantidades de obra y costos de las alternativas de mitigación para la zona homogénea IV sección 13	6.17
6.12	Cantidades de obra y costos de las alternativas de mitigación para la zona homogénea VI	6.18
6.13	Análisis costo / beneficio para las zonas IM2 (Caída de rocas)	6.19
6.14	Resumen de las alternativas de mitigación planteadas para cada una de las zonas homogéneas con amenaza alta o muy alta	6.19
6.15	Análisis costo / beneficio para las zonas DL4 y EL4 (Deslizamientos)	6.20
6.16	Análisis costo / beneficio para las zonas DL6 y EL6 (Deslizamientos Zonas IIIC)	6.20
6.17	Análisis costo / beneficio para las zonas DL8a y EL8a (Deslizamientos Zona IV)	6.21
6.18	Análisis costo / beneficio para las zonas DL10 y EL10 (Deslizamientos Zona VI)	6.21
6.19	Recomendaciones	6.23

LISTA DE FIGURAS

NÚMERO	TÍTULO	Pág.
1.1.	Localización general del área de estudio	1.2
2.1.1.	Área del levantamiento topográfico y base cartográfica del IGAC.	2.3
2.2.1.	Modelo de elevación	2.7
2.2.2.	Mapa de Lineamientos	2.8
2.2.3.	Columna Estratigráfica del conjunto superior de la Formación Regadera (Ters)	2.12
2.3.1.	Mapa de dirección de pendiente	2.17
2.3.2.	Mapa de laderas	2.18
2.3.3.	Mapa de pendientes	2.21
2.4.1.	Red de drenaje y microcuencas de la cuenca de la quebrada La Guairita.	2.56
2.4.2.	Lluvias medias mensuales (1990 - 1997) en la estación Juan Rey.	2.59
2.4.3.	Lluvias medias mensuales (1990 - 1997) en la estación La Picota.	2.60
2.4.4.	Curva Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF) para la zona de estudio.	2.61
2.4.5.	Curvas de Precipitación media multianual - para la zona de estudio.	2.63
2.4.6.	Curvas de Precipitación Critica - para la zona de estudio.	2.64
2.4.7.	Curvas de Periodos de Retorno de la Precipitación Critica - para la zona de estudio.	2.65
2.6.1.	Distribución de la cobertura vegetal en la zona de estudio.	2.74
2.7.1.	Localización de los trabajos de exploración del subsuelo.	2.77
3.1	Esquema de deslizamiento	3.7
3.2	Esquema de caída de rocas	3.8
4.1	Distribución porcentual de viviendas por tipología en la zona de estudio	4.3
4.2	Valoración de ID (potencial y actual) utilizando conjuntos difusos	4.6
4.3	Gráfica para determinar IVF con un $\alpha=0.6$	4.7
4.4	Número de viviendas por tipo de solicitud	4.9
4.5	Distribución porcentual de viviendas en la condición actual por categoría de vulnerabilidad	4.10
4.6	Distribución porcentual de viviendas bajo el supuesto de mejoramiento estructural por categoría de vulnerabilidad	4.11
5.1	Distribución porcentual de viviendas por categoría de riesgo, para la condición actual	5.2
5.2	Distribución porcentual de viviendas por categoría de riesgo, con el supuesto de mejoramiento de las viviendas	5.3
6.1	Árbol de decisiones	6.2
6.2	Localización de las secciones de análisis	6.6
6.3	Secciones de análisis 1 y 2	6.23
6.4	Secciones de análisis 3, 4, 5, 6 y 7	6.24
6.5	Secciones de análisis 8, 9 y 10	6.25
6.6	Secciones de análisis 13, 14 y 15	6.26

LISTA DE FOTOS

NÚMERO	TÍTULO	Pág.
2.4.1.	Detalle de la intervención antrópica en la cuenca de la Quebrada La Guarita	2.57
2.4.2.	Detalle del cauce de la Quebrada La Guarita	2.58

LISTA DE PLANOS

NÚMERO	TÍTULO
1	Levantamiento Topográfico
2	Geología Regional
3	Geología Local
4	Perfiles Geológicos
5	Geomorfología
6	Inventario de Procesos
7	Cobertura Vegetal y Uso del Suelo
8	Factor Antrópico
9	Caracterización Geotécnica
10	Zonas Homogéneas
11A	Mapa de Solicitaciones por Caída de Rocas
11B	Mapa de Solicitaciones por Desplazamientos Laterales
11C	Mapa de Solicitaciones por Empujes Laterales
12	Amenaza Actual por Fenómenos de Remoción en Masa
13	Tipología de Vivienda
14	Vulnerabilidad Física de Edificaciones
15	Riesgo Actual por Fenómenos de Remoción en Masa
16	Recomendaciones

LISTA DE ANEXOS

NÚMERO	TÍTULO
1	Topografía <ul style="list-style-type: none">• Nube de Puntos• Certificados IGAC
2	Investigación del Subsuelo <ul style="list-style-type: none">• Registro de Perforación• Ensayos de Laboratorio• Tablas de Resultados
3	Análisis determinístico de estabilidad <ul style="list-style-type: none">• Estimación de Parámetros de Análisis• Perfiles de Análisis• Tabla de Resultados
4	Amenaza <ul style="list-style-type: none">• Cálculos• Probabilidades de falla anuales para deslizamientos• Probabilidades de falla por caída de roca
5	Vulnerabilidad <ul style="list-style-type: none">• Cálculos• Vulnerabilidad por Impactos• Vulnerabilidad por Empujes Laterales• Vulnerabilidad por Deslizamientos Laterales• Vulnerabilidad Total• Resumen Inventario de Viviendas• Inventario de Viviendas
6	Riesgo <ul style="list-style-type: none">• Cálculos• Riesgo por Impactos• Riesgo por Empujes Laterales• Riesgo por Desplazamientos Laterales• Riesgo Total
7	Alternativas de mitigación y relación Costo – Beneficio <ul style="list-style-type: none">• Zona homogénea IM2 (Caída de Rocas)• Zona homogénea IIIA Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 1 Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 14 Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 15• Zona homogénea IIIC

NÚMERO

TÍTULO

- Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 3
- Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 4
- Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 6
- Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 8 y 9
- Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 10
- Zona homogénea IV
- Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 5
- Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 7
- Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 13
- Zona homogénea IV
- Análisis de estabilidad de la alternativa de Solución Sección 2

ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.
DPAE - FOPAE

EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGOS DEL
BARRIO LA NUEVA ESPERANZA
LOCALIDAD DE USME

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

En desarrollo del Contrato de Consultoría No. CCS-541/99, suscrito entre el FOPAE y la Unión Temporal GEOCING LIMITADA – BATEMAN INGENIERÍA LIMITADA, se realizaron los estudios para la “Evaluación y Zonificación de Riesgos por remoción en masa y recomendación de medidas de prevención y mitigación para el Barrio La Nueva Esperanza, en la Localidad de Usme”.

En la realización de los trabajos participaron los siguientes profesionales:

Nombre	Cargo	Firma
Jaime Bateman D.	Director	
Mauricio Camargo Ch.	Especialista en geotecnia	
Mario Monroy A.	Geólogo y geomorfólogo	
Flavio Soler S.	Especialista en riesgos	
Carlos Vargas R.	Especialista en SIG	
Freddy Valcárcel	Ingeniero forestal	
Darwin Ortiz G.	Ingeniero auxiliar	
Albeiro Henao H.	Geólogo auxiliar	

El barrio La Nueva Esperanza está situado en la Localidad de Usme, sobre una ladera estructural de los cerros surorientales de la ciudad, tiene una extensión aproximada de 40 Ha, de las cuales 19 Ha están urbanizadas.

Para llevar a cabo la evaluación y zonificación correspondiente se ejecutaron las siguientes labores:

- Realización de los trabajos de campo.
- Para dar un diagnóstico y presentar las posibles soluciones a los problemas generados por amenazas de origen natural (fenómenos de remoción en masa), se realizaron los estudios técnicos necesarios (geología, geomorfología, hidrología, hidráulica e investigación del subsuelo). Se señala que este estudio no tiene en cuenta un análisis por efectos de sismos; para tener en cuenta este aspecto, se utiliza el estudio de microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá (INGEOMINAS, 1997).
- Análisis de vulnerabilidad de las viviendas ante los fenómenos de remoción en masa en la zona.
- Análisis de riesgos de las viviendas por fenómenos de remoción en masa.
- Análisis costo/beneficio de las posibles obras para la prevención y mitigación de riesgos por fenómenos de remoción en masa en el barrio La Nueva Esperanza.

Es importante aclarar que, de acuerdo con lo acordado con los funcionarios del DPAE, el estudio se limitó a determinar la vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones ante fenómenos de remoción en masa, no teniendo en cuenta otros elementos expuestos tales como acueductos, alcantarillado, vías, etc

De acuerdo con las labores realizadas y los resultados obtenidos de las mismas el trabajo se organizó en siete (7) capítulos, siete (7) anexos y 16 planos, presentados en dos tomos, a saber:

- TOMO 1. Informe principal; planos y anexos 1 y 2
- TOMO 2. Anexos 3 a 7

A continuación se presenta una descripción de cada uno de las partes que conforman el estudio.

- **INFORME PRINCIPAL**

En este informe se presentan los trabajos llevados a cabo para determinar los riesgos por fenómenos de remoción en masa del barrio La Nueva Esperanza. Es así como se presentan los siguientes aspectos:

En el **Capítulo 1** se presentan las generalidades.

En el **Capítulo 2** se presentan los estudios básicos, que contemplan:

- Levantamiento topográfico.
- Geología y geomorfología conducentes a establecer el comportamiento ingenieril de los diferentes tipos de formaciones y depósitos existentes en el área de estudio. Es por ello que, en esta parte de los trabajos se realizó el levantamiento de procesos.
- Estudio hidrológico. El estudio hidrológico se encamina a determinar las características pluviométricas del sector con énfasis en la determinación de la denominada “Lluvia crítica”.
- Uso del suelo y cobertura. Con el fin de identificar los diferentes tipos de cobertura vegetal, para conocer qué papel cumple la cobertura vegetal, así como sus funciones potenciales, con el fin de establecer las áreas que deben permanecer cubiertas con vegetación
- Trabajos de investigación del subsuelo llevados a cabo en la zona de estudio.
- Análisis determinístico de estabilidad.
- Factor antrópico.

En el **Capítulo 3** se presentan los análisis de amenaza por fenómenos de remoción en masa de la zona de estudio. En un principio se presenta la determinación de las zonas homogéneas que son la base para determinar los sitios de análisis; posteriormente se presentan los resultados probabilísticos de estabilidad para determinar la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

En los capítulos 4 y 5 se presentan, respectivamente, los análisis de vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones ante fenómenos de remoción en masa, y en el capítulo 6 se presentan los análisis de ingeniería para la mitigación de este tipo de riesgos.

Por último, en el capítulo 7 se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Como resultado de los trabajos se presentan los siguientes quince (16) planos:

- Plano 1. Topografía.
- Plano 2. Geología Regional.
- Plano 3. Geología Local
- Plano 4. Perfiles Geológicos.
- Plano 5. Geomorfología
- Plano 6. Inventario de Procesos
- Plano 7. Cobertura Vegetal y Uso del Suelo

- Plano 8. Factor Antrópico
- Plano 9. Caracterización Geotécnica
- Plano 10. Zonas Homogeneas
- Plano 11 A. Mapa de Solicitaciones por Impactos
- Plano 11 B. Mapa de Solicitaciones por desplazamientos laterales
- Plano 11 C. Mapa de Solicitaciones por empujes laterales
- Plano 12. Amenaza actual por fenómenos de remoción en masa
- Plano 13. Tipología de viviendas
- Plano 14. Vulnerabilidad física de edificaciones
- Plano 15. Riesgo actual por fenómenos de remoción en masa
- Plano 16. Recomendaciones

Las conclusiones principales son:

- En la condición actual hay 175 viviendas en riesgo muy alto o alto. De estas, se recomienda reubicar 150 viviendas, 12 disminuirán el riesgo si se hacen obras de mitigación y 13 se deberá mejorar la estructura de la vivienda para disminuir el nivel de riesgo ante fenómenos de remoción en masa.
- Analizados los beneficios de la cobertura vegetal sobre el suelo y su efecto en la disminución de la acción de los factores erosivos, se recomienda ejecutar un programa de reforestación con especies vegetales que presenten características de recuperación y conservación de suelos, en la parte media y baja donde se presentan los suelos más susceptibles a la erosión. El programa de recuperación de la cobertura vegetal se puede desarrollar manejando especies tales como: Ciro (*Baccharis bogotensis*), Espino (*Duranta mutissi*), Cucharo (*Rapanea guianensis*), Gurrubo (*Solanum lycioides*), Laurel (*Myrica parvifolia*), Acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), Acacia negra (*Acacia decurrems*), Sangregado (*Cortón funckianus*) entre otras.
- Se recomienda en zonas de amenaza muy alta no permitir más construcciones.
- Las zonas de amenaza alta son muy susceptibles a presentar fenómenos de remoción en masa, por lo que se recomienda no permitir la construcción de más viviendas en ellas. Además, en las zonas de rellenos antrópicos, se está interviniendo la ronda de la quebrada La Guarita.
- Para evitar el aumento de la amenaza en las zonas de amenaza media se recomienda evitar más asentamientos humanos en ellas, especialmente en las laderas coluviales y de suelos residuales. Además, se deberán tomar acciones preventivas para evitar la erosión y la saturación de los materiales como son el manejo de aguas lluvias y negras.
- En las viviendas catalogadas con riesgo medio, correspondientes generalmente a zonas de amenaza media, se recomienda llevar a cabo un mejoramiento de su calidad

en cuanto a tipo de construcción, materiales de construcción, calidad de la cimentación y construcción, etc. y así disminuir la posibilidad de daño.

- En forma general y además de los trabajos de reasentamiento de viviendas, para mitigar o prevenir riesgos por fenómenos de remoción en masa, se recomienda llevar a cabo las siguientes actividades:
 - Mejorar el acceso vehicular al barrio (pavimentación de la vía principal).
 - Mejorar los caminos peatonales adecuando gradas.
 - Mejorar la calidad de espacio público, conformación de zonas verdes y parques.
 - Despejar la ronda de la quebrada La Guarita, reubicando en otras áreas las viviendas comprometidas.
 - Crear una gran área verde que integre el “**Parque Entre nubes**” y los terrenos desocupados al reubicar viviendas. Reforestación de zonas erosionadas.
 - Mejor manejo aguas negras y lluvias.
 - Mejorar el sistema de acueducto y alcantarillado, así como el de manejo y recolección de residuos sólidos.
 - Llevar a cabo obras de estabilización en la zona; es importante resaltar que el proyecto objeto del presente estudio presentó soluciones de tipo general. Estas obras están relacionadas con los escarpes rocosos donde se pueden presentar caída de bloques; las obras recomendadas incluye remoción de bloques, empradización y arborización.
 - Evitar la remoción de la cobertura vegetal, y de ser posible, revegetalizar las áreas hasta hoy desprotegidas bien sea mediante empradización o arborización, según sea el caso.

1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

En desarrollo del Contrato de Consultoría No. CCS-541/99, suscrito entre el FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS (FOPAE) y la UNIÓN TEMPORAL GEOCING LIMITADA – BATEMAN INGENIERÍA LIMITADA, cuyo objeto es el de realizar el “Estudio de riesgos por remoción en masa y evaluación de alternativas de mitigación del barrio Nueva Esperanza, en la Localidad de Usme”, se presenta este informe el cual contiene el resumen de los trabajos realizados, y las conclusiones y recomendaciones del caso.

La zona de estudio está localizada al suroriente de la ciudad de Santafé de Bogotá ([ver Figura 1.1](#)) y tiene una extensión de unas 40 Ha, de las cuales 19 Ha están urbanizadas.

Con el fin de cumplir con el objeto del estudio se realizaron los siguientes trabajos:

- Realización de los trabajos de campo.
- Para dar un diagnóstico y presentar las posibles soluciones a los problemas generados por amenazas de origen natural (fenómenos de remoción en masa), se realizaron los estudios técnicos necesarios (geología, geomorfología, hidrología, hidráulica e investigación del subsuelo). Se señala que este estudio no tiene en cuenta un análisis por efectos de sismos; para tener en cuenta este aspecto, se utiliza el estudio de microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá (INGEOMINAS, 1997).
- Análisis de vulnerabilidad de las viviendas ante los fenómenos de remoción en masa en la zona.
- Análisis de riesgos de las viviendas por fenómenos de remoción en masa.
- Análisis costo/beneficio de las posibles obras para la prevención y mitigación de riesgos por fenómenos de remoción en masa en el barrio La Nueva Esperanza.

Es importante aclarar que, de acuerdo con lo acordado con los funcionarios del DPAE, el estudio se limitó a determinar la vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones ante fenómenos de remoción en masa, no teniendo en cuenta otros elementos expuestos tales como acueductos, alcantarillado, vías, etc.

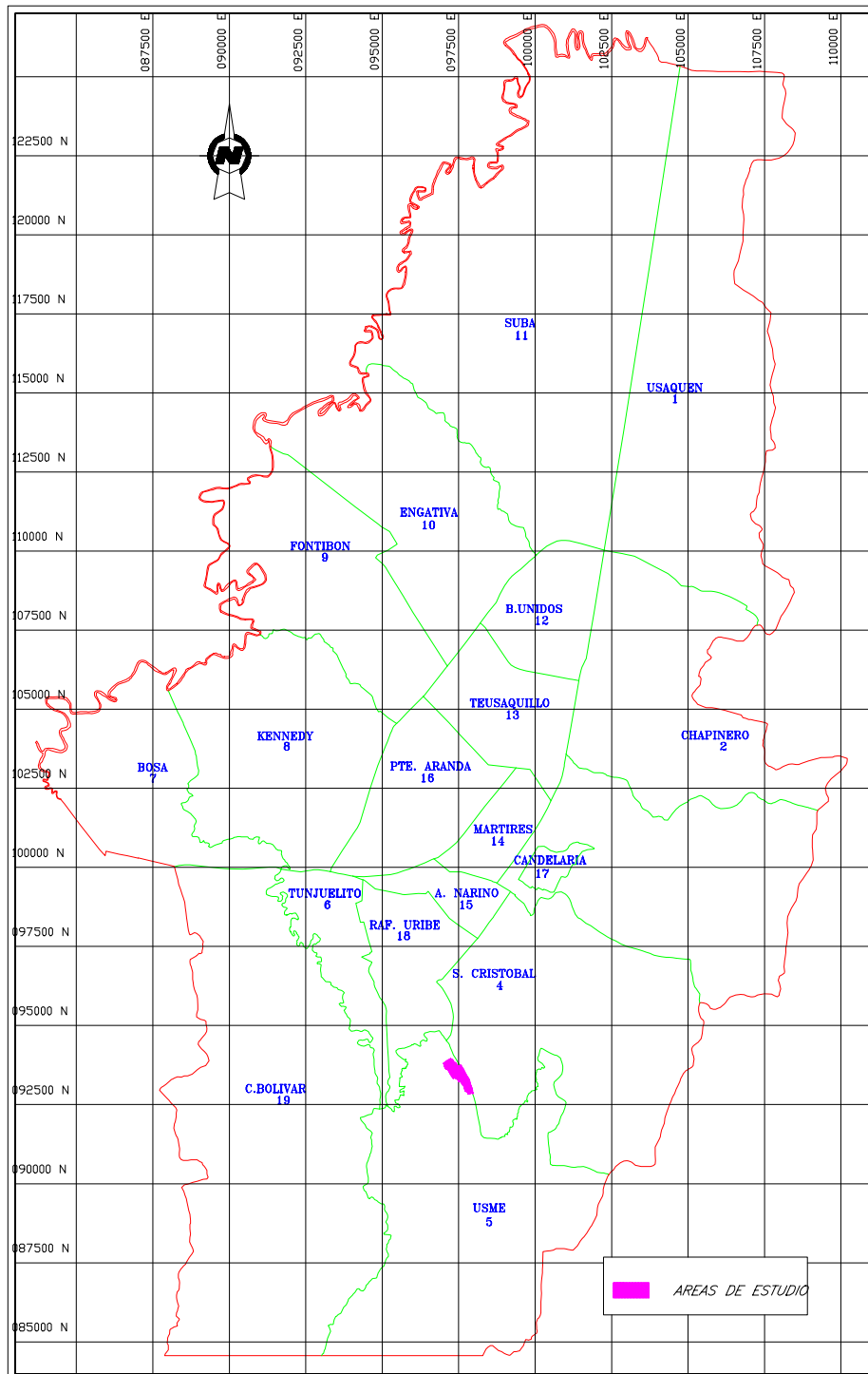


Figura 1.1 . Localización general del área de estudio

1.2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para adelantar los estudios en esta zona se analizó la siguiente información:

- Estudio para el análisis y caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá. IRH Ingeniería y Recursos Hídricos Ltda. – EAAB. Noviembre de 1995.
- Estudio de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá. Ingeominas. 1997.
- Estudio para la zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa de las localidades de Ciudad Bolívar, San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe, Santafé, Chapinero, Usaquén y Suba. Ingeocim Ltda. – Upes. Octubre de 1998.
- Planchas a escala 1:2000 del IGAC, las cuales cubren las áreas de las cuencas vertientes que drenan hacia la zona de estudio. En la Tabla 1.1 se relacionan las planchas utilizadas:

Tabla 1. 1. Planchas 1:2000 del IGAC utilizadas

No. PLANCHA	Año de Publicación
L – 59	1981
L – 69	1974
L – 79	1974

- Para el reconocimiento geológico y geomorfológico de la zona de estudio se utilizaron las siguientes fotografías aéreas relacionadas a continuación en la Tabla 1.2.

Tabla 1. 2. Relación de fotografías aéreas

No. VUELO	No. De Fotografía	Año	Escala
C – 2612	222 - 223	1977	1 : 43.200
R - 1131	3175 a 3177	1990	1 : 5.600
C – 1737	39 a 41	1977	1 : 7.000

1.3. ORGANIZACIÓN DEL INFORME

Para la presentación del estudio el presente informe se dividió en siete (7) capítulos más sus respectivos anexos explicativos y planos. A continuación se presenta una breve descripción de los capítulos subsiguientes que conforman el informe. En el capítulo 2 se presentan los estudios básicos, que contemplan:

-
- Levantamiento topográfico.
 - Geología y geomorfología conducentes a establecer el comportamiento ingenieril de los diferentes tipos de formaciones y depósitos existentes en el área de estudio. Es por ello que, en esta parte de los trabajos se realizó el levantamiento de procesos.
 - Estudio hidrológico. El estudio hidrológico se encamina a determinar las características pluviométricas del sector con énfasis en la determinación de la denominada “Lluvia crítica”.
 - Uso del suelo y cobertura. Con el fin de identificar los diferentes tipos de cobertura vegetal, para conocer qué papel cumple la cobertura vegetal, así como sus funciones potenciales, con el fin de establecer las áreas que deben permanecer cubiertas con vegetación
 - Trabajos de investigación del subsuelo llevados a cabo en la zona de estudio.
 - Análisis determinístico de estabilidad.
 - Factor antrópico.

En el capítulo 3 se presentan los análisis de amenaza por fenómenos de remoción en masa de la zona de estudio. En un principio se presenta la determinación de las zonas homogéneas que son la base para determinar los sitios de análisis: posteriormente se presentan los resultados probabilísticos de estabilidad para determinar la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

En el capítulo 4 y 5 se presentan, respectivamente, los análisis de vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones ante fenómenos de remoción en masa, y en el capítulo 6 se presentan los análisis de ingeniería para la mitigación de este tipo de riesgos.

Por último, en el capítulo 7 se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

1.4. MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS

Para el análisis de riesgos se siguió la conceptualización sugerida por Omar Darío Cardona¹, que se puede resumir así: “Una vez conocida la amenaza o peligro (A), entendida como la probabilidad de que se presente un evento con una intensidad mayor o igual a cierto nivel durante un período de exposición determinado, y conocida la vulnerabilidad (V), entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto a ser afectado o de ser susceptible de sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento

¹ Cardona O.D. (1993). **EVALUACIÓN DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO – ELEMENTOS PARA EL ORDENAMIENTO Y LA PLANEACIÓN DEL DESARROLLO**. Los desastres no son naturales. La Red. Santafé de Bogotá D.C.

con cierta intensidad, el riesgo (R) puede entenderse como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento expuesto, como consecuencia de un evento con una intensidad mayor o igual a cierto nivel, es decir, la probabilidad de exceder unas consecuencias sociales y económicas durante un período de tiempo determinado.

Para obtener los tres componentes mencionados en la anterior definición (amenaza, vulnerabilidad y riesgo), se siguió la siguiente metodología:

Determinación de las zonas de comportamiento geotécnico similar (zonas homogéneas) con base en los trabajos topográficos, geológicos, geomorfológicos y de investigación del subsuelo realizado.

Determinación de los factores detonantes naturales (sismo y lluvia). Para el sismo se utilizó los datos de la microzonificación de Santafé de Bogotá, D.C. (aceleración horizontal de 0.2 g, con un periodo de retorno de 475 años). Para la lluvia se determinó el período de retorno de la lluvia crítica, basándose en los trabajos realizados en 1998 por Ingeocim Ltda. - Upes. Es importante resaltar que los factores detonantes antrópicos (producidos por el hombre) se tuvieron en cuenta al determinar las zonas de cortes y rellenos y, en algunos casos, la sobrecarga de las viviendas.

Sobre cada una de las zonas homogéneas se determinaron los parámetros geotécnicos (máximos y mínimos) necesarios para la realización de los análisis de estabilidad, con base en los resultados de los análisis de laboratorio y de retroanálisis.

Se realizaron los análisis de estabilidad, determinando los factores de seguridad para diferentes hipótesis por medio de la teoría del equilibrio límite (utilizando el método de Janbu o de talud infinito). Posteriormente, se halló la probabilidad de falla utilizando el método PEM.

Con base en la zonificación de amenaza realizada (determinando las posibles solicitaciones) y la tipificación de viviendas obtenidas en las encuestas, se determinó la vulnerabilidad y el riesgo de las viviendas ante fenómenos de remoción en masa siguiendo la metodología propuesta por Leone (1996).

De acuerdo con los resultados de los trabajos precedentes, se propusieron las obras de mitigación posibles, determinando la mejor opción por medio de los análisis de costo/beneficio.

2. INFORMACIÓN BÁSICA

2.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

2.1.1. Objetivo

Como base para la zonificación, se debe conocer la topografía del sector incluyendo curvas de nivel cada 1 metro, y los detalles de la urbanización.

2.1.2. Metodología

Dado el detalle del trabajo, este levantamiento se hizo en la parte urbanizada como se observa en el Plano 1 escala 1:1000 (curvas de nivel cada 1 m, las zonas verdes, las quebradas, los drenajes y demás accidentes), incluyendo los postes, alcantarillado, obteniendo la división de los lotes construidos. El resto de La información topográfica que hace parte del área de estudio, se complementó con de las planchas del IGAC L59 (año 1981), L69 y L79 (del año 1974) en escala 1:2000. En la [Figura 2.1.1](#) se muestra la extensión del levantamiento topográfico y la base cartográfica utilizada del IGAC.

Para realizar el levantamiento se utilizó un equipo GPS en tiempo real KART marca *Sercel* con aproximación de 2 cm en planta y 3 cm en altura; el equipo permite trabajar “al vuelo”, es decir, estando unos 5 segundos sobre el punto da sus coordenadas *Gauss* y respectiva cota; para la transformación de coordenadas Gauss a cartesianas, se utilizó el *software Geotools* (programa suministrado por el IGAC, con su respectiva licencia). El trabajo se inició desde las placas CD-493 y CD-494-A debidamente certificados por el IGAC; teniendo los dos puntos de calibración del equipo, y debido a que el alcance del GPS es de 15 Km desde la base hasta el móvil (distancia mucho mayor entre los puntos de calibración y la zona de estudio), se procedió a tomar los puntos de detalle de la topografía. A continuación en la [Tabla 2.1.1](#) se presentan las coordenadas y cotas de las respectivas placas de amarre y los mojones existentes en el terreno (pertenecientes al Parque Entre Nubes).

Tabla 2.1.1 Coordenadas y cotas de vértices de amarre y mojones

Placa	Norte	Este	Cota (m)
CD-493	94631.75	98810.08	2817.23
CD-494-A	94829.20	98826.20	2828.43
MOJON1	93458.26	97336.89	2824.07
MOJON2	93450.40	97340.45	2820.01
MOJON3	93849.31	97353.56	2701.86
MOJON4	93413.54	97363.99	2814.68
MOJON5	93387.95	97386.34	2818.41
MOJON6	93429.20	97454.44	2795.90
MOJON7	93416.89	97475.03	2804.11
MOJON8	93412.72	97481.67	2807.17
MOJON9	93419.03	97500.77	2794.11
MOJON10	93424.46	97514.79	2786.85
MOJON11	93271.91	97614.99	2807.15
MOJON12	93235.99	97649.23	2811.02
MOJON13	93219.76	97664.45	2814.43
MOJON14	93217.35	97690.34	2812.25
MOJON15	93280.01	97701.62	2807.37
MOJON16	93257.80	97712.27	2811.70
MOJON17	93813.71	97409.90	2710.06
MOJON18	93765.35	97439.04	2717.11
MOJON19	93706.89	97455.64	2730.23
MOJON20	93486.97	97599.77	2775.99
MOJON21	93451.70	97658.62	2804.53
MOJON22	93415.15	97704.63	2823.56
MOJON23	93323.00	97572.29	2749.79
MOJON24	93329.87	97701.58	2816.38

Con la nube de puntos generada se procedió a realizar en primera instancia la interpolación para determinar las curvas de nivel cada metro. Con los puntos de los detalles se determinaron las vías, postes, sondeos, y lotes construidos. Con la integración de la información primaria y secundaria se obtuvo el Plano 1 (Levantamiento Topográfico).

En el Anexo 1 (Topografía) se presenta la nube de puntos de la topografía y fotocopia de los certificados del IGAC con las coordenadas de los vértices CD-493 y vértice CD-494-A.

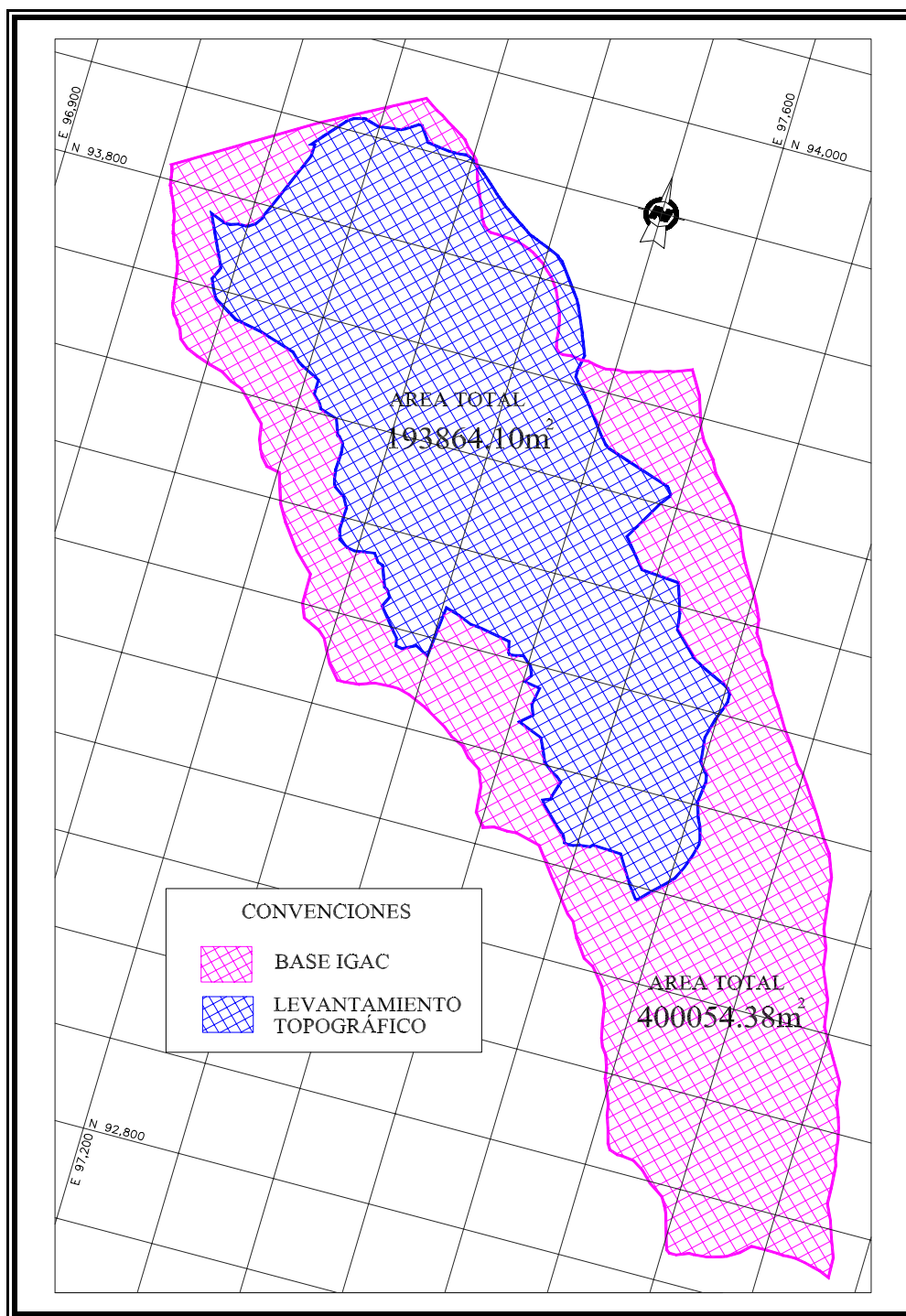


Figura 2.1. 1. Área del levantamiento topográfico y base cartográfica del IGAC

2.2. GEOLOGÍA

2.2.1. Objetivos

- Identificación de las formaciones geológicas que constituyen los escarpes y el subsuelo del barrio, comparando tal identificación con la del Estudio Geológico Regional de Usme y del sur de la Sabana de Bogotá.
- Identificación de los factores Geológicos que controlan la estabilidad de las laderas del sector estudiado.
- Identificación del alcance que tienen los fenómenos geológicos, a escala regional y local, del área de estudio, sobre las zonas del barrio afectadas por fenómenos de inestabilidad.
- Definición de la extensión y espesor (con el estudio geológico del subsuelo) de los diferentes depósitos de material rocoso y suelo sueltos que cubren gran parte del área de estudio.
- Registro las zonas del barrio afectadas por fenómenos de remoción en masa ya sean habitadas o deshabitadas.

2.2.2. Metodología

La elaboración de este estudio geológico se realizó mediante las siguientes actividades:

- Trabajos de campo: las visitas se realizaron con planos bases tales como el levantamiento topográfico del barrio, cartografía IGAC a escala 2000 y plano Geológico Regional del sector de interés a escala 1:10.000 del "Estudio de zonificación de riesgo por inestabilidad del Terreno para diferentes localidades de Santa Fe de Bogotá", realizado por INGEOCIM LTDA, 1998.
- Interpretación fotogeológica del área de estudio con los siguientes vuelos IGAC. que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2.2. 1. Fotografías aéreas utilizadas

Vuelo	Fotografías No.	Escala	Año
C-2612	222-223	1:43.220	1997
R-1131	3175, 3176 y 3177	1: 5600	1990
C-1737	39, 40 y 41	1: 7000	1977

- Debido a que en el sector se presentan grandes fallas, registradas en los planos geológicos regionales de estudios anteriores, era de esperarse la ocurrencia de algunos lineamientos transversales a las mismas, fue por esta razón que se optó por la elaboración de modelos de elevación digital, los cuales permiten identificar preliminarmente los lineamientos de fallas, además este modelo sirvió para la delimitación de las laderas presentes en el área de estudio. Para la construcción de este modelo se tomó como base la cartografía IGAC y la utilización del SIG (Sistemas de Información Geográfica). [Ver Figura 2.2.1.](#)
- Elaboración de los mapas preliminares de geología regional, geología local y texto.
- Corrección y precisamiento de los mapas mencionados, teniendo en cuenta las observaciones y recomendaciones hechas por la interventoría y más actividad de campo.
- Elaboración definitiva del presente informe haciendo una cotejación con el Mapa Geológico Regional de la Localidad de Usme, realizado por la firma "Investigaciones Geotécnicas" para la Upes (1998) y el Mapa Geológico Regional realizado por INGEOCIM LTDA, 1998, los cuales se fueron ajustando de acuerdo con la escala de trabajo y los detalles encontrados con la realización de las actividades anteriores.

2.2.3. Geología Regional

El Barrio Nueva Esperanza de la localidad de Usme, está localizado en un sector que hace parte de las Lomas de Juan Rey, grupo de sierras que constituyen el borde más oriental del flanco Este del sinclinal de Usme cuyo eje tiene un curso general N 10° W, a unos 2 kilómetros al este del barrio.

Este sinclinal está constituido por rocas sedimentarias del período Terciario de la Cordillera Oriental de Colombia de edades Eoceno Superior e Inferior. El barrio, propiamente, está construido sobre estratos de la Formación Regadera (Ter) cubiertas en gran parte por depósitos de material rocoso no consolidado de tipo coluvial y residual.

El desarrollo del flanco estructural en referencia tiene un rumbo que varía entre N 10° W y N 25° W con buzamientos comprendidos entre 65° y 45° al suroeste (Ver Plano 2, Plano Geológico Regional del Barrio Nueva Esperanza, escala 1: 5000).

En este estudio se ha localizado una falla direccional (Falla Nueva Esperanza), que afecta al Conjunto Superior de la Formación Regadera (Ters), constituido por subconjuntos alternos de arenisca y arcillolita. Esta falla observa un rumbo general N 30° W, similar al de la falla más importante que afecta a esta estructura geológica la cual se ha denominado en este estudio, Falla Juan Rey. Además se originaron una serie de fallas de cursos cortos, menores de 300 m, que tienen un rumbo general sur - norte, formando varios

bloques estructurales que caracterizan este sector y definen su estilo tectónico. Estas fallas fueron identificadas inicialmente como lineamientos ([ver Figuras 2.2.1 y 2.2.2](#)).

Figura 2.2.1.

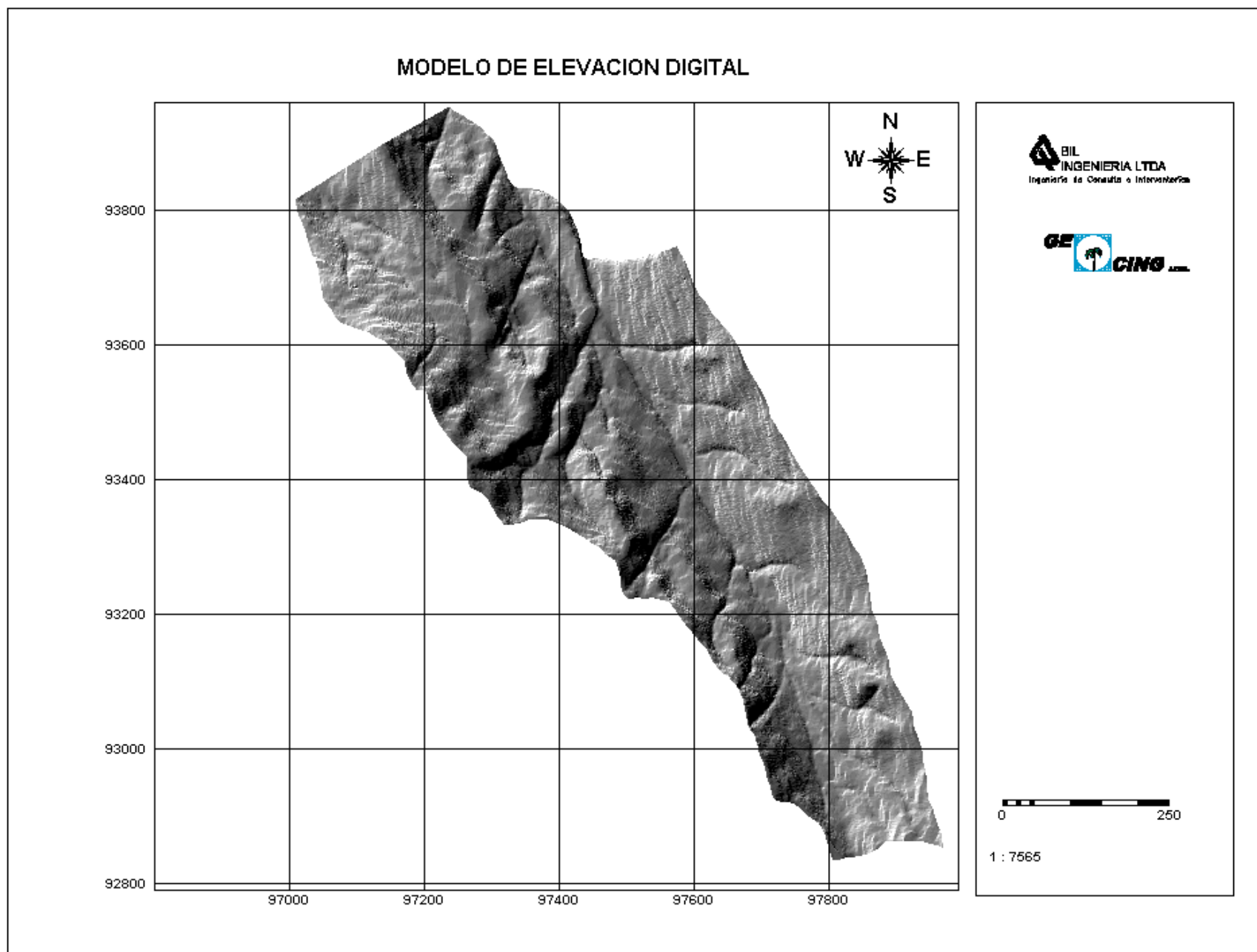
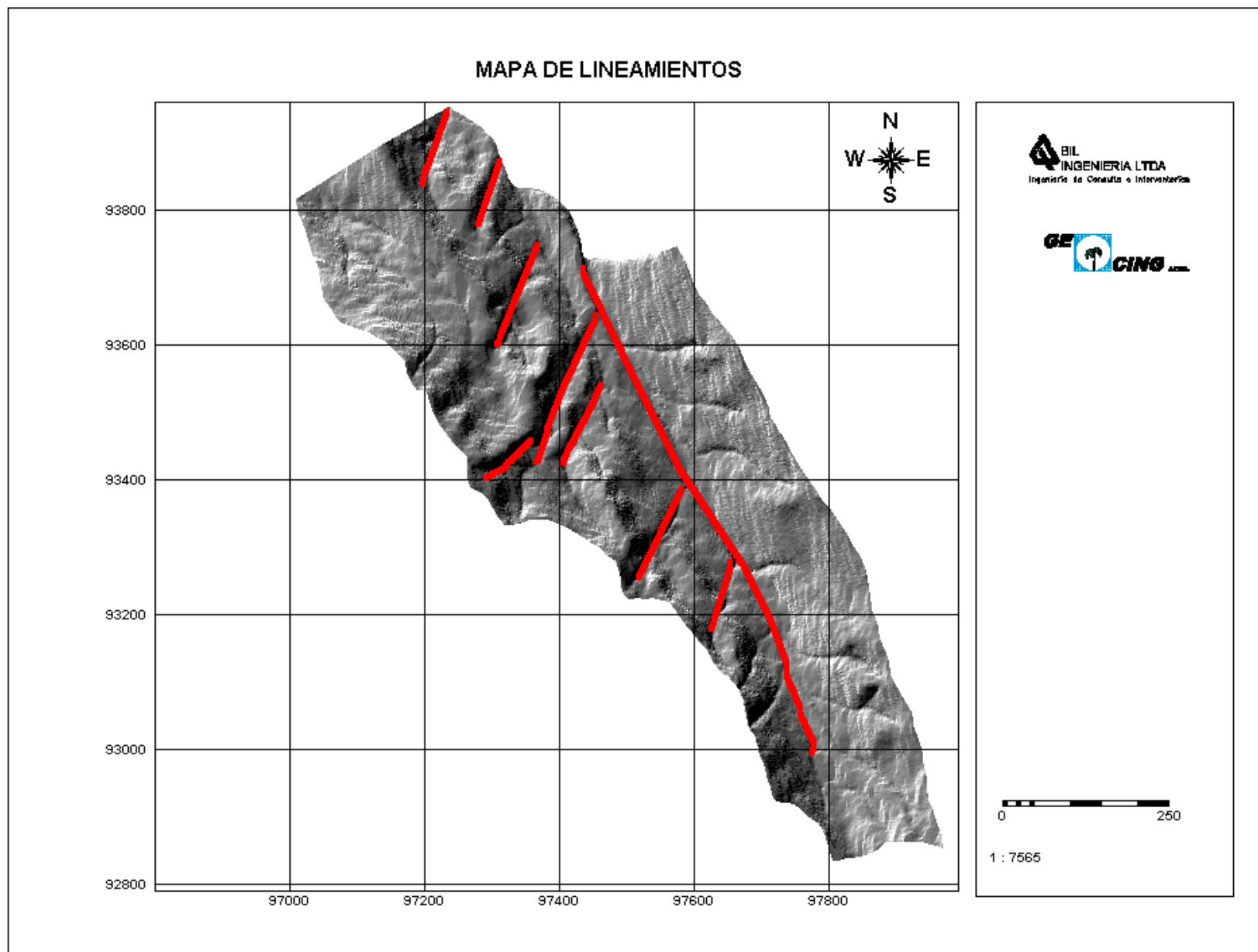


Figura 2.2.2.



2.2.4. Geología local

2.2.4.1. Generalidades

Este asentamiento está construido sobre las laderas y fondo de un valle angosto de flancos empinados, excavados por erosión diferencial en los conjuntos superior e inferior de la Formación Regadera (Ter) a la que las investigaciones paleontológicas le asignan una edad eocena media. El flanco derecho del valle, de pendiente constante de unos 36°, está constituido principalmente por el tope del conjunto inferior (Teri) y los estratos basales del superior (Ters), formando una pendiente estructural.

Por el contrario en el flanco izquierdo del valle en referencia, donde los bancos y paquetes de estratos del conjunto superior, dispuestos en contra-pendiente, forman de manera dispersa escarpes más o menos potentes y rellanos¹, donde se han acumulado depósitos de material rocoso y suelo no consolidados como se puede observar en el Mapa Geológico Local (ver Plano 3, escala 1:2000), y donde se ha construido gran parte de este barrio subnormal.

2.2.4.2. Estratigrafía

La estratigrafía apreciada en el barrio Nueva Esperanza comprende dos grandes unidades:

- a. Rocas consolidadas del Terciario (T) pertenecientes a los Conjuntos Inferior (Teri) y Superior (Ters) de la Formación Regadera (Ter) de la Sabana de Bogotá.

La Formación Regadera (Ter) está compuesta por dos conjuntos estratigráficos:

El Conjunto Superior (Ters) comprende una secuencia de 230 m de espesor aproximadamente, de series de capas y mantos de arenisca de grano grueso, moderadamente cementados de 5 a 50 m de espesor que alternan con estratos y bancos de arcillolitas de 5 a 20 m de espesor (ver Perfiles Geológicos, Plano 4 y Geología Local, Plano 3); hacia la parte basal de este conjunto la alternancia tiende a ser más delgada llegando a presentar espesores de arenisca y arcillolita inferiores a 0.8 m cada capa.

El Conjunto Inferior (Teri) es, estratigráficamente, un conjunto homogéneo de capas y bancos de arenisca de grano grueso, a veces conglomerático, compactos, moderadamente cementados o francamente friables. En la parte superior de este conjunto es frecuente encontrar costras o láminas de arenisca bien cementadas, no mayores a 0.1 m de espesor. La cementación es de óxido de hierro y/o manganeso

¹ Rellano: Sector plano de una ladera

precipitados por procesos de lixiviación subsuperficial en los poros de la arenisca. Tiene un espesor aproximado de 80 metros (ver Perfiles Geológicos, Plano 4 y Geología Local, Plano 3); el tope de este conjunto forma buena parte de la ladera derecha de la cañada principal.

En general, la Formación Regadera tal como fue descrita por Hubach (1954) son una secuencia de areniscas con intercalaciones de bancos de arcillolita, los cuales van creciendo de base a techo. Esto dio lugar a que en estudios posteriores se dividiera en dos conjuntos, superior e inferior, según la frecuencia de tales intercalaciones.

- b. Depósito de material rocoso meteorizado y suelo no consolidados de edad cuaternaria (Q) distinguidos, según su origen, en coluviales (Qcol), flujos de tierra (Qft) y suelos residuales (Qsr), que se han acumulado en forma extensa o restringida sobre los estratos terciarios arriba mencionados. (ver Perfiles Geológicos, Plano 4 y Geología Local, Plano 3).

2.2.4.2.1. Conjunto Inferior (Teri)

Es básicamente un conjunto de bancos y lentes de arenisca espaciados por intercalaciones de arcillolita menores de 0.8 m. La arenisca es de grano grueso, a veces arenisca conglomerática, de cementación moderada a friable.

El Conjunto Inferior (Teri) constituye buena parte del flanco derecho (oriental) de la cañada La Guairita, aflorando en algunos sectores de tal flanco, sus estratos más superiores. El espesor aflorante de este conjunto por la contrapendiente, fuera de la zona de estudio es de más 80 m. Ver plano 3 (Geología Local)

2.2.4.2.2. Conjunto Superior (Ters)

Es una secuencia de capas y bancos de arenisca parda de grano grueso, medio, a veces conglomerático, moderadamente cementados, a veces friables, que alternan con bancos y capas de arcillolita.

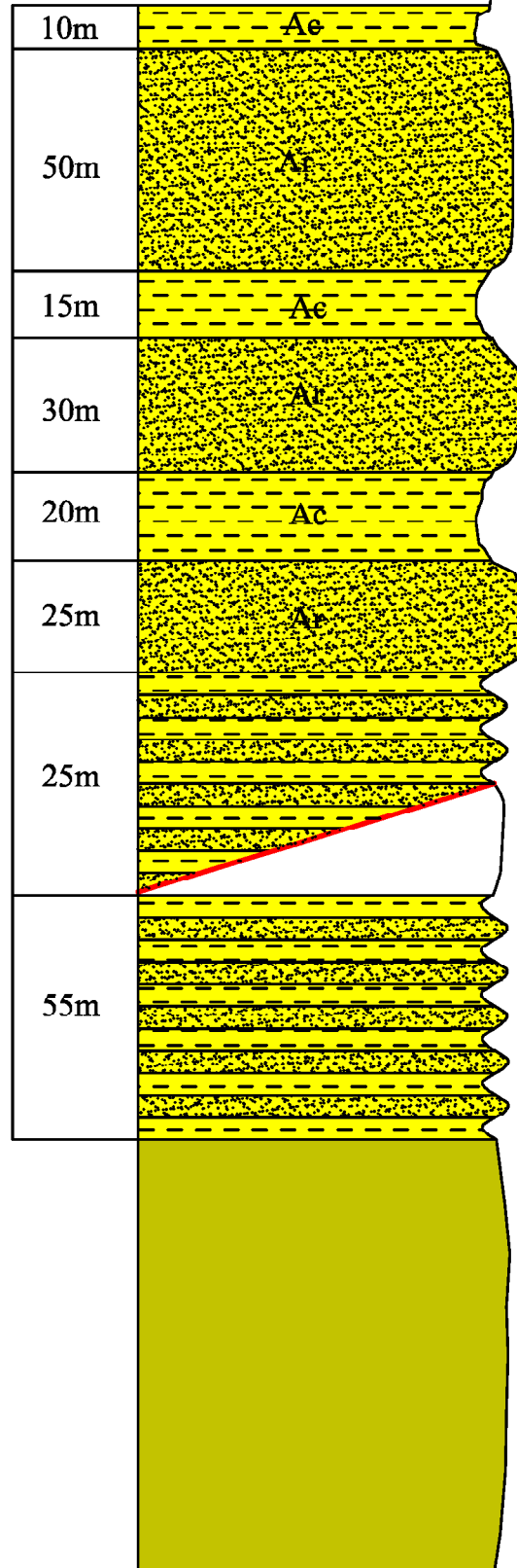
El espesor del conjunto Ters, de acuerdo a los estudios geológicos regionales es de unos 135 m. Sin embargo, al hacer en este estudio la integración de los subconjuntos aflorantes del Ters da un espesor de 230 metros, tal como se presenta a continuación en la [Figura 2.2.3](#).

El Conjunto Superior de la Formación Regadera (Ters), conforma las partes mas bajas del flanco derecho de la cañada la Guarita y todo su flanco izquierdo (occidental), donde se han concentrado el mayor numero de viviendas del barrio, construidas sobre los terrenos mas o menos planos que han conformado los subconjuntos arcillosos del Ters. Cabe

destacar que se encuentran muy deshabitados los escarpes más potentes constituidos principalmente por arenisca. Ver Plano 3 (Geología Local).

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL CONJUNTO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN REGADERA (Ters)

FIGURA 2.2.3.
TQt



2.2.4.2.3. Cuaternario (Q)

Comprende los depósitos sueltos provenientes de la meteorización de la roca parental que se pueden acumular sobre las pendientes y contrapendientes de la zona estudiada en proceso de transporte por gravedad. Tales depósitos se han identificado así:

2.2.4.2.3.1. Depósitos Coluviales (Qcol)

Comprenden las acumulaciones más extensas y espesas de material rocoso y suelo no consolidados, que cubren gran parte de los predios del Barrio Nueva Esperanza; su composición va de arcillosa a arenosa con sus variaciones intermedias; el contenido de fragmentos rocosos (arenisca) también varía según su posición respecto a los escarpes de arenisca que forman parte del Conjunto Superior de la Formación Regadera (Ters); los espesores en el sector del barrio están comprendidos entre 2 m y 5 m, siendo más espesos donde la pendiente del terreno es menor. Espacialmente se encuentran localizados sobre las márgenes de la quebrada la Guairita y en el costado noroccidental del barrio, limitado por un suelo residual (Qsr) en inmediaciones de la escuela. Ver plano 3 (Geología Local).

2.2.4.2.3.2. Flujos de Tierra (Qft)

Cubren sectores alargados y de poca pendiente, principalmente hacia la parte alta del sector occidental del barrio, en el nacimiento de la quebrada la Guairita y en la parte central del flanco derecho de la cañada. Los Flujos de Tierra se han localizado preferencialmente sobre paquetes espesos de arcillolita del Conjunto Superior de la Formación Regadera. (Ver plano 3 Geología Local). Estos depósitos están constituidos por una matriz arcillosa a areno-arcillosa con fragmentos de arenisca angulosos, dispersos en toda la masa del depósito; su espesor puede ser hasta de 2.5 m.

2.2.4.2.3.3. Depósitos de Suelo Residual (Qsr)

Son acumulaciones de material arenoso, arcilloso o arcilloarenoso, producto de la meteorización de la roca parental sin que hayan tenido un transporte considerable aparente. Son cuerpos alargados que se desarrollan aproximadamente paralelos a subconjuntos arcillosos del Conjunto Superior de la Formación Regadera (Ters), localizados en el flanco izquierdo del valle de la quebrada la Guairita y ceca de su cauce sobre el flanco derecho. Su espesor está comprendido entre 0.1m y 3.5 m. (Ver plano 3 Geología Local).

2.2.4.2.3.4. Depósitos de Origen Antrópico (Qra)

Los habitantes del barrio han acumulado los materiales producto de las excavaciones de construcción de viviendas y vías en algunos sitios, sin ningún procedimiento técnico, es decir, no se han compactado apropiadamente, por lo que tales depósitos son propensos a inestabilizarse. La mayor concentración de los depósitos antrópicos se localizan sobre las márgenes de la quebrada La Guairita. En la parte más noroccidental de este depósito ya se han construido algunas casas. (Ver plano 3 Geología Local).

2.2.4.3. Tectónica

El flanco oriental del sinclinal de Usme es la zona estructural sobre la que se ha desarrollado el Barrio La Nueva Esperanza. En el área de estudio hay una falla direccional de rumbo general N 30° W, denominada Falla Nueva Esperanza, que es la mayor y más importante interrupción tectónica que se aprecia en este sector, es de tipo direccional, sinistro-lateral; su buzamiento, no medido, va al noreste. Esta falla tiene una brecha angosta, que afecta localmente escarpes de arenisca y arcillolita, comprendidos al sureste de la escuela y el cauce de la quebrada la Guairita.

La utilización del modelo de elevación digital (ver Figura 2.2.1) permitió identificar inicialmente algunos de los lineamientos, los cuales se muestran en la Figura 2.2.2. Con la Interpretación fotogeológica y las visitas de campo, estos rasgos fueron identificados como fallas normales que se producen generalmente después de la etapa compresiva (o de levantamiento cordillerano) y corresponden a la etapa distensiva de la orogenia, por acomodación de bloques tectónicos. Su distribución, en forma casi regular desde la parte alta del valle hasta el extremo noroccidental del área estudiada tienen direcciones que oscilan entre N 30° E y N 10° E y longitudes no superior a los 300 m. (ver Mapa Geológico Local, Plano 3).

En algunos de los afloramientos rocosos de arenisca localizados en la parte alta y media de la ladera izquierda, se pudo apreciar la influencia tectónica en la zona, donde se presenta un gran fracturamiento en el macizo rocoso, sin encontrarse familias de discontinuidades predominantes. En las zonas donde se ha quitado la vegetación, se ha propiciado la erosión diferencial con los estratos de arcillolita que subyacen sobre el macizo de arenisca, situación que se ha facilitado la caída de bloques.

2.2.4.3.1. Diaclasas

Afectan principalmente a los bancos y paquetes de arenisca de los Conjuntos Superior e Inferior de la Formación Regadera (Ter).

En la parte alta del flanco derecho de la cañada la Guairita, donde la aflora el Teri, la familia de diaclasas más notable tiene un rumbo general entre N 10° W y N 25° W y buzamiento que varía entre 60° y 75° al noreste. Son diaclasas continuas, regulares, que forman haces de fracturas espaciados entre 0.05 y 0.7 m, son abiertas, rellenas de óxido de hierro y/o manganeso muy bien cementadas; este sistema constituye un factor que favorece la estabilidad de la ladera derecha por formar contrafuertes de masa rocosa resistente a la erosión.

En los afloramientos de arenisca de la margen izquierda de la cañada La Guairita, se presenta una familia de diaclasas de rumbo N0 40° - 55° E, buzamiento vertical, abiertas, continuas, espaciadas entre 0.1 y 2.0 m; esta familia presenta zonas muy fracturadas donde se presentan desprendimientos y caídas de bloques de roca, algunos hasta de 8 m³ de volumen aproximadamente. El sector del barrio afectado por este fenómeno es la parte suroriental.

Una tercera familia de diaclasas tiene un desarrollo predominante este-oeste y buzamientos entre 65° y 75° al norte. Son continuas, espaciadas entre 0.8 y 1.2 m, abiertas con paredes lisas, sin relleno. Son notables las diaclasas de esta familia, que afectan al escarpe arriba del paradero de buses cerca a la zona de reubicados.

El registro de las familias de diaclasas que afectan el macizo rocoso del barrio Nueva Esperanza es simplemente descriptivo, debido al alto grado de fracturamiento que presentan las rocas en el sector.

2.3. GEOMORFOLOGÍA Y MORFODINÁMICA ACTUAL

2.3.1. Geomorfología

El área que ocupa el barrio Nueva Esperanza comprende una serie de laderas más o menos empinadas, trabajadas por los procesos erosivos, que afectan los Conjuntos y Subconjuntos que constituyen la Formación Regadera (Ter).

La delimitación de las laderas de la zona de estudio se realizó con ayuda del SIG (Sistema de Información Geográfica), teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Delimitación de las microcuencas hidrográficas (ver figura 2.4.1. Hidrología y Clima)
- Elaboración del modelo digital de dirección de pendiente predominante del terreno, tal como se puede apreciar en la [Figura 2.3.1](#), teniendo en cuenta la clasificación efectuada en este estudio, la cual se presenta en la siguiente Tabla.

Tabla 2.3. 1. Clasificación de laderas por dirección de pendiente

DIRECCIÓN DE PENDIENTE	
Clase	Rango Azimut
Norte	0° - 45°
Noreste	45° - 90°
Este	90° - 135°
Sureste	135° - 180°
Sur	180° - 225°
Suroeste	225° - 270°
Oeste	270° - 315°
Noroeste	315° - 360°

Con la superposición de estas dos figuras anteriormente enunciadas, se logró la delimitación final de las laderas ([ver figura 2.3.2](#)) de la zona de estudio.

Figura 2.3.1.

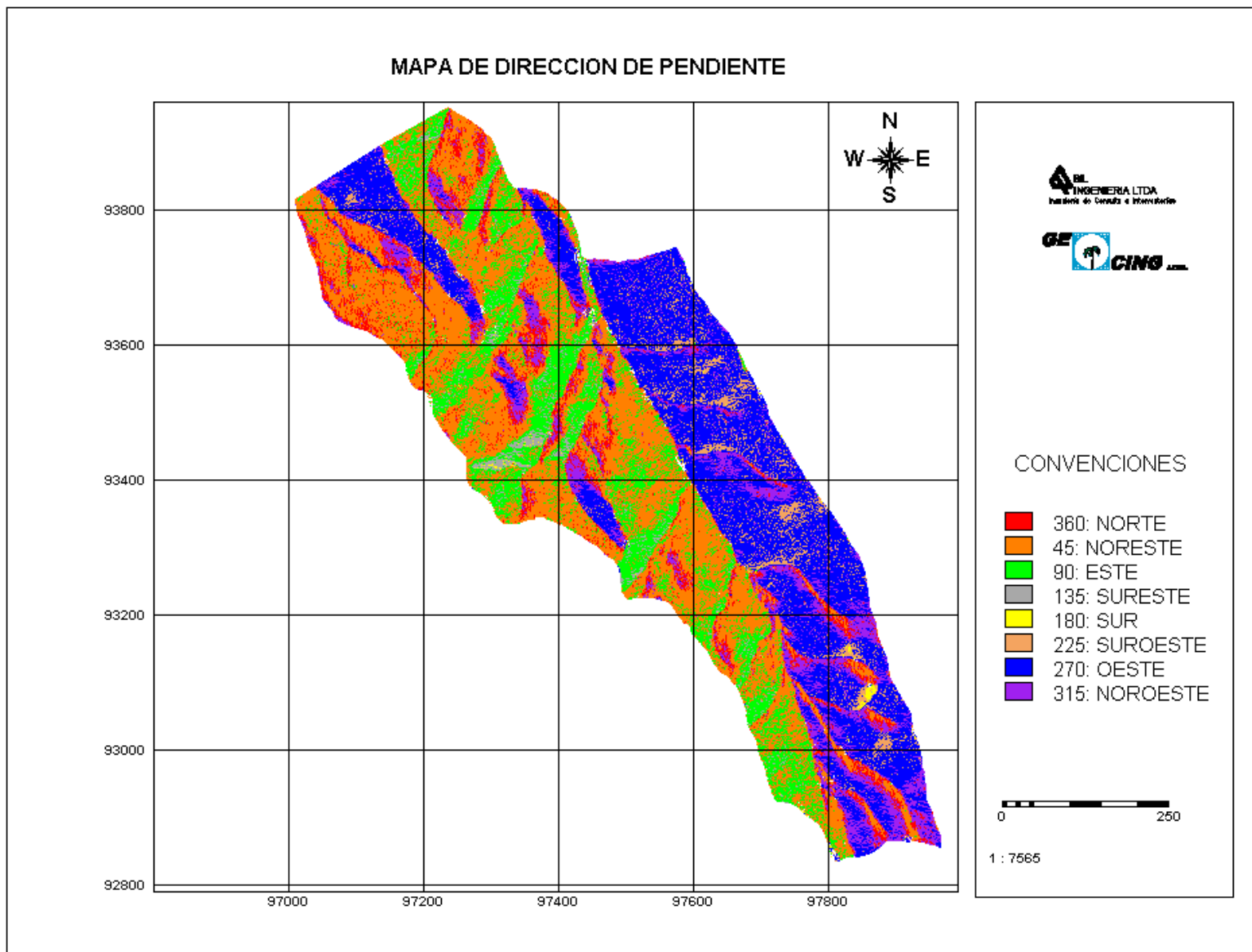
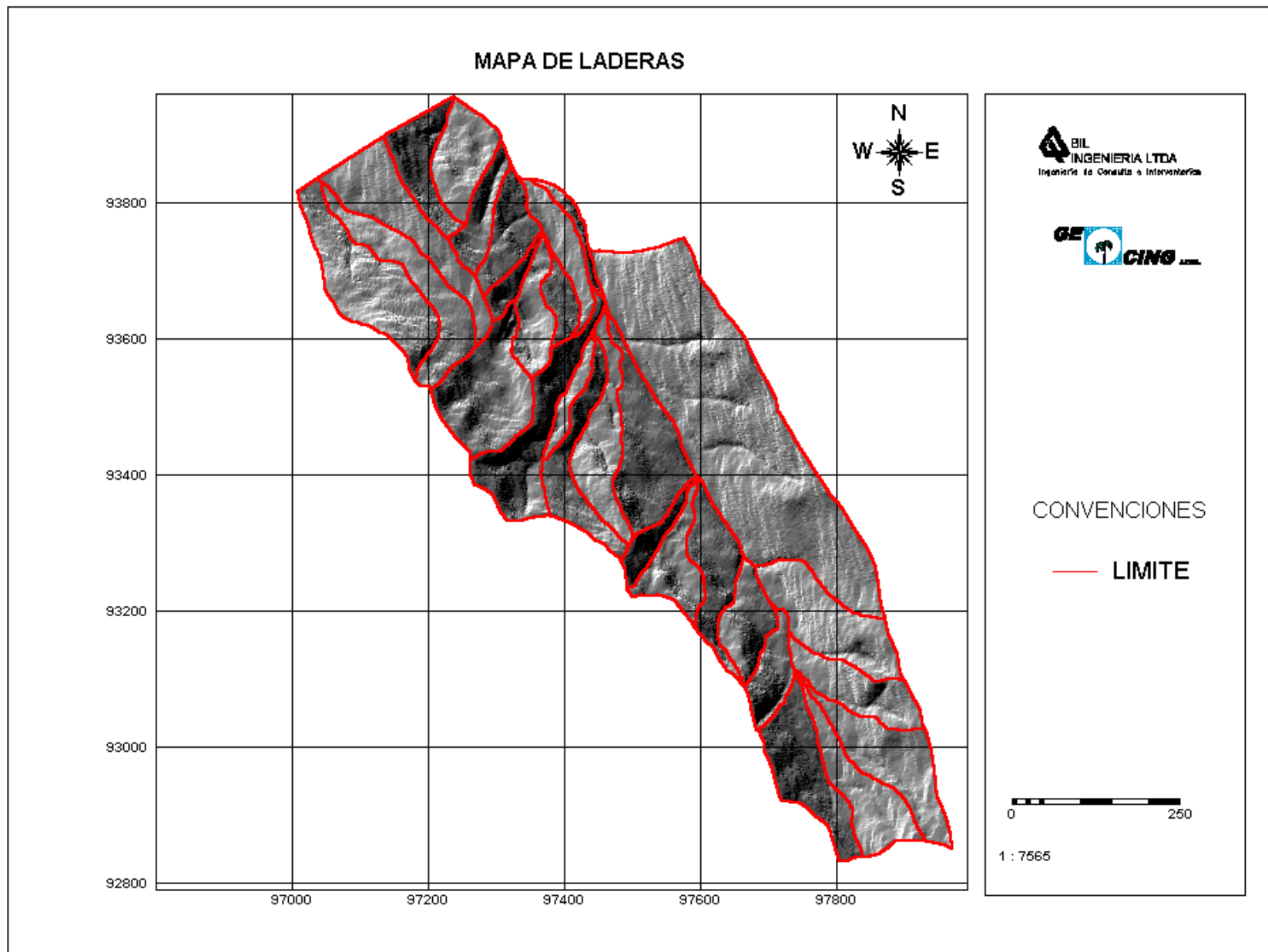


Figura 2.3.2.



Mediante el procedimiento de la determinación de las laderas, se pudo identificar una serie de unidades geomorfológicas con características específicas, las que se han clasificado, además, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

2.3.1.1. Tipo de material (M)

Son las rocas que constituyen la ladera (arenisca, arcillolita o las intercalaciones de estas) y los depósitos de roca meteorizada y suelo no consolidados (depósitos coluviales, flujos de tierra, depósitos antrópicos y depósitos de suelo residual) que hay sobre ella.

Teniendo en cuenta el tipo de material involucrado, se logró establecer una jerarquía dentro de los mismos, con el fin de determinar las condiciones de estabilidad o grado de estabilidad más favorables para las laderas, tomando independientemente este parámetro de agrupación, sin tener en cuenta los demás factores que influyen en la zonificación geomorfológica.

De acuerdo con lo anterior se establece que los materiales más favorables, en el sentido de resistencia a la erosión, son en orden de más favorable a desfavorable:

- a. Arenisca
- b. Arcillolita
- c. Intercalaciones de Arenisca y Arcillolita
- d. Coluvión de Pata
- e. Suelo Residual
- f. Flujo de Tierras
- g. Coluvión Colgado
- h. Rellenos Antrópicos

Este orden indica que la roca más resistente es la Arenisca, la cual presentara un mayor grado de dificultad para que se presenten los fenómenos de remoción en masa, mientras que el Coluvión colgado y los rellenos antrópicos serán los materiales más susceptibles a los mismos.

En el Mapa de Geomorfología (Plano 5, escala 1:2000), la leyenda indica con un número romano el símbolo para identificar el tipo de material ([ver Tabla 2.3.2](#)) que compone la ladera; se debe tener en cuenta que los coluviones se simbolizaron con los numerales IV y IVa según que sean depósitos de pata o colgados.

Tabla 2.3. 2. Clasificación por tipo de material involucrado en la ladera

TIPO DE MATERIAL			
Material involucrado		Símbolo	
Rocas	Areniscas	I	
	Arcillolitas	II	
	Intercalaciones	III	
Suelos	Coluvión	de pata	IV
		colgado	IVa
	Suelo residual	V	
	Flujo de tierras	VI	
	Relleno Antrópico	VII	

2.3.1.2. Pendiente (P)

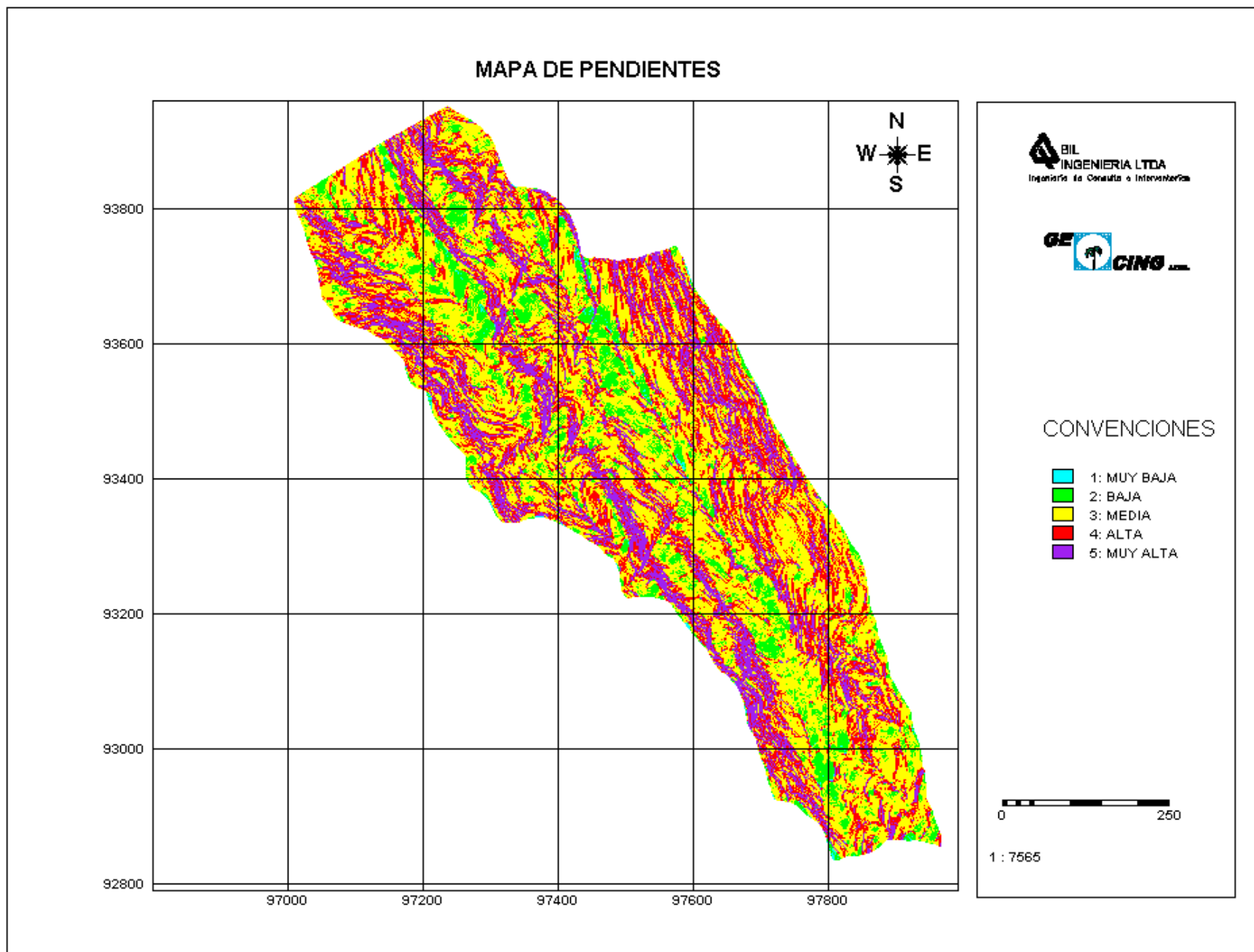
Es la inclinación promedio que tienen los materiales expuestos en la ladera con respecto a la horizontal. La pendiente da un indicio de la estabilidad de una ladera de las mismas características geotécnicas; así, para los coluviones, a mayor pendiente menor estabilidad.

En el Mapa de Geomorfología (Plano 5), en la leyenda se indica el rango de pendiente con un número arábigo de 1 a 5 según el caso, es así como para pendiente muy baja (1) o muy alta (5). El rango de pendiente se tomó del mapa de pendientes obtenido por el procesamiento de la cartografía digital en el SIG. A continuación se presenta la tabla 2.3.3 con la clasificación de pendientes y la [Figura 2.3.3](#).

Tabla 2.3. 3. Clasificación por pendiente

PENDIENTE		
Clase	Rango	Símbolo
Muy baja	0° - 5°	1
Baja	5° - 15°	2
Media	15° - 30°	3
Alta	30° - 40°	4
Muy alta	> 40°	5

Figura 2.3.3.



2.3.1.3. Control litológico y Estructural (L)

Este parámetro determina la influencia que ejercen las rocas (arenisca y arcillolita) sobre la ladera, según su control litológico y su buzamiento estructural, determinándose así la característica de pendiente o contrapendiente. Además se clasifican los materiales no consolidados (suelos) depositados sobre los diferentes conjuntos rocosos (material de base). La importancia del control litológico no radica solo en la dirección que presentan los estratos, sino, en la conjugación que presente esta dirección con el material de base o de soporte del mismo, dado que se puede tener un material “bueno”, en cuanto a resistencia y pendiente, lo cual sería favorable en la estabilidad de la ladera, pero si el material de soporte es de fácil erodabilidad, el material que inicialmente parecía bueno queda expuesto y las condiciones de estabilidad cambian totalmente.

En el Mapa de Geomorfología (Plano 5), en la leyenda se indican los símbolo p y c, para pendiente y contrapendiente respectivamente de acuerdo con su control litológico y su buzamiento estructural. Así los suelos sobre arenisca tienen el símbolo x , sobre arcillolita el símbolo y, y sobre las intercalaciones el símbolo z, tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2.3. 4. Clasificación por control litológico

CONTROL LITOLÓGICO			
Tipo de Material	Control	Característica	Símbolo
Rocas	Buzamiento	Pendiente	p
		Contrapendiente	C
Suelos	Material de Base	Arenisca	X
		Arcillolita	Y
		Intercalaciones	Z

2.3.1.4. Régimen de agua (R)

Este parámetro define la permeabilidad o capacidad de infiltración del agua, lluvia o servida, que presentan los tipos de materiales (M) expuestos en la ladera, según su control litológico y su disposición estructural (pendiente o contrapendiente). Es así como la arenisca en pendiente estructural propicia escorrentía en tanto que en contrapendiente permite la infiltración. La arcillolita, dada la característica de material impermeable, siempre propicia escorrentía, esté en pendiente o contrapendiente. Los suelos o materiales sueltos, que son una mezcla de arena, arcilla y fragmentos de roca (Qcol, Qft y Qsr), tienden a ser masas de almacenamiento (m). Se determinó, entonces, para cuando

hay infiltración en los materiales, el símbolo (i), en tanto que cuando hay escorrentía denominarlos con el símbolo (e), tal como se muestra en la Tabla 2.3.5.

El factor agua siempre será importante independientemente de que se presente por escorrentía ó infiltración, esta tendera a generar procesos de degradación del material y sus efectos son por lo general negativos.

Teniendo en cuenta lo anterior se pueden establecer unas condiciones que serán menos desfavorables para la estabilidad de la ladera, ya que no se puede usar el término favorable en este caso, es así como dependiendo del material y del control litológico que se presente en la ladera y de acuerdo al grado de resistencia que se pueden presentar a la erosión o la susceptibilidad a la misma. En la siguiente tabla se presenta el grado de clasificación por régimen de agua.

Tabla 2.3. 5. Clasificación por régimen de agua

RÉGIMEN DEL AGUA			
Tipo de material		Agua	Símbolo
Arenisca	en pendiente	Escorrentía	E
	en contrapendiente	Infiltración	I
Arcillolita	en pendiente	Escorrentía	E
	en contrapendiente	Escorrentía	E
Intercalaciones	en pendiente	Escorrentía	E
	en contrapendiente	Escorrentía	E
Suelos		Almacenamiento	M

Con el análisis anteriormente realizado de los parámetros tenidos en cuenta para la zonificación geomorfológica, y realizada la jerarquización de los factores involucrados en cada uno de los parámetros se obtiene que la susceptibilidad de la ladera a presentar problemas de estabilidad resultara de la conjugación de los mismos, es decir, las laderas serán menos susceptibles a presentar los fenómenos si la calificación de la ladera toma los factores de mayor resistencia, y serán más susceptibles si su calificación involucra los factores más débiles

De acuerdo con la clasificación de los parámetros descritos anteriormente, se obtuvieron 20 unidades o zonas geomorfológicas, tal como se describe gráficamente en el Mapa de Geomorfología (Plano 5). Cada unidad geomorfológica se identifica con índice que se explica a continuación, teniendo por ejemplo la unidad central más al sur del área del estudio: UVI3ym.

- U: No representa ningún parámetro como tal, se utilizó para denominar la palabra unidad y no utilizar él termino zona.
- VI: Tipo de material (flujo de tierra)
- 3: Pendiente media (15° a 30°)
- y: Material de base: arcillolita.
- m: Régimen de agua: almacenamiento.

A continuación se presenta la tabla 2.3.6. En la cual se resumen los resultados de la zonificación Geomorfológica, definiéndose así cuales son las laderas más susceptibles a inestabilizarse y cuales son las más estables. Debe tenerse muy en cuenta que el factor primordial en la estabilidad de la ladera es el régimen de agua, porque en los análisis de estabilidad efectuados a los suelos en condiciones de saturación son potencialmente inestables.

Tabla 2.3. 6. Resultados de la Zonificación Geomorfológica

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	TIPO DE MATERIAL	SUSCEPTIBILIDAD DE LA LADERA
UI3ci	Arenisca	Estable
UI4ci	Arenisca	Estable
UI4pe	Arenisca	Estable
UI5ci	Arenisca	Estable
UII3ce	Arcillolita	Estable
UII4ce	Arcillolita	Estable
UIII3pe	Arcillolita y Arenisca	Estable
UIII4pe	Arcillolita y Arenisca	Estable
UIV3ym	Coluvión de Pata	Inestable
UIV3zm	Coluvión de Pata	Inestable
UIV4xm	Coluvión de Pata	Inestable
UIV4ym	Coluvión de Pata	Inestable
UIVa3xm	Coluvión Colgado	Inestable
UIVa3ym	Coluvión Colgado	Inestable
UIVa3zm	Coluvión Colgado	Inestable
UIVa4xm	Coluvión Colgado	Inestable
UIVa4ym	Coluvión Colgado	Inestable
UV3xm	Suelo Residual	Inestable
UV3ym	Suelo Residual	Inestable
UV3zm	Suelo Residual	Inestable
UVI3ym	Flujo de Tierra	Inestable
UVI3zm	Flujo de Tierra	Inestable
UVII3zm	Relleno Antrópico	Inestable
UVII4xm	Relleno Antrópico	Inestable

Las principales inestabilidades se presentan en las masas coluviales colgadas, afectadas por el hombre, localizadas generalmente en la parte media de la ladera izquierda de la quebrada la Guairita.

2.3.2. Procesos morfodinámicos

Dentro de los procesos morfodinámicos que se mapearon en campo (ver Plano 6), se establecieron un total de 27; cabe anotar que la mayoría se dispararon o activaron por influencia antrópica, ya sea mediante la ejecución de cortes en las laderas o por mal manejo de las aguas de escorrentía y de uso doméstico (limpias y negras). El mayor número de procesos se presenta en la ladera de la margen izquierda de la quebrada la Guairita, especialmente en los depósitos coluviales.

Para obtener una caracterización de cada uno de los procesos actuantes en la zona se elaboró una ficha donde se compiló toda la información posible de cada uno de ellos, partiendo del tipo de formación geológica presente, de la unidad geomorfológica, si este es activo o no, el régimen de agua, el tipo de erosión, su estado y posibles causas; de igual forma, se presenta una descripción de los daños generados y finalmente el tipo de exploración recomendada, ya sea para el monitoreo del evento cuando está incipiente o para obtener los parámetros geomecánicos del tipo de material involucrado en el proceso para generar un diseño puntual, acorde con las características y necesidades del terreno con el fin de mitigar la amenaza.

Los procesos que se presentan más repetitivamente son deslizamientos traslacionales o compuestos¹ de masas coluviales (Qcol/Ters, coluviones sobre la Formación Regadera superior), seguidos en cantidad por caída de rocas en la zona fracturada de la arenisca de la Formación Ters (Formación Regadera superior). Es de anotar que, los volúmenes de los deslizamientos son de pequeña a mediana magnitud, siendo los más grandes (procesos 6, 10 y 11) de unos 150 m³; los volúmenes de los bloques son variables, siendo los de mayor magnitud de unos 5m³.

Los factores detonantes de los procesos morfodinámicos, en su orden son:

- La intervención antrópica, relacionada con los cortes para viviendas y vías, rellenos, vertimiento de aguas servidas y mangueras con fugas.
- Las lluvias, tal como se pudo observar en el período lluvioso entre marzo y mayo de este año, donde se presentaron o reactivaron deslizamientos.
- La deforestación que en forma conjunta con la lluvia propicia la erosión.
- El sismo, que puede adicionar cargas que inicien o aumenten movimientos en las laderas.

A continuación en la Tabla 2.3.7. se presentan los procesos que se han reactivado y generado recientemente y en la [Tabla 2.3.8.](#) se presenta la actividad de los procesos y tipo de material afectado.

¹ Cabe resaltar que, los deslizamientos se clasificaron como traslacionales o compuestos debido a que muy posiblemente el mecanismo de falla este controlado por el contacto suelo – roca (superficie aproximadamente plana).

Tabla 2.3. 7. Generación y Reactivación de Procesos

Numero del Proceso	Reactivación	Generación
1	Marzo del 2000	
4	Marzo del 2000	
6	Marzo del 2000	
7		Marzo del 2000
12	Marzo del 2000	
13	Marzo del 2000	
16	Marzo del 2000	
21		Marzo del 2000
23		Marzo del 2000

Tabla 2.3. 8. Resumen del inventario de procesos, actividad del mismo y tipo de material afectado.

PROCESO No	ACTIVIDAD	MATERIAL AFECTADO
1	Potencial Avanzado	Arcillolita y material suelto
2	Activo Avanzado	Suelo, material suelto
3	Potencial Avanzado	Arenisca y arcillolita
4	Activo avanzado	Material suelto y bloques de roca
5	Activo avanzado	Suelo meteorizado y rocas fracturadas (arenisca)
6	Activo avanzado	Suelo meteorizado y rocas fracturadas (arenisca)
7	Activo incipiente	Arenisca y arcillolita
8	Activo incipiente	Arenisca meteorizada
9	Potencial avanzado	Masa coluvial con bolas de roca
10	Activo incipiente	Coluvión y bloques de arenisca
11	Activo avanzado	Material suelto, suelo y bloques de arenisca
12	Activo colapsado	Arenisca meteorizada
13	Activo colapsado	Material suelto y arenisca meteorizada
15	Activo avanzado	Material arcillolítico y bloques de arenisca
16	Activo colapsado	Arenisca y arcillolita
17	Activo avanzado	Material coluvial y bloques de arenisca
18	Estable colapsado	Suelo
19	Activo avanzado	Arenisca y arcillolita
20	Activo avanzado	Coluvión y bloques de roca (arenisca)
21	Activo avanzado	Bloques de arenisca y material suelto
22	Activo avanzado	Material suelto
23	Activo avanzado	Arenisca meteorizada
24	Activo avanzado	Arenisca meteorizada
25	Activo avanzado	Material suelto y arenisca
27	Activo avanzado	Arenisca y suelo residual
28	Activo avanzado	Material suelto y bloques de arenisca
29	Activo avanzado	Arcillolita y arenisca.

A continuación se presentan las 27 fichas correspondientes al mismo número de procesos encontrados. La localización de los procesos se presenta en el Plano 6.

2.4. HIDROLOGÍA Y CLIMA

2.4.1. Generalidades

La zona de estudio está ubicada al Suroriente de Santafé de Bogotá (Barrio Nueva Esperanza) de la localidad de Usme, en un sector que es parte de las Lomas de Juan Rey. Durante los últimos años en el sector se ha presentado una creciente intervención urbana debido al desarrollo de barrios de invasión en sus laderas y ronda, sin ningún control de las aguas lluvias y negras. Esto hace que la energía erosiva de la lluvia y la escorrentía superficial aumenten, generando procesos de erosión superficial y fenómenos de remoción en masa, ocasionados de manera directa por alteración de la red de drenaje natural existente y la falta de construcción de un sistema de adecuado, alcantarillado y manejo de aguas lluvia acorde al comportamiento hidrológico del sector.

2.4.2. Objetivos

Como objetivo principal del estudio hidrológico está el determinar la relación entre la precipitación y los fenómenos de remoción en masa. Debido a que no hay hasta el momento una relación determinística entre estos dos fenómenos, se utilizará la relación estadística hallada para Santafé de Bogotá por el Ingeniero Álvaro González, y que se conoce como “Lluvia crítica”.

De otra parte, el estudio hidrológico tiene como objetivo describir el régimen temporal y espacial de la precipitación media anual y determinar los aguaceros de corta duración para calcular los caudales y niveles máximos esperados, con el fin de prediseñar las obras de drenaje para la estabilización y control de erosión del área de estudio (Barrio La Nueva Esperanza).

Para el análisis hidrológico se estudiará solamente el elemento climatológico precipitación, ya que es el principal agente de la erosión hídrica y uno de los factores desencadenantes de los fenómenos de remoción en masa.

2.4.3. Características de la cuenca

Sobre la cartografía escala 1:2000 se delimitaron las cuencas vertientes de las corrientes principales las cuales se presentan en la [Figura 2.4.1](#). La información cartográfica se complementó con visitas de campo y con el análisis de los levantamientos topográficos de los sitios críticos.

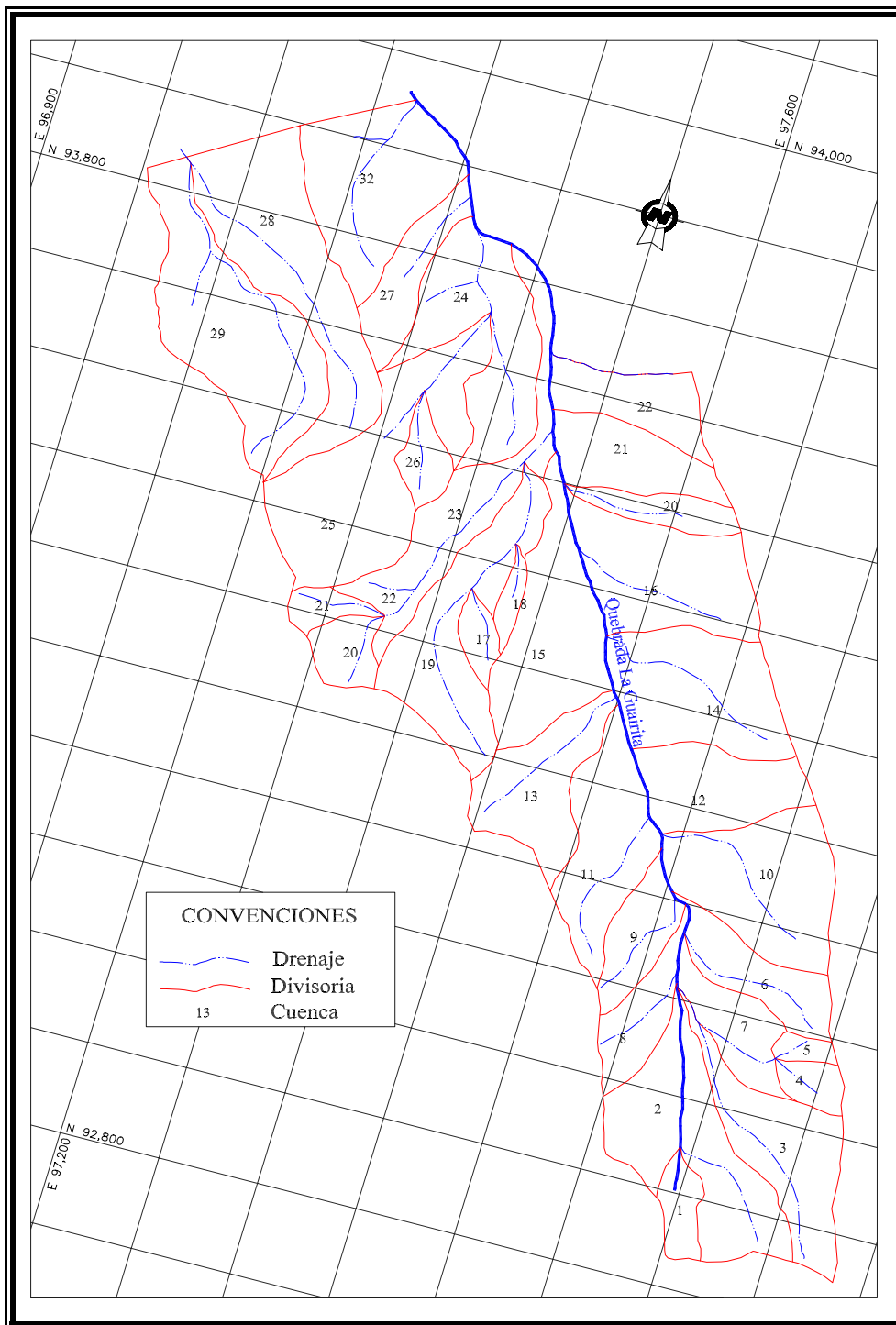


Figura 2.4. 1. Red de drenaje y microcuencas de la cuenca de la quebrada La Guairita.

La quebrada La Guarita atraviesa la zona de estudio y es uno de los afluentes de la quebrada Chiguaza; nace en inmediaciones del cerro de Juan Rey en la cota 2870 m.s.n.m, con dirección de drenaje noroeste, tiene una longitud aproximada de 1.15 km desde su nacimiento hasta los límites con el barrio El Rincón del Zea, donde se ha delimitado la zona de estudio del barrio La Nueva Esperanza. El área de la cuenca aferente del orden de 0.40 km², con pendiente longitudinal promedio del 20% y con pendientes transversales del orden de 60%; esta red de drenaje ocasiona eventualmente flujos torrenciales, lo cual se evidencia con mayor claridad en épocas invernales. La red de drenaje de la cuenca es intermitente a excepción de su cauce principal (quebrada La Guairita) la cual evidencia algunos nacederos en la parte alta de la cuenca.

En la parte alta de la cuenca, se encuentra una zona de cultivos, la parte media se caracteriza por tener vegetación primaria y secundaria; sin embargo en este sector, existe gran intervención antrópica, evidenciada por la presencia del barrio La Nueva Esperanza, como se observa en las Fotos 2.4.1. y 2.4.2. El cual no posee infraestructura de servicios, tales como Acueducto y Alcantarillado.



Foto 2.4. 1. Detalle de la intervención antrópica en la cuenca de la Quebrada La Guarita

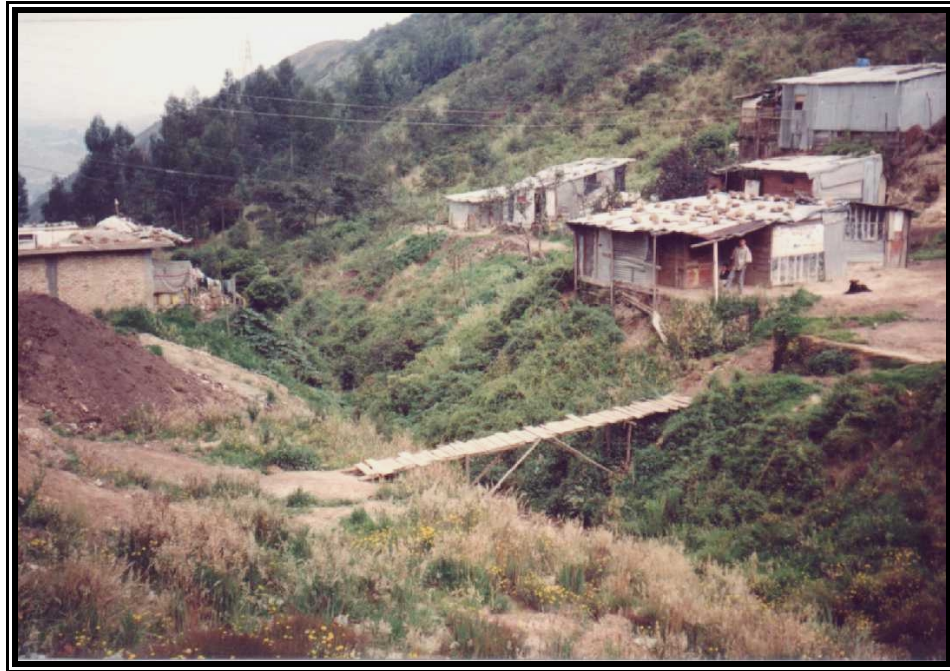


Foto 2.4. 2. Detalle del cauce de la Quebrada La Guarita

2.4.4. Precipitación

Generalmente, los fenómenos de remoción en masa están asociados a los períodos lluviosos, ya que la precipitación es uno de los agentes detonantes principales de los deslizamientos, debido a la infiltración y saturación en los depósitos causando reblandecimiento de los materiales y disminución de los esfuerzos efectivos y por lo tanto la reducción de la resistencia al corte. Por esto es necesario conocer el régimen pluviométrico temporal y espacial de la precipitación, para identificar los meses más lluviosos y los sectores donde se concentran los valores más altos de la precipitación en la zona de estudio. A continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos para dichos análisis.

2.4.4.1. Análisis estadístico

Con el fin de establecer el régimen pluviométrico en el barrio La Nueva Esperanza, se utilizaron los registros históricos de precipitaciones totales mensuales de las estaciones La Picota y Juan Rey que son las más cercanas a la zona de estudio, para efectos de análisis se tomara la estación más desfavorable en cuanto a precipitación.

A continuación en la Tabla 2.4.1. se presentan las características de las respectivas Estaciones Hidrometereológicas:

Tabla 2.4. 1. Estaciones Hidrometereológicas utilizadas en la zona de estudio.

CODIGO	NOMBRE	ELEVACION	COORDENADAS		ENTIDAD
		m.s.n.m.	N	E	
2120204	JUAN REY	2985	991780	999260	E.A.A.B
2120156	LA PICOTA	2580	995500	994600	CAR

La distribución temporal de la precipitación presenta una tendencia en forma bimodal o ecuatorial con dos periodos lluviosos y secos diferentes, para cada una de las estaciones, la cual no se manifiesta con claridad en la estación Juan Rey.

▽ **Estación Juan Rey:** los dos periodos lluviosos están comprendidos entre los meses de Mayo a Agosto y Noviembre, siendo el primer periodo el más notable; dos periodos secos entre los meses de Septiembre a Octubre y Diciembre a Febrero.

La precipitación media multianual de la estación Juan Rey es de 1131.6 mm y el mes con mayor precipitación es Julio con un promedio mensual multianual de 205 mm. Como se aprecia en la siguiente figura.

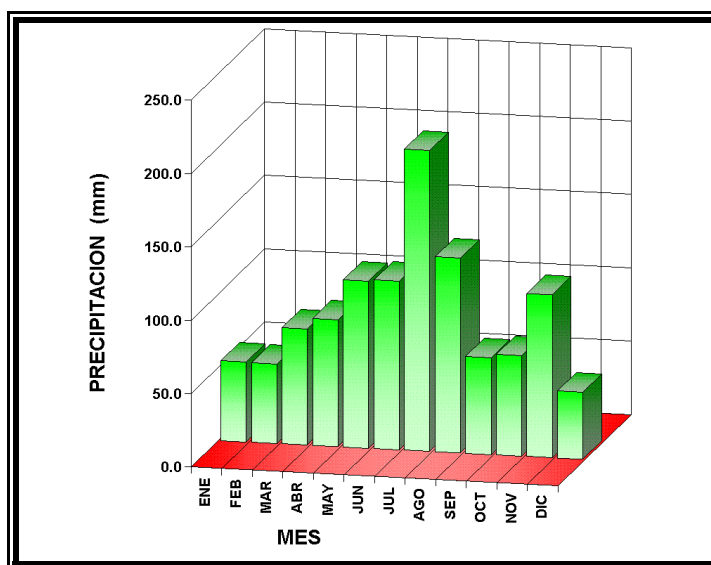


Figura 2.4. 2. Lluvias medias mensuales (1990 - 1997) en la estación Juan Rey.

- ∇ **Estación La Picota:** los dos periodos lluviosos están comprendidos entre los meses de Marzo a Mayo y Octubre a Noviembre, los dos periodos secos entre los meses de Julio a Septiembre y Diciembre a Febrero.

La precipitación media multianual de la estación La Picota es de 547.3 mm y el mes con mayor precipitación es Octubre con un promedio mensual multianual de 73.6 mm. Como se aprecia en la siguiente figura.

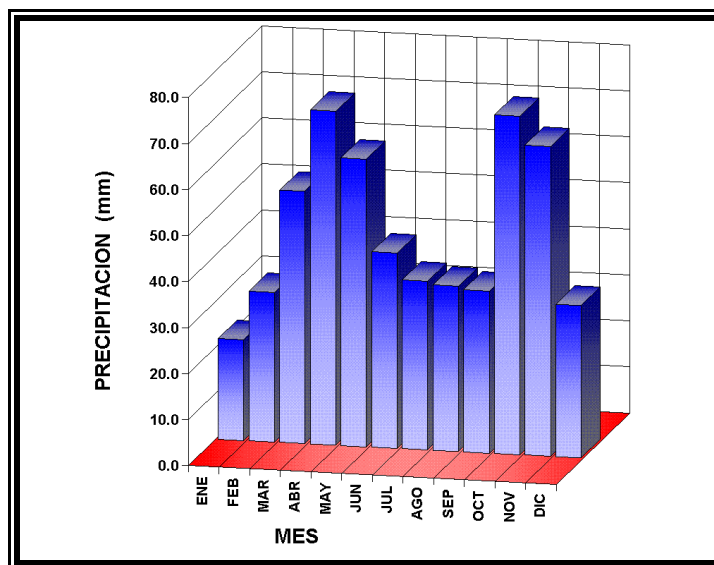


Figura 2.4. 3. Lluvias medias mensuales (1990 - 1997) en la estación La Picota.

2.4.4.2. Curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF) para precipitaciones de corta duración

Para el análisis de los aguaceros de corta duración, que son los que generan los caudales máximos, se utilizó el informe "Estudio para el Análisis y Caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá", realizado por la firma consultora IRH para la E.A.A.B. - E.S.P. En este estudio se dividió a Santafé de Bogotá en 7 zonas pluviográficas y, para cada zona se definió una curva IDF característica. El sector de análisis está ubicado entre la Zona 7, cuya estación representativa de la ley de frecuencias es El Bosque (2120085), operada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.A.A.B - ESP; la curva IDF para esta zona se presentan en la figura presentada a continuación.

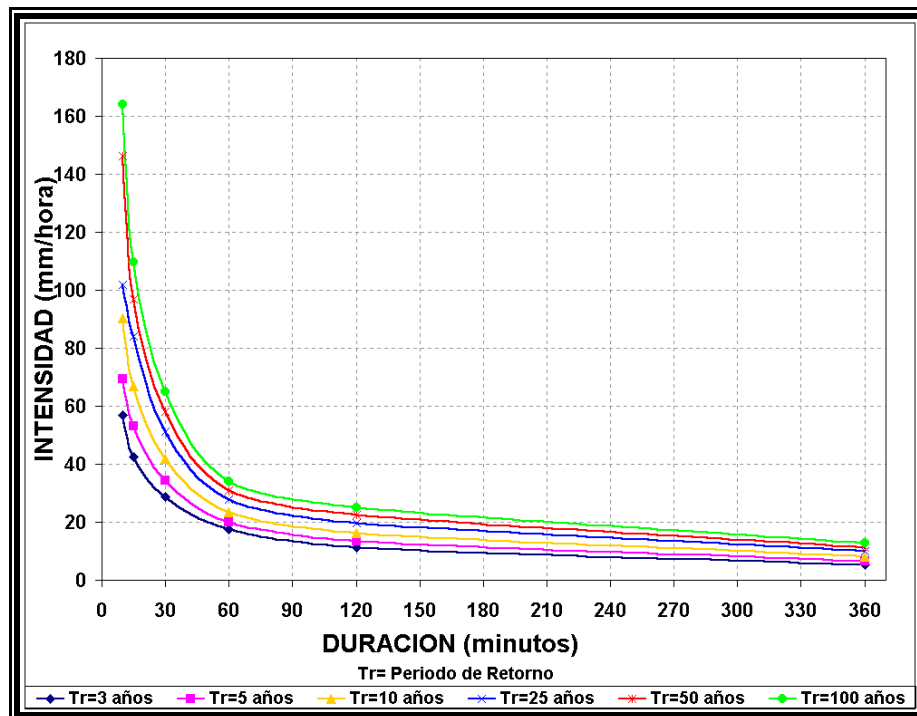


Figura 2.4. 4. Curva Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF) para la zona de estudio¹.

Con las curvas presentadas en la Figura 2.4.4, se obtienen las intensidades máximas para diferentes períodos de retorno, con una duración dada (tiempo de concentración); estos valores son fundamentales para la generación de caudales y niveles máximos en el diseño de las obras hidráulicas.

2.4.4.3. Lluvia crítica²

Para determinar la relación de la precipitación media anual con la lluvia crítica - duración, se utilizó el "Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Varias Localidades de Santafé de Bogotá" (INGEOCIM - UPES, 1998). Las cuales se presentan en las Figuras 2.4.5 a 2.4.7. En este estudio se encontró que la ciudad de Santafé de Bogotá se puede dividir a partir de la lluvia crítica y de la duración en dos zonas, con las siguientes ecuaciones presentadas en la Tabla 2.4.2.:

¹ Estudio para el Análisis y Caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá. IRH - E.A.A.B. - E.S.P.

² González, A., Zamudio, E. y Castellanos, R. (1999). **Relaciones de precipitación crítica-duración que disparan movimientos en masa en Santafé de Bogotá, Colombia.** XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

Tabla 2.4. 2. Relación entre la lluvia crítica y la lluvia anual para la ciudad de Santafé de Bogotá (INGEOCIM - UPES, 1998).

Zona	Lluvia crítica (mm)	Duración (días)
Suroccidental	$0.3609 \times \text{Lluvia anual (mm)}$	$3.2829 * LL_{crit}^{0.4157}$
Cerros orientales	$12.6325 + 0.1814 \times \text{Lluvia anual (mm)}$	$0.04923 * LL_{crit}$

La zona de estudio corresponde a un sector intermedio a las dos zonas (Suroccidental y Cerros Orientales); motivo por el se han utilizado los valores de lluvia anual de las estaciones La Picota y Juan Rey, las cuales son las más cercanas a la zona de estudio y corresponden respectivamente a la zona de Cerros Orientales y zona Suroccidental, para así obtener las precipitaciones acumuladas críticas correspondientes a cada estación, y para efectos de cálculos trabajar con la precipitación crítica más desfavorable. A continuación en la Tabla 2.4.3 se presentan los resultados obtenidos de la relación entre la lluvia crítica y la lluvia anual

Tabla 2.4. 3. Resultados obtenidos de la relación entre la lluvia crítica y la lluvia anual³

Estación	Zona	Lluvia crítica (mm)	Duración (días)	Periodo de Retorno (años)	Probabilidad de Ocurrencia (%)
Juan Rey	Cerros orientales	217.9	11	21	4.76
La Picota	Suroccidental	197.5	30	36	2.77

De acuerdo con estos resultados, se puede concluir que la precipitación acumulada más crítica entre las dos estaciones, es la de Juan Rey con duración de 11 días y una probabilidad anual de ocurrencia (1/Periodo de Retorno) del orden de 4.76 %, la cual será utilizada para efectos de análisis de estabilidad.

³ González, A., Zamudio, E. y Castellanos, R. (1999). **Relaciones de precipitación crítica-duración que disparan movimientos en masa en Santafé de Bogotá, Colombia.** XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

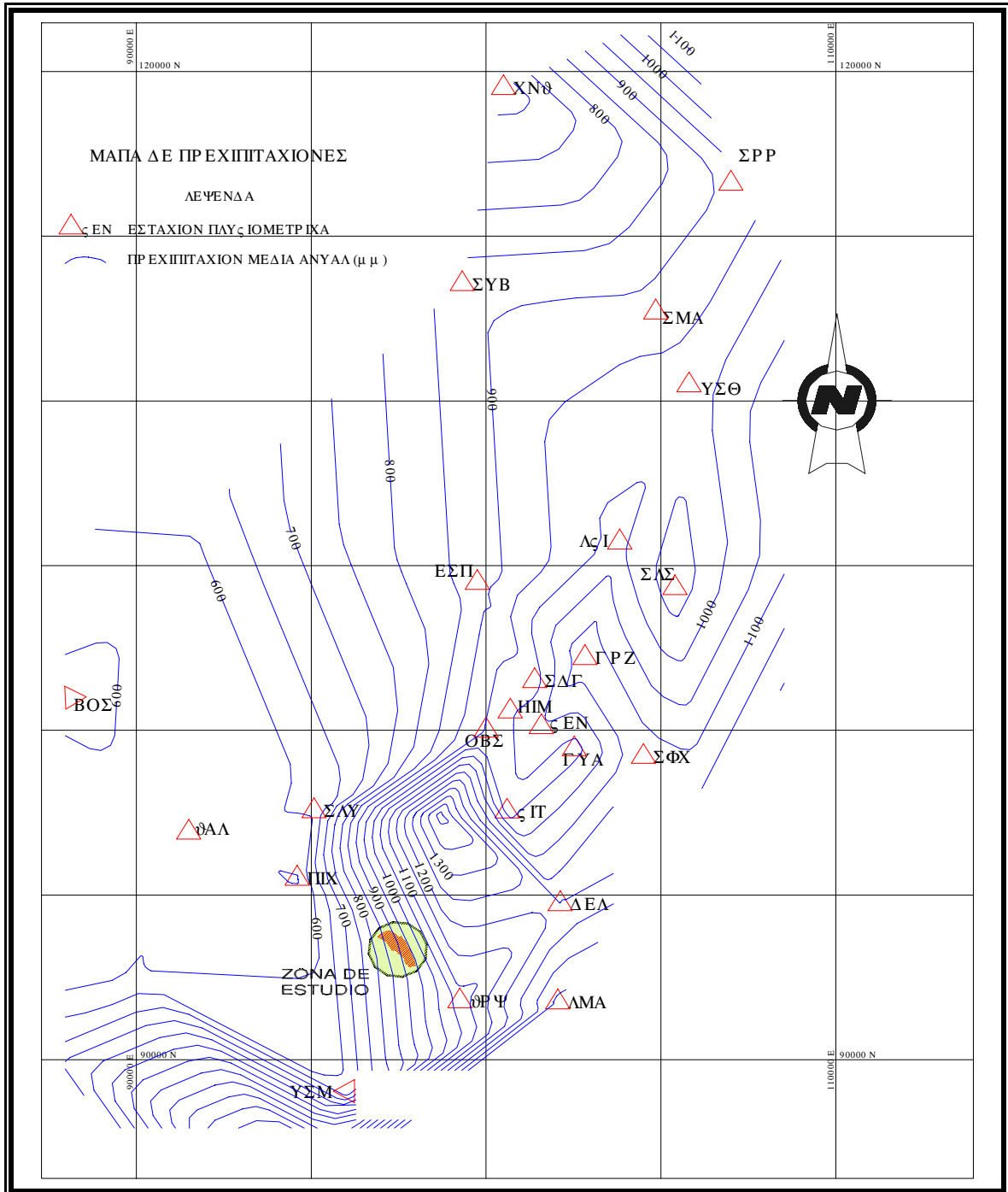


Figura 2.4. 5. Curvas de Precipitación media multianual - para la zona de estudio⁴.

⁴ Tomado de "Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Varias Localidades de Santafé de Bogotá" (INGEOCIM - UPES, 1998)

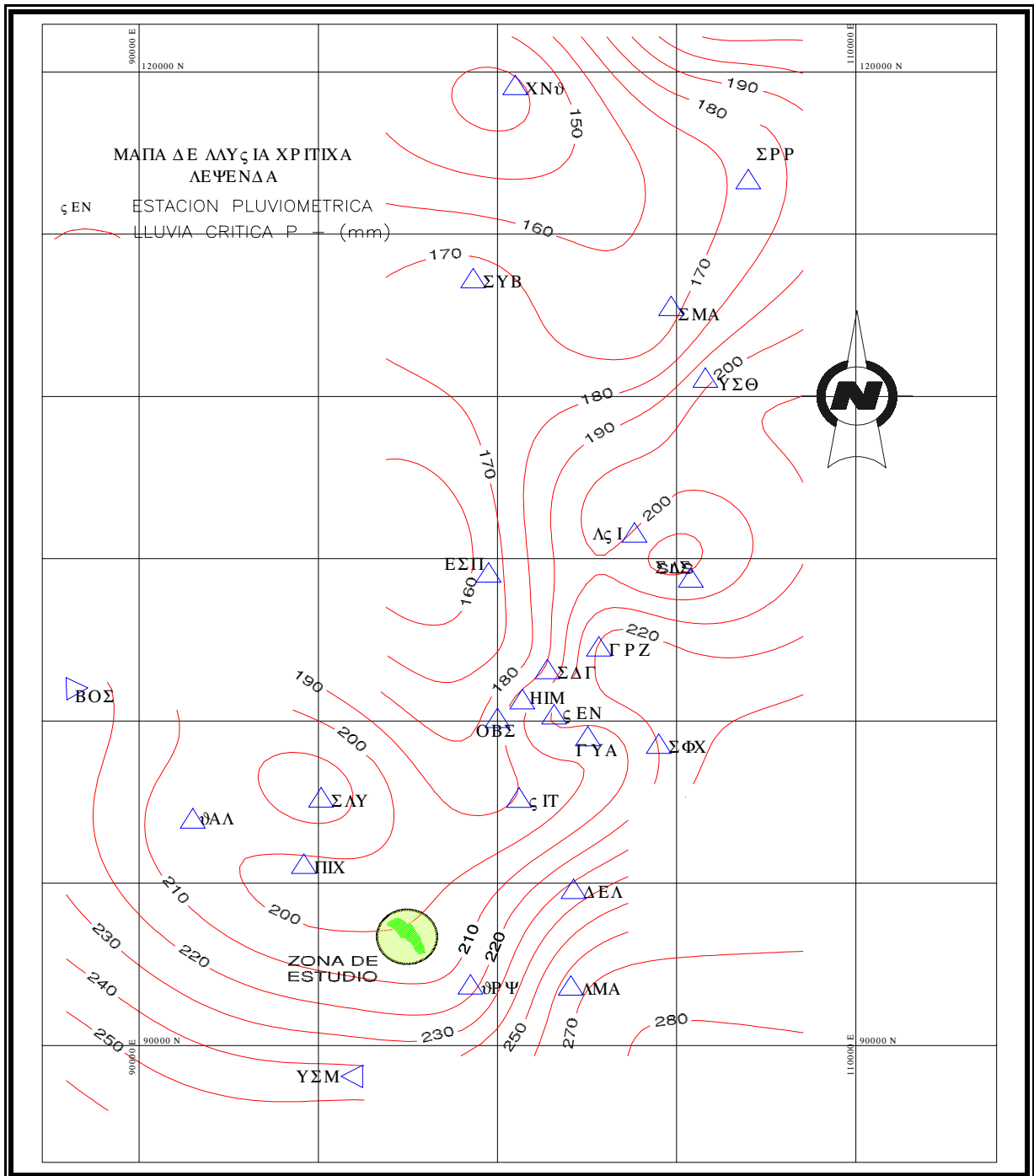


Figura 2.4. 6. Curvas de Precipitación Crítica - para la zona de estudio⁵.

⁵ Tomado de "Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Varias Localidades de Santafé de Bogotá" (INGEOCIM - UPES, 1998)

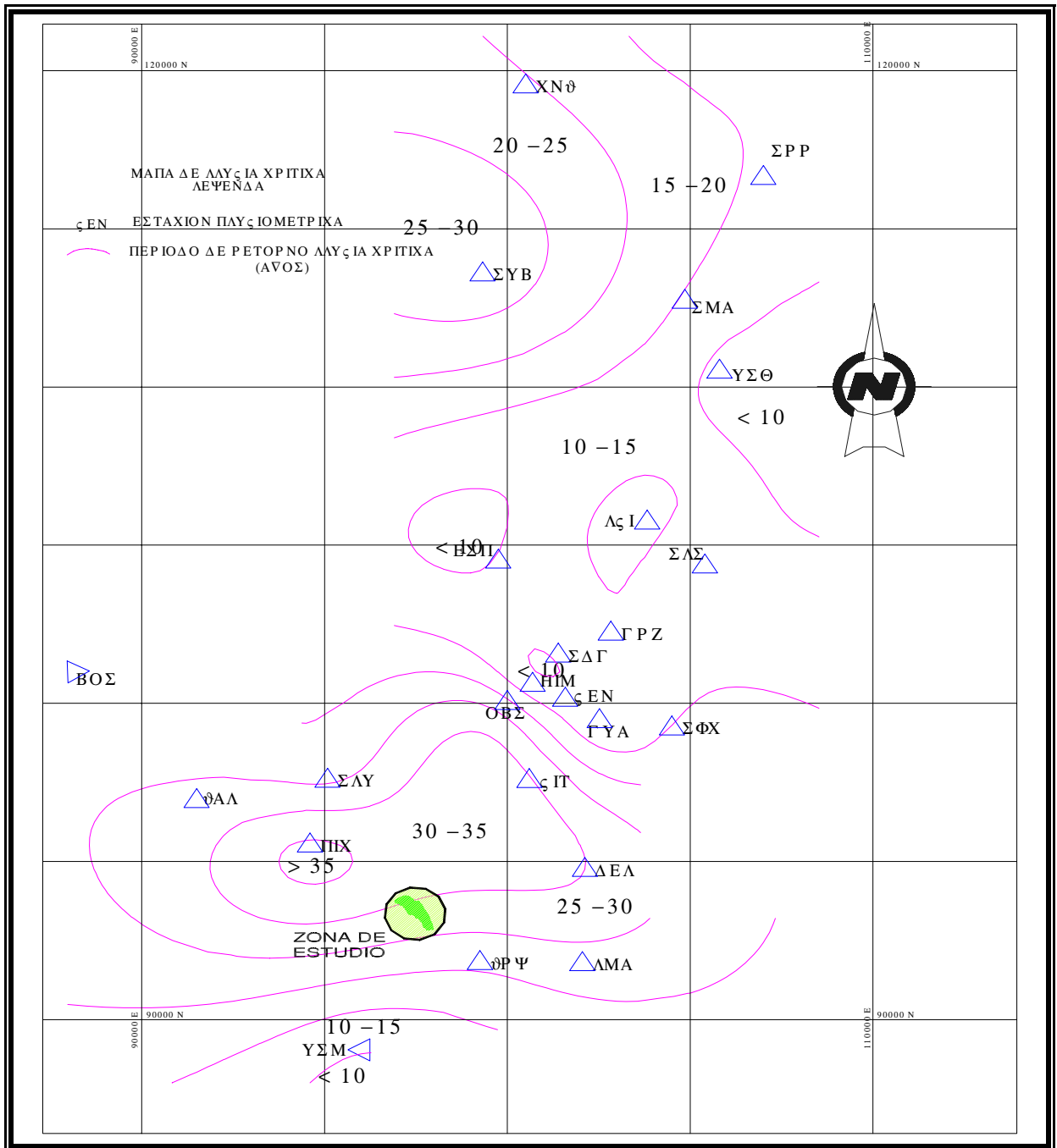


Figura 2.4. 7. Curvas de Periodos de Retorno de la Precipitación Crítica - para la zona de estudio⁶.

⁶ Tomado de "Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Varias Localidades de Santafé de Bogotá" (INGEOCIM - UPES, 1998)

2.5. USOS DEL SUELO Y COBERTURA

2.5.1. Generalidades

La evolución de los diferentes ecosistemas vegetales que conforman la cuenca hidrográfica donde se localiza el barrio la Nueva Esperanza, ha sido el resultado de la posición geográfica, de la acción de los factores y procesos pedológicos y edafológicos, de la acción climática y en especial de la intervención antrópica sobre los recursos naturales renovables.

Por lo tanto, la principal causa que ha llevado, en forma de reacción en cadena, al deterioro del medio ambiente en el área de estudio, son los diferentes asentamientos urbanos que se han establecido en la cuenca.

De aquí, la importancia de identificar los diferentes tipos de cobertura vegetal, para conocer qué papel cumple la cobertura vegetal, así como sus funciones potenciales, con el fin de establecer las áreas que deben permanecer cubiertas con vegetación, aquellas que pueden ser utilizadas en otros usos y aquellas áreas en las cuales su cobertura actual debe ser reemplazada por vegetación, pues se consideran zonas de recuperación, conservación o aptas para la producción forestal o vegetal; sin embargo, para el caso del barrio la Nueva Esperanza, el estudio de la vegetación debe fundamentarse principalmente en las necesidades prioritarias de la comunidad, ya que la idiosincrasia, la cultural, necesidades básicas y la densidad de población hace que prevalezca un determinado uso o actividad (las cuales satisfacen los requerimientos de subsistencia de dicha comunidad), entrando en conflicto con el verdadero uso potencial en determinada área. Además, la cobertura vegetal juega un papel importante en la calidad de vida de los habitantes, pues el manejo sostenible de dicha cobertura, garantiza la calidad de los suelos, agua y aire entre otros.

La cobertura vegetal, en general, constituye un factor fundamental en las condiciones de estabilidad, particularmente en lo referente al control de la erosión (interceptación, retención, retardo, infiltración, transpiración) y contribuye a prevenir movimientos en masa (deslizamientos superficiales).

El análisis de la cobertura vegetal en los procesos de inestabilidad, es importante, ya que se detectan procesos de deforestación, los cuales incrementan los deslizamientos. Además, desde el punto de vista paisajístico, la vegetación juega un papel muy importante en cuanto a la calidad visual, protección (suelos, fauna, agua, aire), mantenimiento (clima, biodiversidad) y sostenimiento (productos y subproductos del bosque) del recurso físico, biológico y social de la cuenca hidrográfica.

Con base en lo anterior, se concluye que todas las acciones que involucren de manera directa e indirecta un deterioro ambiental o aquellas que modifiquen el paisaje, en

especial la cobertura vegetal será el primer recurso natural renovable en sufrir las consecuencias de la intervención antrópica¹ (Valcárcel, 1.996).

2.5.2. Objetivos

2.5.2.1. Objetivo general

- Realizar una zonificación de la cobertura vegetal en la cuenca hidrográfica donde se localiza el barrio la Nueva Esperanza.
- Determinar el uso actual de los suelos de la cuenca hidrográfica.

2.5.2.2. Objetivos específicos

- Establecer los diferentes tipos de cobertura vegetal y uso actual del suelo de la cuenca donde se encuentra el barrio la Nueva Esperanza.
- Determinar la influencia de la vegetación en la estabilidad de las laderas del sector.
- Determinar el porcentaje de cada uno de los tipos de cobertura vegetal que hacen parte de la cuenca hidrográfica.

2.5.3. Cobertura vegetal y uso actual del suelo

Toda unidad que aparece delimitada, en el mapa temático de cobertura y uso del suelo, se define como una unidad de mapeo. A su vez, esta unidad de mapeo puede contener una o varias de las clases de cobertura y usos del suelo.

2.5.3.1. Unidades de mapeo

De acuerdo con la escala de trabajo y de la complejidad de la cuenca, se determinaron dos tipos de unidades de mapeo: puras y consociaciones.

- **Puras:** Cuando la cobertura terrestre corresponde al ciento por ciento de la unidad mapeada.

¹ Valcárcel, F. **LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN AGUAS, ASISTIDO POR COMPUTADOR**. Tesis (Especialista en Derecho Ambiental). Santafé de Bogotá D. C. Universidad INCCA de Colombia. 120p. 1997.

- **Consociaciones:** Es aquella unidad que encierra uno o más clases siendo siempre mayor o igual al 70 % la clase dominante.

2.5.3.2. Categorías de clasificación

Igualmente, para la elaboración del mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo del área de la cuenca, se estimaron tres categorías de clasificación: Gran Grupo, Grupo y Subgrupo; los cuales se han diferenciado según los aspectos de la cobertura y uso de la tierra y según los elementos identificables en el sensor remoto.

Gran grupo: Esta categoría, la más general, hace referencia a la cobertura vegetal y terrestre.

Grupo: La segunda categoría de la clasificación lo constituye aquellos aspectos de la cobertura de la tierra que tienen mayor expresión sobre la imagen; indican en forma general, la actividad principal que el hombre efectúa sobre la superficie terrestre.

Subgrupo: Esta tercera categoría hace referencia a la actividad particular que el hombre realiza sobre la tierra o al de la cobertura vegetal o terrestre (uso).

2.5.3.3. Leyenda

Los estudios de cobertura vegetal y uso actual del suelo no presentan en el ámbito nacional un sistema de símbolos estandarizados, dando como resultado la utilización de cualquier sistema que permita la identificación de las unidades cartográficas de cobertura y uso.

Con base en las diferentes clasificaciones a escala nacional e internacional se siguió la simbología adoptada por las diferentes instituciones con el propósito de estandarizar dicha simbología, en especial la del IGAC. Por lo tanto, el símbolo de la unidad cartográfica se compone de tres caracteres alfanuméricos, así:

El primer carácter a la izquierda corresponde a una letra mayúscula, que nemotécnicamente identifica la cobertura terrestre (Gran Grupo).

B: tierras con bosque; R: tierras con rastrojos; A: tierras agrícolas y así sucesivamente (ver [Tabla 2.5.1](#)).

Los dos caracteres siguientes están compuestos por un número (Grupo) seguido de una letra minúscula (Sub Grupo), los cuales corresponden al uso actual del suelo. Es así como: A1b, indica una tierra agrícola con cultivos permanentes tecnificados.

Con base en el reconocimiento y criterio, en la identificación de la cobertura vegetal y uso actual del suelo se obtuvo las siguientes categorías de clasificación:

2.5.3.3.1. Unidades puras

2.5.3.3.1.1. Tierras con bosques (B)

Hace referencia a la vegetación dominada por especies de árboles, generalmente con alturas superiores a los tres metros, las copas son continuas y discontinuas; está prácticamente representado por especies leñosas, con follaje perenne, de consistencia coriácea.

- **Bosque natural intervenido (B1a)**

El bosque secundario intervenido, corresponde a la comunidad vegetal natural que ha surgido después de un período de libre crecimiento por procesos de sucesión secundaria resultado de la intervención, ya sea por desmonte de toda la cobertura vegetal o tala selectiva continua. A corto plazo, nunca alcanza la biomasa de la formación primaria o bosque original. Se caracteriza por presentar, en su mayoría, especies arbóreas helio filas de rápido crecimiento y de maderas blandas y un gran número de individuos con diámetros pequeños.

Las especies representativas de este tipo de bosque, son: Urapán, Mangle de tierra fría, Saúco, Trompeto, Durazno y Aliso.

Corresponde al 0.48% del área total, lo que equivale a 0.19 hectáreas; y se encuentra localizado hacia la parte baja de la cuenca hidrográfica, en la margen derecha de la Quebrada la Guairita.

- **Bosque plantado sin manejo (B2b)**

Es el bosque que el hombre ha cultivado, plantado o establecido con fines de protección o producción. Predomina los Eucaliptos, Pinos y Cipreses. En donde los primeros están siendo usados como barreras vivas.

En la cuenca, ocupa el 1.41% (0.56 hectáreas). Principalmente, se localiza en la parte media de la cuenca.

2.5.3.3.1.2. Tierras con rastrojos (R)

Esta unidad se encuentra dominada por especies vegetales cuya porte es de arbusto, es decir, con estructura de tallo delgado y leñoso, fuertemente ramificado desde la base y sin forma de copa definida.

Esta unidad de mapeo, se localiza de manera dispersa a lo largo del área de la cuenca hidrográfica y, de manera general, se encuentra en una zona de transición entre el bosque húmedo montano bajo y bosque húmedo montano (páramo).

- **Rastrojo natural de protección (R1a)**

De manera general, este tipo de cobertura y uso de la tierra se caracteriza por presentar alturas entre 1 y 2 metros. Ocupa el 37.98% (15.19 hectáreas).

Predominan especies, tales como: Chusque, Helechos, Ciro, Pegamosco, especies de la familia Melastomatacea y hacia la parte media alta y alta de la cuenca frailejones.

2.5.3.3.1.3. Tierras con pastos (P)

Los pastos hace referencia a la cobertura vegetal caracterizada por vegetación baja (menor de un metro de altura), compuesta por hierbas y gramíneas especialmente.

Es importante mencionar, que en algunas de las zonas diferenciadas con pastos, se presenta, de manera dispersa, vegetación arbórea y arbustiva.

- **Pastos naturales de protección (P1)**

Son aquellos pastos que no han sido plantados por el hombre. Generalmente, los pastos naturales que hacen parte de la cuenca hidrográfica están dedicados a la protección y a menor escala al pastoreo.

2.5.3.3.1.4. Tierras agrícolas (A)

Esta unidad se caracteriza porque la cobertura natural ha sido modificada totalmente por el hombre, y el patrón de siembra tiene un mosaico de contornos geométricos típicas de actividades humanas.

- **Tierras agrícolas de pan coger semitecnificados (A1a)**

Esta unidad, hace referencia a aquellos cultivos en donde la cosecha se recoge en un lapso máximo de un año, como es el caso de los cultivos de papa y maíz que se siembran

hacia la parte alta de la cuenca. Así mismo, poseen un grado de tecnificación en el proceso del cultivo, manejo del suelo y prácticas de manejo del cultivo.

Esta unidad representa el 6.56% del área total de la zona de estudio.

2.5.3.3.1.5. Tierras sin cobertura vegetal (Sc)

Esta unidad corresponde a aquellas zonas que presentan limitaciones para el crecimiento de la vegetación u otro tipo de cobertura, o a aquellas que han perdido por procesos de degradación (erosión) gran parte del suelo, creciendo poca vegetación natural.

2.5.3.3.2. Unidades de Consociaciones

Como ya se mencionó, las consociaciones son aquellas unidades que encierran una o más clases siendo siempre mayor o igual al 70 % la clase dominante.

- **Tierras con edificaciones, sin cobertura vegetal y pastos naturales (Ur-Sc-P1)**

Corresponde a aquellas áreas de uso intensivo cubiertas por viviendas; vías de comunicación, caminos y accesos los cuales se encuentran sin cobertura vegetal y pastos naturales que debido a su complejidad y dinamismo no se pueden separar en unidades independientes.

De otro lado, se estima que la proporción de cobertura de cada una de los anteriores usos corresponde, aproximadamente, al 80%, edificaciones; 15%, sin cobertura vegetal; y 5%, pastos naturales.

La [Tabla 2.5.1](#), presenta un resumen de la clasificación mencionada anteriormente la cual se ajusta la cuenca hidrográfica donde se encuentra localizado el barrio La Nueva Esperanza. En el Plano 7 se presenta el plano de uso y cobertura del suelo.

Tabla 2.5. 1. Clasificación de la cobertura terrestre y uso de la tierra de la cuenca hidrográfica.

SÍMBOLO	COBERTURA TERRESTRE	USO ACTUAL DEL SUELO	
	GRAN GRUPO	GRUPO	SUB-GRUPO
B	Tierras con bosque	1. Natural 2. Plantado	a. Intervenido b. Sin manejo
R	Tierras con rastrojo	1. Natural	a. De protección
P	Tierras con pastos	1. Naturales	a. De protección
A	Tierras agrícolas	1. De pan coger	a. Semitecnificado
Sc	Tierras sin cobertura vegetal		
Ur-Sc-P1	Tierras con edificaciones, sin cobertura vegetal y pastos naturales		

2.5.4. Análisis Multitemporal

A partir de los años 70 hasta llegar a los 90, la cuenca hidrográfica donde se localiza el barrio la Nueva Esperanza, presentaba una cobertura natural sin intervención antrópica, hecho este que se manifiesta en la fotointerpretación realizada (Vuelo: C-1737 de 1.977, fotografías 039, 040, 041 y Vuelo R-1131, fotografías 3175, 3176 y 3177).

A partir de los años 90, los procesos de deforestación estuvieron ligados a los procesos erosivos, los cuales aumentaron considerablemente debido al fenómeno invasión y a la falta de planificación urbana de la zona lo cual repercute en la conservación de los suelos y la estabilidad de las laderas.

2.5.5. Influencia de la Vegetación en la Estabilidad de las Laderas

La vegetación, que actualmente se encuentra en la cuenca, presenta características anatómicas y fisiológicas que conllevan a la conservación del recurso hídrico (cuenca abastecedora de agua por naturaleza).

De otro lado, la vegetación está realizando una acción protectora de los suelos, debido a la alta influencia de los vientos sobre cada una de las vertientes de la cuenca. Este fenómeno, se puede observar en donde, los procesos de erosión no se han manifestado debido a la presencia de pastos naturales.

De manera general y con base en la caracterización de la vegetación, esta no se encuentra realizando fuerzas externas de sobrecarga sobre los diferentes taludes naturales de la cuenca. Además, se encuentran especies con raíces pivotantes lo que hace que su volcamiento sea difícil, factor este que ayuda en la estabilización de los taludes.

Asimismo, las copas de las especies naturales (a pesar de ser achaparradas), están jugando un papel importante en la disminución de la fuerza o impacto de la gota de lluvia sobre el suelo.

2.5.6. Conclusiones y Recomendaciones

La deforestación es un factor que aumenta la susceptibilidad de las laderas ante fenómenos de remoción en masa. Es así como hay un aumento de la infiltración en los depósitos de suelo y erosión diferencial en los escarpes rocosos. Es por ello que se recomienda ejecutar un programa de reforestación con especies vegetales que presenten características de recuperación y conservación de suelos, tales como: Ciro (*Baccharis bogotensis*), Espino (*Duranta mutissi*), Cucharero (*Rapanea guianensis*), Gurrubo (*Solanum lycioides*), Laurel (*Myrica parvifolia*), Acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), Acacia negra (*Acacia decurrens*), Sangregado (*Cortón funcckianus*) entre otras.

2.6. FACTOR ANTRÓPICO

La mayoría de los deslizamientos en áreas urbanas está relacionado con la acción antrópica. Los elementos detonantes más importantes son los cortes, rellenos, procesos de urbanización, deforestación, fugas de ductos, disposición inadecuada de basuras y procesos de erosión urbana¹.

2.6.1. Deforestación

La deforestación ha sido identificada como un elemento muy importante de desestabilización de las laderas urbanas debido a que la cobertura vegetal presente determina una mayor o menor protección contra el impacto de la lluvia o la acción de las corrientes de agua y el proceso de evapotranspiración.

Como se puede observar en la Figura 2.6.1, la zona de estudio actualmente cuenta con menos del 2% de bosques naturales o plantados, mientras que las tierras sin cobertura vegetal y con edificaciones son del orden del 25 % lo que nos indica que la cuarta parte de la protección natural fue diezmada y más del 50% de los bosques naturales fueron reemplazados por rastrojos y pastos.

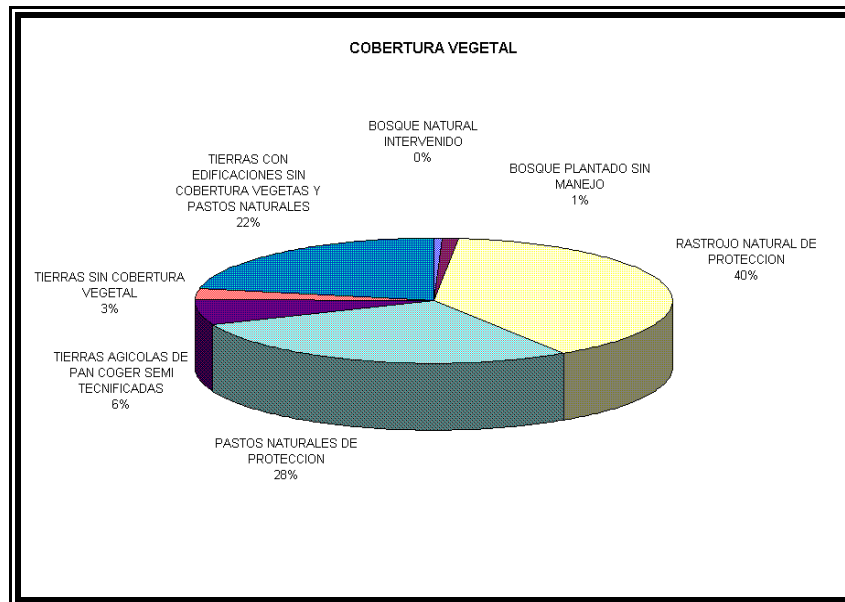


Figura 2.6. 1. Distribución de cobertura vegetal en la zona de estudio

¹ Suárez, J. *ELEMENTOS ANTRÓPICOS DE LOS DESLIZAMIENTOS EN ÁREAS URBANAS*. En: IX Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana. Santafé de Bogotá, 1997.

2.6.2. Fugas de instalaciones hidráulicas y sanitarias

Debido a que la zona de estudio esta irrigada por un sistema de acueducto comunal con una red de distribución en manguera de bajas especificaciones es muy común bajo estas condiciones encontrar fugas importantes. De igual manera, el alcantarillado en algunos sectores de la zona no existe, lo cual induce a vertimientos libres que junto con las fugas de las instalaciones hidráulicas y sanitarias conllevan a la saturación de los suelos.

2.6.3. Modificación de la topografía

La modificación de la topografía del terreno mediante cortes o rellenos puede producir la activación de un deslizamiento; por lo tanto, en el área de estudio se procedió a la realización de un levantamiento topográfico como se ilustra en numerales anteriores y a la confrontación de esta con la obtenida del IGAC (año 1981 y 1974) con el fin de tener una mejor idea de donde se realizaron corte o rellenos y determinar de una manera aproximada las profundidades de estas explanaciones.

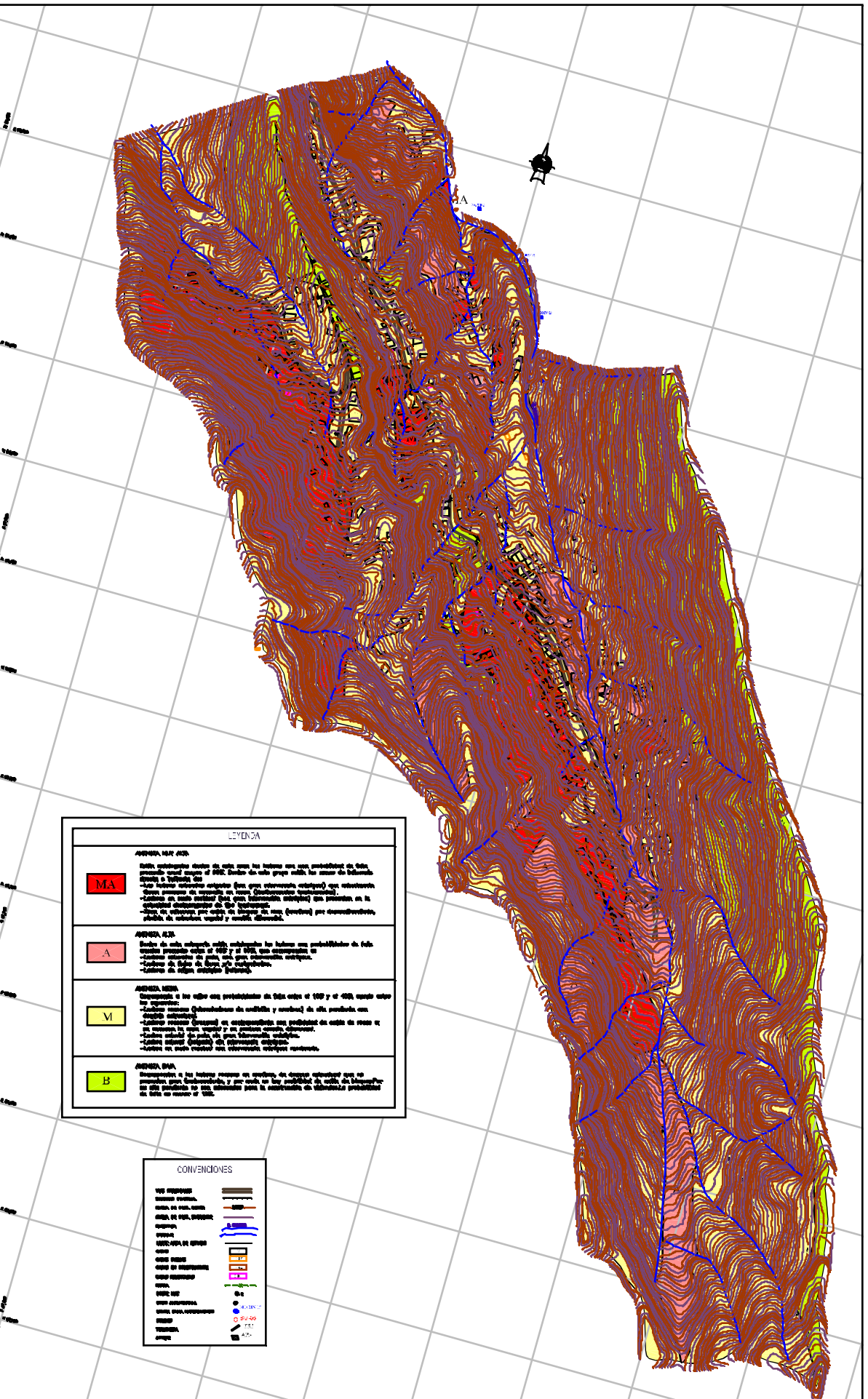
Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, se elaboró para la zona de estudio el mapa cualitativo de Factor Antrópico (Plano 8), en el cual se distinguen cuatro zonas, a saber:

Zona de intervención antrópica muy alta: corresponde a las zonas urbanizadas, sin alcantarillado y acueducto por mangueras, donde se presentan cortes y rellenos puntuales por la construcción de vías y viviendas. La remoción de la capa vegetal es total.

Zona de intervención antrópica alta: corresponde a las zonas urbanizadas, con alcantarillado comunal y acueducto por mangueras; se presentan cortes y rellenos puntuales.

Zona de intervención antrópica media: zona no urbanizada, donde el cambio en el uso de suelo corresponde al sembrado de cultivos de pancoger.

Zona de intervención antrópica baja: zona no urbanizada, donde la intervención antrópica es mínima.



LEYENDA	
MA	<p>ARECHA, MAY 400</p> <p>Señala, entre otros, el estado de conservación de las laderas con una pendiente de 40% o mayor que las que se encuentran en el grupo de las laderas de 10% a 39%.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Las laderas son de tipo empinado (con una inclinación superior) que presentan áreas de gran erosión y riesgo. -Existen en estas laderas (en sus laderas superiores) que presentan en la zona de drenaje de la que se originan las laderas de 10% a 39%. -Existen en estas laderas, por lo tanto, un alto riesgo de deslizamientos, debido a la alta erosión, viento y humedad excesiva.
A	<p>ARECHA, 400</p> <p>Señala de las laderas más empinadas las laderas con pendientes de 40% o mayor que las que se encuentran en el grupo de las laderas de 10% a 39%.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Existen en estas laderas (en sus laderas superiores) que presentan en la zona de drenaje de la que se originan las laderas de 10% a 39%. -Existen en estas laderas, por lo tanto, un alto riesgo de deslizamientos, debido a la alta erosión, viento y humedad excesiva.
M	<p>ARECHA, 300</p> <p>Señala de las laderas con pendientes de 30% o mayor que las que se encuentran en el grupo de las laderas de 10% a 29%.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Existen en estas laderas (en sus laderas superiores) que presentan en la zona de drenaje de la que se originan las laderas de 10% a 29%. -Existen en estas laderas, por lo tanto, un alto riesgo de deslizamientos, debido a la alta erosión, viento y humedad excesiva.
B	<p>ARECHA, 200</p> <p>Señala de las laderas con pendientes de 20% o mayor que las que se encuentran en el grupo de las laderas de 10% a 19%.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Existen en estas laderas (en sus laderas superiores) que presentan en la zona de drenaje de la que se originan las laderas de 10% a 19%. -Existen en estas laderas, por lo tanto, un alto riesgo de deslizamientos, debido a la alta erosión, viento y humedad excesiva.

CONVENCIONES	
RED HIDROGRÁFICA	---
RED VIAL	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—
RED DE SERVICIOS PÚBLICOS	—+—+—



MUNICIPIO DE ARECHA

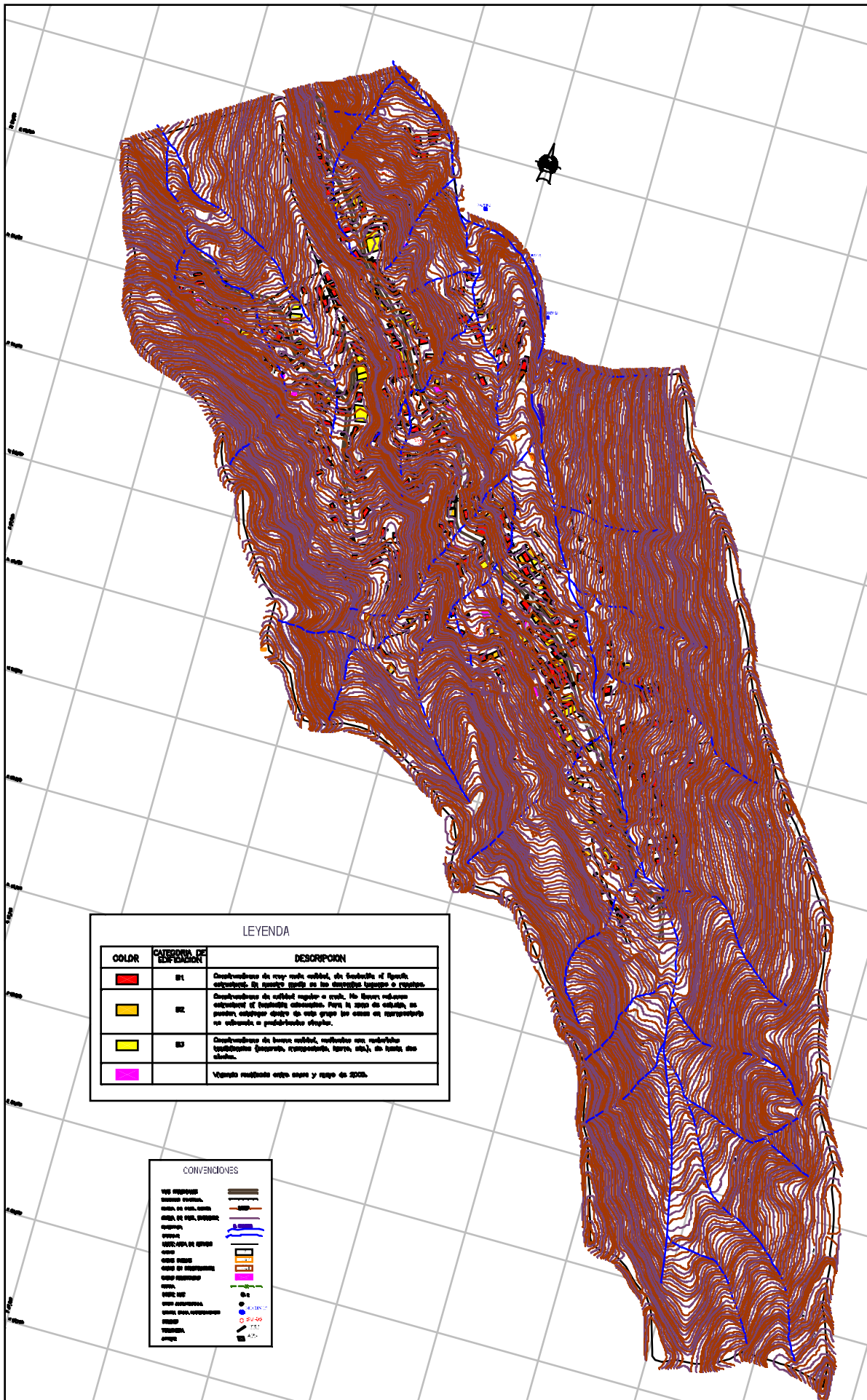
INFORMACIÓN TÉCNICA



PROYECTO:	ARECHA 200	ESCALA:	1:50,000	FECHA:	01/2010
ELABORADO POR:	INGENIERO CIVIL	REVISADO POR:	INGENIERO CIVIL	APROBADO POR:	INGENIERO CIVIL
FECHA DE ELABORACIÓN:	01/2010	FECHA DE REVISIÓN:	01/2010	FECHA DE APROBACIÓN:	01/2010

ARECHA ACTUAL POR FENÓMENOS DE RENOVACIÓN EN MASA

01/2010

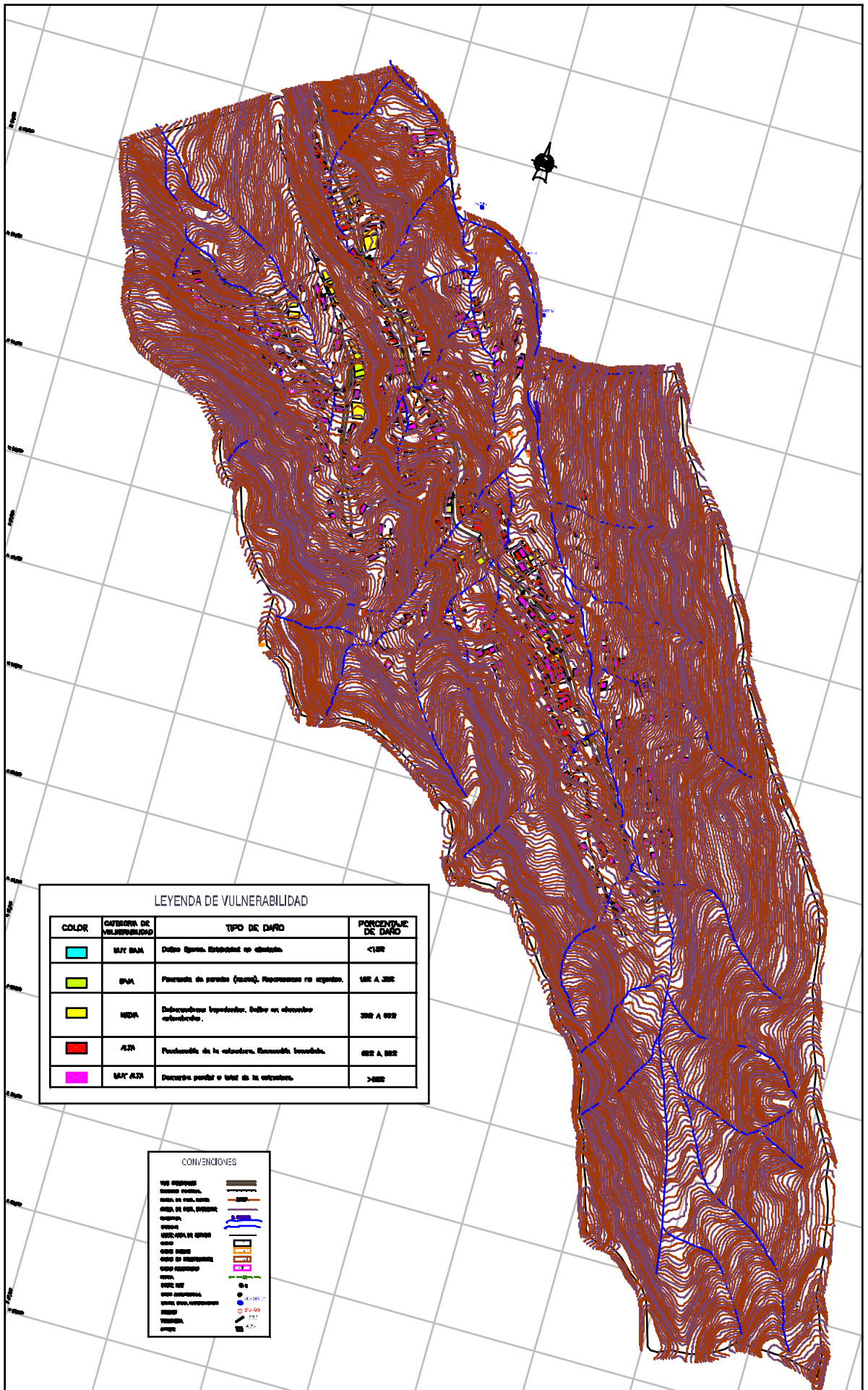


LEYENDA

COLOR	CATEGORIA DE ELABORACION	DESCRIPCION
[Red]	B1	Construcciones de muy mala calidad, sin fundación y pocas cubiertas. Se desmorona debido a las acciones térmicas o químicas.
[Yellow]	B2	Construcciones de calidad regular o mala. No tienen cubiertas impermeables y techos inclinados. Para la zona de cultivo, se pueden utilizar desde un solo grupo de casas en correspondencia con cultivos o producciones agrícolas.
[Green]	B3	Construcciones de buena calidad, techos con materiales impermeables (tejas, zinc, etc.), de hasta dos niveles.
[Pink]		Vivienda realizada entre mayo y junio de 2005.

CONVENCIONES

LOS RECURSOS	[Symbol]
RECURSOS HUMANOS	[Symbol]
RECURSOS ECONÓMICOS	[Symbol]
RECURSOS TECNOLÓGICOS	[Symbol]
RECURSOS SOCIALES	[Symbol]
RECURSOS CULTURALES	[Symbol]
RECURSOS AMBIENTALES	[Symbol]
RECURSOS POLÍTICOS	[Symbol]
RECURSOS LEGALES	[Symbol]
RECURSOS FÍSICOS	[Symbol]
RECURSOS TECNOLÓGICOS	[Symbol]
RECURSOS SOCIALES	[Symbol]
RECURSOS CULTURALES	[Symbol]
RECURSOS AMBIENTALES	[Symbol]
RECURSOS POLÍTICOS	[Symbol]
RECURSOS LEGALES	[Symbol]
RECURSOS FÍSICOS	[Symbol]

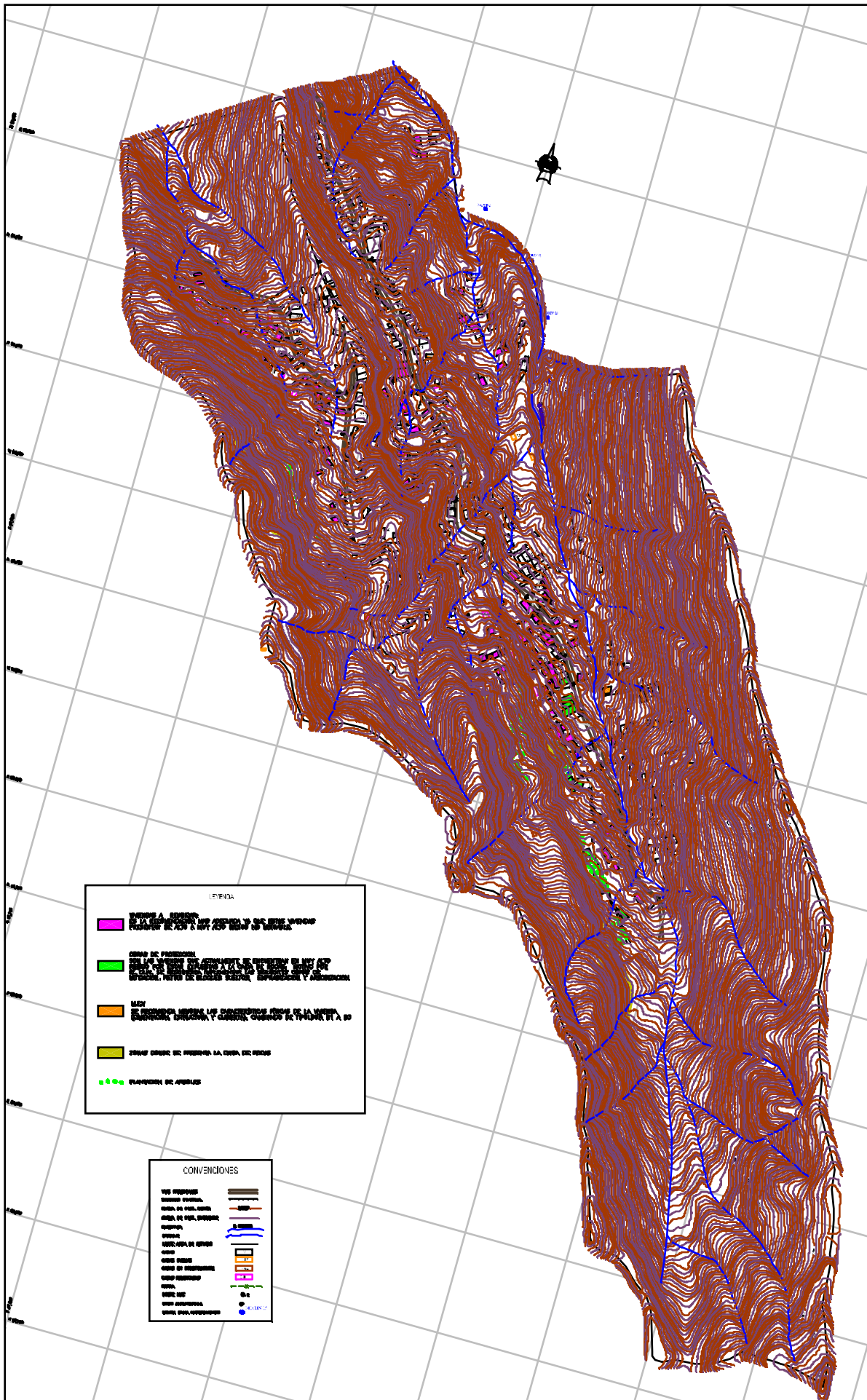


LEYENDA DE VULNERABILIDAD

COLOR	CATEGORIA DE VULNERABILIDAD	TIPO DE DAÑO	PORCENTAJE DE DAÑO
	MUY BAJA	Daños ligeros. Estabilidad no afectada.	<10%
	BAJA	Fisuración de paredes (raíces), Resacas en raigones.	10% A 20%
	MODERADA	Deterioración importante. Daños en aleroes y cornisas.	20% A 50%
	ALTA	Fracadura de la estructura. Rotación de niveles.	50% A 80%
	MUY ALTA	Descenso parcial o total de la estructura.	>80%

CONVENCIONES

	RED HIDROGRAFICA
	REDES DE VIVIENDAS
	REDES DE GAS, SERVICIO PUBLICO
	SEÑALES
	SEÑALES DE ALARMAS
	REDES DE ALERTEA
	REDES DE COMUNICACIONES
	REDES DE SERVICIOS
	POBOS
	PUERTOS
	PUERTOS DE ALERTEA
	REDES DE SERVICIOS
	REDES DE ALERTEA
	REDES DE SERVICIOS
	REDES DE COMUNICACIONES
	REDES DE SERVICIOS
	REDES DE ALERTEA



LEYENDA

	ZONA A: ZONA DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO DEL PUEBLO DE SAN JUAN DE LOS RIOS
	ZONA DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO DEL PUEBLO DE SAN JUAN DE LOS RIOS, PARA EL MANEJO DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN Y DEGRADACIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO
	ZONA DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO DEL PUEBLO DE SAN JUAN DE LOS RIOS, PARA EL MANEJO DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN Y DEGRADACIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO
	ZONA DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO DEL PUEBLO DE SAN JUAN DE LOS RIOS
	PLANTACIONES DE ARBOLES

CONVENCIONES

	LINEA DE CONTOUR
	RED HIDROLÓGICA
	RED DE DRENAJE
	RED DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO
	RED DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO
	RED DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO
	RED DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO
	RED DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO
	RED DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO
	RED DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO



PROYECTO: DISEÑO DEL PLAN DE MANEJO DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN Y DEGRADACIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO DEL PUEBLO DE SAN JUAN DE LOS RIOS

FECHA: 2018

ESCALA: 1:5000

PROYECTO: DISEÑO DEL PLAN DE MANEJO DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN Y DEGRADACIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO DEL PUEBLO DE SAN JUAN DE LOS RIOS

FECHA: 2018

ESCALA: 1:5000

PROYECTO: DISEÑO DEL PLAN DE MANEJO DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN Y DEGRADACIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO DEL PUEBLO DE SAN JUAN DE LOS RIOS

FECHA: 2018

ESCALA: 1:5000

PROYECTO: DISEÑO DEL PLAN DE MANEJO DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN Y DEGRADACIÓN DEL MANANTIAL Y DEL ACUEDUCTO DEL PUEBLO DE SAN JUAN DE LOS RIOS

FECHA: 2018

ESCALA: 1:5000

RECOMENDACIONES:

1. Mantener el área protegida libre de actividades agrícolas y ganaderas que puedan generar contaminación del manantial y del acueducto.

2. Realizar actividades de mantenimiento y limpieza regular del manantial y del acueducto.

3. Promover la reforestación del área protegida con especies nativas.

4. Realizar actividades de educación ambiental a la comunidad sobre la importancia del manantial y del acueducto.