

CLASIFICADO



FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FOPAE



EDGAR EDUARDO RODRIGUEZ GRANADOS Y/O INGENIERIA Y GEORRIESGOS
Carrera 19A No. 84 – 14 Oficina 204
BOGOTA, COLOMBIA

**“ESTUDIO DE RIESGOS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS
YOPAL (EI PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN
JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME EN BOGOTA D.C. ”**

CONTRATO DE CONSULTORÍA No 624 – 2009º

VOL. 1 - INFORME FINAL

ORIGINAL

IGR-127-09

Versión 2

FEBRERO 18 DE 2010

Nota: De acuerdo con el artículo 20 de la Ley 23 de 1982, los Derechos de Autor pertenecen al FOPAE. La solicitud de reproducir este documento parcial o totalmente, se debe dirigir por escrito al Director del FOPAE



Tipo de Documento: FORMATO	
Código: F-IGR-45	
Versión Versión 2	
Fecha Aprobación: 2005-01-17	Pág. 2/230

CONTROL DE CAMBIOS

ENTREGA DE INFORMES	ENTIDAD	Unidades
Original	Dirección de Prevención y Atención de Emergencias	1
Copia No 1	Dirección de Prevención y Atención de Emergencias	1
Copia No 2	Ingeniería y Georiesgos	1
Copia No 3		
Copia No 4		

CAMBIOS REALIZADOS

Versión	Cambios realizados respecto a la versión anterior	Fecha
2	Se atendieron las observaciones presentadas por parte de la Supervisión mediante oficio AGC-DPAE-267-12	100122
3		
4		
5		

APROBACIÓN CAMBIOS

Versión	Realizó	Revisó	Aprobó	Observaciones	Fecha
1	CIV	ERG	JARO		091229
2	CIV	ERG	JARO		100122
3					
4					
5					



Secretaría

GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FOPAE

TITULO:

“ESTUDIO DE RIESGOS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASAY EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.”

AUTOR:

EDGAR EDUARDO RODRIGUEZ GRANADOS Y/O INGENIERIA Y GEORIESGOS

RESUMEN:

El presente informe final contiene los resultados del estudio, los análisis de alternativas de mitigación del riesgo para los barrios Yopal (El Pedregal) y San Juan de Usme desarrollados dentro del contrato. El documento presenta las generalidades del sitio de estudio como localización general, el levantamiento topográfico, la geología, la exploración del subsuelo, la evaluación de aspectos climáticos, el inventario de viviendas, resultados de laboratorio, caracterización geotécnica, evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. También se presentan .las alternativas de mitigación y las recomendaciones del estudio.

PALABRAS CLAVES:

BARRIO YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN, LOCALIDAD DE USME, AMENAZA, VULNERABILIDAD, RIESGO EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN, FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.

TERMINOS PARA GLOSARIO E INDICE:

AMENAZA, VULNERABILIDAD, RIESGO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN, FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, INDICE DE DAÑO, NIVEL FREÁTICO.

CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD:	DE	CONTRATO:	IDIOMA:	NUMERO DE PAGINAS:	NUMERO DE COPIAS:
CLASIFICADO		No:624-2009	ESPAÑOL		1

RESUMEN

Este documento corresponde al informe final del Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa y evaluación de alternativas de mitigación para los barrios Yopal (el Pedregal), San Juan de Usme I sector, San Juan de Usme II sector, San Juan de Usme III sector, de la localidad de Usme, en Bogotá D.C., se incluyen generalidades, topografía, estudio geológico, geomorfológico e hidrogeológico, se hace una amplia revisión y análisis de las condiciones hidrológicas de la zona de estudio. De igual manera se presentan los aspectos sísmológicos, cobertura y usos del suelo.

Como actividad principal que diferencia el trabajo realizado respecto al contrato del monitoreo realizado durante enero y marzo de 2009, se encuentra la ejecución de una amplia exploración geotécnica que consistió fundamentalmente en la realización de 4 líneas de dispersión sísmica, 11 perforaciones con equipo mecánico, 8 apiques y la instalación de piezómetros e inclinómetros.

Se desarrollaron campañas de monitoreo de los piezómetros e inclinómetros instalados durante el plazo del contrato. Se encontraron tasas de movimiento muy bajas debido a que no se registraron lluvias importantes durante el periodo de monitoreo, probablemente la afectación de las viviendas evolucione de forma progresiva.

Se realizó el inventario de viviendas en una muestra representativa de la zona de estudio. No fue posible acceder a la totalidad de las viviendas debido a que los habitantes no permitieron el ingreso para completar dicha actividad.

Por parte de la Consultoría se desarrolló un trabajo de gestión social que consistió en asistir a algunas reuniones concertadas con la comunidad, en la cual se explicó a la comunidad el objeto del estudio y el avance en las actividades.

Se hizo una evaluación de la condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo para tres escenarios: condiciones actuales, 10 años y 50 años.

Luego se estudiaron tres alternativas de mitigación, se hizo el análisis de amenaza con la implementación de obras, se generó un modelo de decisión y se realizó la evaluación de beneficio/costo para las alternativas planteadas.

Se hizo un plan de acción para la mitigación del riesgo, donde se muestra la prioridad de intervención, se sugiere la realización de actividades de monitoreo y se presenta un cronograma.

Para las acciones recomendadas en el plan de acción y en las alternativas de mitigación se propone un programa de participación comunitaria que deberá desarrollar la entidad encargada de desarrollar las actividades de la alternativa recomendada.

TABLA DE CONTENIDO

1	GENERALIDADES.....	23
1.1	INTRODUCCIÓN.....	23
1.2	OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.....	23
1.3	ORGANIZACIÓN DEL INFORME	23
1.4	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS.....	24
1.4.1	Revisión y análisis de información	25
1.4.2	Reconocimiento de campo	30
1.4.3	Levantamiento topográfico	30
1.4.4	Evaluación hidrológica	30
1.4.5	Exploración geotécnica.....	31
1.4.6	Inventario de viviendas	31
1.5	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS	32
1.5.1	Antecedentes	32
1.5.2	Causas probables.....	33
1.6	DELIMITACIÓN GEOMETRICA DEL AREA DE ESTUDIO	34
1.7	POBLACIÓN BENEFICIADA.....	35
2	TOPOGRAFÍA.....	36
2.1	ALCANCE ESPECÍFICO DEL TRABAJO TOPOGRÁFICO.....	36
2.2	GENERALIDADES	36
2.3	RECURSO TÉCNICO.....	37
2.4	MÉTODOS DE CAMPO.....	37
2.4.1	Levantamiento de Detalles.....	37
2.4.2	Información Técnica	37
2.4.3	Georeferenciación	38
3	ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO.....	39
3.1	INTRODUCCIÓN.....	39
3.1.1	Localización.....	39
3.1.2	Objetivo	39
3.1.3	Metodología	39
3.2	GEOLOGÍA REGIONAL	41
3.2.1	Estratigrafía.....	41

3.3	GEOLOGIA LOCAL	42
3.3.1	Formación Usme (Tu).....	42
3.3.2	Formación Marichuela (TQm).....	45
3.3.3	Materiales de Deslizamientos (Qd).....	48
3.3.4	Materiales Antrópicos (Qa).....	48
3.4	ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS.....	49
3.4.1	Regionales.....	49
3.4.2	Locales	51
3.5	GEOMORFOLOGÍA	53
3.5.1	Regional	53
3.5.2	Local	54
3.5.3	Morfodinámica (Procesos).....	57
3.6	FOTOINTERPRETACIÓN (Análisis Multitemporal)	58
3.6.1	Año de 1952 – vuelo C-619 – Escala 1:18.000.....	58
3.6.2	Año de 1968 – vuelo C-1220 – Escala 1:7.000.....	60
3.6.3	Año de 1985 – vuelo R-1061 – Escala 1:22.000.....	61
3.6.4	Año de 1990 – vuelo R-1131 – Escala 1:5.000.....	61
3.6.5	Año de 2004– vuelo C-2717 – Escala 1:21.000.....	63
3.7	HIDROGEOLOGIA	63
4	HIDROLOGIA E HIDRAULICA	65
4.1	INTRODUCCIÓN.....	65
4.2	INFORMACIÓN DISPONIBLE	65
4.3	TEMPERATURA DEL AIRE, HUMEDAD RELATIVA Y EVAPOTRANSPIRACIÓN	66
4.4	DISTRIBUCIÓN INTRA ANUAL DE LA PRECIPITACIÓN	66
4.5	ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN DIARIA.....	67
4.6	CONCLUSION.....	77
5	ASPECTOS SISMOLÓGICOS	79
6	COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO	80
6.1	TIERRAS CON PASTOS.....	80
6.2	TIERRAS EDIFICADAS	81
6.3	SIN COBERTURA.....	81

7	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	82
7.1	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	82
7.1.1	Sondeos Mecánicos	82
7.1.2	Pruebas de campo	83
7.2	ENSAYOS DE LABORATORIO	83
7.3	EXPLORACIÓN INDIRECTA	84
7.4	CARACTERIZACION GEOMECANICA	84
7.4.1	Humedad Natural y límites de consistencia	84
7.4.2	Distribución Granulométrica	91
7.4.3	Peso unitario	96
7.4.4	Resistencia a la penetración estándar	100
7.4.5	Perfil Geotécnico promedio	104
8	INSTRUMENTACION GEOTECNICA	105
8.1	LOCALIZACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN	105
8.2	CAMPAÑAS DE MEDICIÓN DE INSTRUMENTOS	108
8.2.1	Registro de piezómetros	108
8.2.2	Registro inclinómetros	110
8.3	COMPARACIÓN DE TASAS DE MOVIMIENTO	114
9	INVENTARIO DE VIVIENDAS	115
9.1	MARCO HISTORICO	115
9.2	METODOLOGÍA	115
9.2.1	Conformación Estructural	116
9.2.2	Tendencia de Fallas	116
9.2.3	Empujes Laterales	116
9.3	CALIFICACIÓN INDICE DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	119
10	GESTIÓN SOCIAL	123
10.1	Divulgación e interacción con la comunidad	123
10.1.1	Reunión con la Junta de Acción Comunal barrio San Juan	123
10.1.2	Reunión con la comunidad en general	124
10.2	Recolección de información	124
10.2.1	Diseño del formato de recolección de información	124
10.2.2	Visitas y aplicación del formato	124
10.3	Análisis e interpretación	125

10.3.1	Visitas e inspecciones realizadas	125
10.3.2	Número de habitantes	126
10.3.3	Ocupación.....	128
10.3.4	Ingresos	130
10.3.5	Problemáticas del barrio	132
10.4	Afectación social de la comunidad	134
11	AMENAZA.....	144
11.1	INTRODUCCION.....	144
11.2	CONDICIONES DEL MECANISMO DE FALLA DE LA ZONA	144
11.3	VARIABLES ALEATORIAS: LÍMITES	145
11.3.1	Variables geotécnicas estudios previos.....	145
11.3.2	Variables geotécnicas estudio actual	146
11.3.3	Análisis retrospectivo	146
11.3.4	Análisis nivel piezométrico máximo sección A-A'	147
11.3.5	Análisis parámetro ru del talud.....	147
11.3.6	Análisis sección B-B' con diferentes modelos de calibración de agua para la zona de evento por ruptura de tubería.	147
11.3.7	Análisis estabilidad sección A-A' con datos reales de corte directo estudio	148
11.3.8	Análisis estabilidad sección A-A' con evolución retrogresiva de falla de ladera	148
11.3.9	Análisis de parámetros.....	149
11.3.10	Parámetros geomecánicos definitivos de análisis	152
11.3.11	Análisis de agua en el sector.....	152
11.3.12	Condiciones de sismo	154
11.4	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	154
11.5	PROBABILIDAD DE FALLA TOTAL	167
11.6	ZONIFICACIÓN DE AMENAZA	170
12	VULNERABILIDAD	172
12.1	INTRODUCCIÓN.....	172
12.2	TIPOLOGIA DE CONSTRUCCIÓN.....	172
12.3	VULNERABILIDAD FÍSICA.....	174
12.3.1	Calificación de los daños	174
12.3.2	Índice de daño actual - IDa.....	175
12.3.3	Solicitaciones.....	175
12.3.4	Matriz de daño para fenómenos de remoción en masa	176
12.4	Índice de Vulnerabilidad física - IVF	177
12.5	METODOLOGIA PARA EVALUACIÓN FINAL DE VULNERABILIDAD.....	178

12.6	ZONIFICACION DE VULNERABILIDAD	179
13	RIESGO.....	180
14	ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN.....	182
14.1	ALTERNATIVAS PLANTEADAS	182
14.2	ANÁLISIS DE AMENAZA CON OBRAS	185
14.3	MODELO DE DECISIÓN	191
14.4	PROBABILIDAD DE FALLA	192
14.5	RESULTADOS.....	194
15	PLAN DE ACCIÓN PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO.....	198
15.1	ALCANCE.....	198
15.2	CONDICIONES DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO DE LA ZONA	198
15.3	PRIORIDAD DE REASENTAMIENTO	199
15.4	OBRAS DE INTERVENCIÓN	200
15.5	MONITOREO	200
15.6	CRONOGRAMA	201
16	PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA.....	202
16.1	PERSONAL REQUERIDO.....	202
16.2	DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO.....	202
16.2.1	Información censal	202
16.2.2	Diagnóstico socioeconómico y cultural.....	203
16.2.3	Registro de información por unidad social	203
16.2.4	Estudio de los impactos socioeconómicos	204
16.3	FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA	205
16.4	PROGRAMA DE INFORMACIÓN.....	209
16.4.1	Objetivo	209
16.4.2	Reunión General	209
16.4.3	Reunión con los habitantes según afectación.....	209
16.4.4	Selección de representante por nivel de afectación.	210
16.4.5	Conformación de comité de comunicación y apoyo.....	210

16.4.6	Definición de cronograma de trabajo y sitios de encuentro.....	210
16.4.7	Mecanismos de solución de conflictos	210
16.5	PROGRAMA DE DIVULGACIÓN	210
16.5.1	3.1. Volantes de información.....	211
16.6	PROGRAMA DE ACOMPAÑAMIENTO A LA REUBICACIÓN	211
17	CONCLUSIONES.....	212
18	LIMITACIONES.....	217
19	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	218

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1 Delimitación geométrica de la zona de estudio	34
Figura 3-1 Mapa Geológico general del Valle del Río Tunjuelo, Sur de la Sabana de Bogotá. Tomado del Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá, Ingeominas, 2005.....	40
Figura 3-2 Perfiles ilustrativos del valle del río Tunjuelo, presentados por Helmens (1990) y Van Der Hammen(1995), en Ingeominas, (2004). Nótese con Tma- Formación Marichuela; y Qrt – Formación Tunjuelito, equivalente a las gravas como relleno parcial del valle del río. Lateralmente cambia a Qsa- Formación Sabana. La Formación Marichuela en discordancia sobre la Formación Usme (Tu), y debajo de Qrt y Qsa.	46
Figura 4-1 Distribución intra anual de precipitación	67
Figura 4-2 Curva de distribución de frecuencias Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para treinta días consecutivos serie 1990-2008	70
Figura 4-3 Curva de distribución de frecuencias Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para veinte días consecutivos serie 1990-2008.....	71
Figura 4-4 Curva de distribución de frecuencias Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para quince días consecutivos serie 1990-2008.....	72
Figura 4-5 Curva de distribución de frecuencias Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para diez días consecutivos serie 1990-2008.....	73
Figura 4-6 Curva de distribución de frecuencias Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para cinco días consecutivos serie 1990-2008.....	74
Figura 5-1 Zona de estudio en mapa de microzonificación sísmica	79
Figura 7-1 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforaciones S-1 y S-2	85
Figura 7-2 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforaciones S-3 y S-4	86
Figura 7-3 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforación S-5.....	87
Figura 7-4 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforaciones S-6 y S-7	88
Figura 7-5 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforaciones S-8 y S-9	90

Figura 7-6 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforación S-10.....	91
Figura 7-7 Carta de plasticidad de los materiales encontrados	91
Figura 7-8 Porcentaje de Gravas, Arenas y Finos con la profundidad perforaciones S-1 y S-2	92
Figura 7-9 Porcentaje de Gravas, Arenas y Finos con la profundidad perforación S-5	93
Figura 7-10 Porcentaje de Gravas, Arenas y Finos con la profundidad perforaciones S-6 y S-7	94
Figura 7-11 Porcentaje de Gravas, Arenas y Finos con la profundidad perforaciones S-8 y S-9	95
Figura 7-12 Porcentaje de Gravas, Arenas y Finos con la profundidad perforación S-10	96
Figura 7-13 Variación del peso unitario con la profundidad para las perforaciones S-1 y S-2	97
Figura 7-14 Variación del peso unitario con la profundidad para las perforaciones S-3 y S-4	98
Figura 7-15 Variación del peso unitario con la profundidad para las perforaciones S-8 y S-9	99
Figura 7-16 Variación del peso unitario con la profundidad para todas las perforaciones	100
Figura 7-17 Ensayo de SPT para el material de relleno.....	102
Figura 7-18 Ensayo de SPT para la formación Marichuela.....	102
Figura 7-19 Ensayo de SPT para el material residual de arcillolita	103
Figura 7-20 Ensayo de SPT para el material de la formación Usme	103
Figura 8-1 Variación del nivel piezométrico entre campañas de medición.....	109
Figura 8-2 Desplazamientos horizontales acumulados referidos al 06/11/2009 inclinómetro S4.....	111
Figura 8-3 Desplazamientos horizontales acumulados referidos al 12/11/2009 inclinómetro S5.....	112
Figura 8-4 Desplazamientos horizontales acumulados referidos al 06/11/2009 inclinómetro S6.....	113

Figura 8-5 Desplazamientos horizontales acumulados referidos al 12/11/2009 inclinómetro S10.....	114
Figura 9-1 Primera parte del formato de inspección de viviendas	117
Figura 9-2 Segunda parte del formato de inspección de viviendas.	118
Figura 10-1 Porcentaje de viviendas inspeccionadas para evaluación social.....	126
Figura 10-2 Porcentajes de distribución de edades de los habitantes de la zona de estudio.	127
Figura 10-3 Porcentajes Habitantes por vivienda.....	128
Figura 10-4 Porcentajes de distribución de ocupación de los habitantes.....	129
Figura 10-5 Porcentajes de distribución de ingresos mensuales por trabajador.....	131
Figura 10-6 Porcentajes de distribución de ingresos por vivienda.....	132
Figura 10-7 Porcentajes sobre el interés de pertenecer a algún grupo comunitario.	133
Figura 10-8 Calificación de vulnerabilidad social.....	143
Figura 11-1 Parámetros geomecánicos Relleno	150
Figura 11-2 Parámetros geomecánicos Formación Marichuela Tqm	151
Figura 11-3 Parámetros geomecánicos residual de arcillolita (Formación Usme) Sr Tu .	151
Figura 11-4 Red de elementos finitos sección A-A' calibración de agua.....	153
Figura 11-5 Tabla de agua obtenida de los piezómetros	154
Figura 11-6 zonas de análisis de estabilidad.....	155
Figura 11-7 Sectores sección A-A'	157
Figura 11-8 Sectores sección B-B'	157
Figura 11-9 Sectores sección C-C'	158
Figura 11-10 Sectores sección D-D'	158
Figura 11-11 Sección E-E'	159
Figura 11-12 Sección F-F'	159

Figura 11-13 Sección G-G'.....	160
Figura 11-14 Sección H-H'.....	160
Figura 11-15 Modelo de falla sección A-A' – sector 1 con agua nivel actual y sismo	161
Figura 11-16 Modelo de falla sección B-B' – sector 3 con agua extrema y sismo	161
Figura 11-17 Modelo de falla sección C-C' – sector 2 y 3 con agua extrema y sismo.....	162
Figura 11-18 Modelo de falla sección D-D' – sector 2 y 3 condiciones geotécnicas altas y agua actual sin sismo	162
Figura 11-19 Modelo de falla sección E sector 3 – agua extrema y sismo.....	163
Figura 11-20 Modelo de falla traslacional sección F-F' – agua actual.....	163
Figura 11-21 Modelo de falla Sección G-G' agua actual.....	164
Figura 11-22 Sección H-H' agua actual con sismo	165
Figura 12-1 Tipología de predios	173
Figura 12-2 Índice de daño actual.....	174
Figura 12-3 Zonas de exposición para fenómenos de remoción en masa	176
Figura 12-4 Valoración del ID utilizando conjuntos difusos.....	177
Figura 14-1 Esquema típico drenaje (subdrenes)	182
Figura 14-2 Esquema Típico de caisson	183
Figura 14-3 Alternativas de mitigación.....	185
Figura 14-4 Modelo sección A-2 con obras de drenaje y pilotes	186
Figura 14-5 Modelo sección B-3 con obras de drenaje y pilotes	186
Figura 14-6 Modelo sección C-3 con obras de drenaje y pilotes	187
Figura 14-7 Modelo sección D-3 con obras de drenaje y pilotes	187
Figura 14-8 Modelo sección E-3 con obras de drenaje y pilotes	188
Figura 14-9 Modelo sección F-4 con obras de drenaje y pilotes	188
Figura 14-10 Modelo sección G-2 con obras de drenaje y pilotes.....	189

Figura 14-11 Modelo sección H-4 con obras de drenaje y pilotes	189
Figura 14-12 Árbol de decisión. Alternativas de mitigación condiciones actuales	195
Figura 14-13 Árbol de decisión. Alternativas de mitigación condiciones 10 años	196

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1-1 Relación de información disponible.....	25
Tabla 2-1 Recursos técnicos utilizados en la actividad de topografía	37
Tabla 2-2 Puntos utilizados para el amarre de coordenadas.....	38
Tabla 4-1 Valores medios mensuales multianuales de variables climatológicas	66
Tabla 4-2 Análisis de precipitación diaria antecedente al 6 y 20 de diciembre de 2008	68
Tabla 4-3 Valores de P antecedentes al 06 de diciembre para todo el periodo (mm)	68
Tabla 4-4 Análisis de frecuencia distribución Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para treinta días consecutivos serie 1990-2008	70
Tabla 4-5 Análisis de frecuencia distribución Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para veinte días consecutivos serie 1990-2008.....	71
Tabla 4-6 Análisis de frecuencia distribución Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para quince días consecutivos serie 1990-2008.....	72
Tabla 4-7 Análisis de frecuencia distribución Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para diez días consecutivos serie 1990-2008.....	73
Tabla 4-8 Análisis de frecuencia distribución Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para cinco días consecutivos serie 1990-2008.....	74
Tabla 4-9 Valores máximos de precipitación para diferentes periodos de retorno y número de días	75
Tabla 4-10 Valores antecedentes de precipitación al 06 de diciembre de 2008 para todo el periodo.....	76
Tabla 4-11 Valores comparativos de la precipitación antecedente al 6 de diciembre de 2008.....	77
Tabla 7-1 Localización de perforaciones	83
Tabla 7-2 Cantidades de ensayos de laboratorio programados	83
Tabla 7-3 Localización de dispersión superficial	84
Tabla 8-1 Localización de instrumentación geotécnica.....	105
Tabla 8-2 Niveles piezométricos registrados en las diferentes campañas de instrumentación	109

Tabla 9-1 Valoración de la vulnerabilidad estructural.....	120
Tabla 10-1 Visitas realizadas.	125
Tabla 10-2 Distribución por edades de los habitantes de la zona de estudio.	126
Tabla 10-3 Número de habitantes por vivienda.....	128
Tabla 10-4 Distribución por ocupación de los habitantes.....	129
Tabla 10-5 Ingresos por trabajador.....	130
Tabla 10-6 Ingresos por vivienda.....	131
Tabla 10-7 Problemáticas del barrio	133
Tabla 10-8 Escala definida para evaluación de la afectación social de la comunidad.....	134
Tabla 10-9 Clasificación vulnerabilidad social	135
Tabla 10-10 Evaluación de vulnerabilidad social	136
Tabla 11-1 Parámetros de resistencia obtenidos del SPT	146
Tabla 11-2 Valor de los parámetros calibrados nivel piezométrico alto y factores de seguridad.....	147
Tabla 11-3 valor de lo parámetros calibrados ru y factores de seguridad.....	147
Tabla 11-4 Valor de los parámetros calibrados sección B-B' y factores de seguridad	148
Tabla 11-5 Estabilidad sección A-A' con datos de corte directo estudio	148
Tabla 11-6 Evolución retrogresiva de falla de ladera	149
Tabla 11-7 Propiedades definitivas de análisis	152
Tabla 11-8 Orden de magnitud de valores de permeabilidad (m/s).....	153
Tabla 11-9 Factores de seguridad - sección – sector	166
Tabla 11-10 Probabilidad de falla – tres escenarios	169
Tabla 11-11 Numero de viviendas por grado de amenaza	171
Tabla 12-1 Predios – tipología - %.....	173
Tabla 12-2 Evaluación del nivel de daño.....	174

Tabla 12-3 Rangos de velocidad aplicadas en el estudio	176
Tabla 12-4 Evaluación de índice de daño potencial - IDp	177
Tabla 12-5 Valores de alfa	178
Tabla 12-6 Valor cualitativo y cuantitativo de la Vulnerabilidad	178
Tabla 12-7 Valoración de vulnerabilidad.....	179
Tabla 13-1 Matriz de valoración del riesgo (perdida esperadas %)	180
Tabla 13-2 Numero de predios por nivel de riesgo	181
Tabla 14-1 Estimativo de costos de alternativas	184
Tabla 14-2 Factores de seguridad secciones con obras.....	190
Tabla 14-3 Probabilidades de secciones con obras	193
Tabla 14-4 Probabilidades de falla total.....	194
Tabla 15-1 Amenaza, Vulnerabilidad y riesgo final del proyecto	198
Tabla 16-1 Matriz de Análisis de Impactos	204
Tabla 16-2 Principales Medidas de Mitigación	206

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A TOPOGRAFÍA

ANEXO B FOTOGRAFÍAS AEREAAS

ANEXO C REGISTROS GRÁFICOS

ANEXO D TABLA RESUMEN Y RESULTADOS DE LABORATORIO

ANEXO E INFORME EXPLORACIÓN GEOFISICA

ANEXO F CORRECCIÓN SPT

ANEXO G DATOS DE INSTRUMENTACIÓN GEOTECNICA

ANEXO H INVENTARIO DE VIVIENDAS

ANEXO I ACTAS DE REUNIÓN CON LA COMUNIDAD Y FORMATO ENCUESTA SOCIAL

LISTADO DE PLANOS

Plano 1-Topografía

Plano 2- Secciones topográficas

Plano 3- Geología

Plano 4- Geomorfología

Plano 5- Perfiles geológicos

Plano 6- Localización exploración

Plano 7- Perfiles geotécnicos

Plano 8- Zonificación geotécnica

Plano 9- Localización de instrumentación geotécnica

Plano 10- Inventario de viviendas

Plano 11- Índice de daños

Plano 12a- Amenaza actual

Plano 12b- Amenaza 10 años

Plano 12c- Amenaza 50 años

Plano 13- Tipología de edificaciones

Plano 14a-Vulnerabilidad actual

Plano 14b-Vulnerabilidad 10 años

Plano 14c-Vulnerabilidad 50 años

Plano 15a- Riesgo actual

Plano 15b- Riesgo 10 años

Plano 15c- Riesgo 50 años

Plano 16-Planteamiento de obras

GLOSARIO

Amenaza: Condición latente derivada de la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antrópico no intencional, que pueda causar daño a la población y sus bienes, la infraestructura, el ambiente y la económica pública y privada. Es un factor de riesgo externo.

Base topográfica: Mapa que contiene información topográfica, utilizable para referenciar localizaciones de otros elementos, y elaboración de mapas temáticos.

Buzamiento (geología): Ángulo de inclinación que forma un filón, estructura o capa rocosa con un plano horizontal, medido perpendicularmente a la dirección o rumbo del filón.

Daño: Es la materialización del riesgo en el tiempo y en el espacio.

Escarpe principal: una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del deslizamiento, causado por el desplazamiento del material de derrumbe fuera del terreno original. .

Estabilidad (geotecnia): Resistencia de una estructura, talud o muro de contención a la falla por deslizamiento o colapso bajo condiciones normales, para las que fue diseñado.

Estrato: Capa de material caracterizada por sus propiedades litológicas particulares y los atributos que la distinguen de las capas adyacentes.

Flujos: En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla.

Geomorfología: Ciencia que tiene por objeto el estudio y la explicación de las formas del relieve terrestre.

Mitigación: políticas y acciones tendientes a reducir el riesgo existente. Esta asociada a la gestión correctiva del riesgo.

Movimiento complejo: combinación de dos o más de los principales tipos de movimiento.

Riesgo: Es la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un incidente o evento no deseado y de la severidad de sus consecuencias.

Superficie de falla: continuación de la superficie del escarpe dentro del material alterado

Vulnerabilidad: característica propia de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, relacionada con su incapacidad física, económica, política o social de anticipar, resistir y recuperarse del daño sufrido cuando opera dicha amenaza. Es un factor de riesgo interno.

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

- ***kPa:*** kilo Pascal.
- ***m:*** Metros.
- ***Ha:*** Hectárea
- ***Tc:*** Tiempo de concentración en horas,
- ***L:*** Longitud del cauce.
- ***S:*** Pendiente del cauce.
- ***F de S:*** Factor de seguridad.
- ***RQD:*** Rock Quality Designation.
- ***SPT:*** Ensayos de penetración estándar
- ***wN %:*** Humedad natural.
- **$\gamma T/m^3$:** Peso unitario.
- ***IL:*** Índice de Liquidez
- ***N'i:*** Número de golpes corregido para un esfuerzo de confinamiento de 1 kg/cm²
- **ϕ_{eq} :** Ángulo de fricción equivalente.
- ***c':*** Cohesión.
- **ϕ' :** Ángulo de fricción.
- **UAECD** Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE a través de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito - DPAE suscribió el Contrato de Consultoría No. 624 de 2009 con EDGAR EDUARDO RODRIGUEZ GRANADOS Y/O INGENIERIA Y GEORIESGOS, cuyo objeto es el “*Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa y evaluación de alternativas de mitigación para los barrios Yopal (El Pedregal), San Juan I sector, San Juan II sector y San Juan III sector, de la localidad de Usme en Bogotá D.C.*”

1.2 OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

El objetivo principal del presente estudio es determinar el nivel de riesgo por fenómenos de remoción en masa y hacer la evaluación de alternativas de mitigación de riesgo para los barrios Yopal (El Pedregal) y San Juan I, II y III sector de la localidad de Usme.

El alcance de las actividades en el desarrollo del estudio de riesgo y evaluación de alternativas de mitigación involucran entre otros los siguientes aspectos:

- Identificar desde el punto de vista geológico y geotécnico, los factores detonantes y contribuyentes de los procesos actuales y potenciales de inestabilidad del terreno en la zona de estudio. Esta identificación debe tener en cuenta las condiciones geológicas y geomorfológicas locales y regionales así como los aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, sismológicos y de uso del suelo. Además se debe dejar clara localización de los fenómenos de inestabilidad identificados a escala 1:500 y la valoración de su magnitud, su grado de actividad y su posible evolución, considerando la posibilidad de retrogresión.
- Realizar la evaluación y zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa a escala 1:500, siguiendo metodologías de evaluación reconocidas.
- Evaluar la vulnerabilidad y el nivel de riesgo por inestabilidad del terreno a escala 1:500 para las viviendas incluidas dentro del área de estudio.
- Determinar y evaluar mínimo tres (3) alternativas diferentes de mitigación del riesgo, estructurales y/o no estructurales, y seleccionar la alternativa más favorable, considerando aspectos técnicos, económicos, sociales, urbanísticos, ambientales y de viabilidad para su ejecución.

1.3 ORGANIZACIÓN DEL INFORME

El informe final se divide en 19 capítulos, cada capítulo tiene incluido los planos de referencia, figuras, tablas y fotografías, los cuales están entrelazados entre sí manteniendo una secuencia lógica de la información. A continuación se presenta una breve descripción de cada capítulo:

- ◆ Capítulo 1: Generalidades. Este capítulo presenta una introducción, los objetivos del estudio, la organización del informe, la descripción de las actividades realizadas, la delimitación del área de estudio y la población beneficiada.
- ◆ Capítulo 2. Topografía: En este capítulo se presenta el alcance específico del trabajo de topografía, generalidades y recurso técnico.
- ◆ Capítulo 3. Estudio geológico y geomorfológico. En este capítulo se presentan los aspectos de la geología regional y local. También se trata la geomorfología y el análisis multitemporal.
- ◆ Capítulo 4. Hidrología e hidráulica. Se presenta el análisis de la información hidrológica disponible para el área de estudio.
- ◆ Capítulo 5. Aspectos Sismológicos. De acuerdo con la Microzonificación Sísmica de Bogotá se indica la zona a la cual pertenece el área de estudio y el valor de aceleración máxima horizontal.
- ◆ Capítulo 6. Cobertura vegetal y usos del suelo.
- ◆ Capítulo 7. Exploración del subsuelo y caracterización geotécnica: Se describen las actividades de exploración, la variación de los parámetros de los materiales. De igual manera se presenta el perfil geotécnico representativo. En los anexos relacionados se presentan los resúmenes gráficos y los resultados de los ensayos de laboratorio programados.
- ◆ Capítulo 8. Instrumentación geotécnica: en este capítulo se muestran los resultados de las campañas de monitoreo realizadas y el análisis de estos, los cuales ofrecen información para los modelos de análisis.
- ◆ Capítulo 9. Inventario de viviendas. Se muestra la metodología utilizada para la evaluación estructural de las viviendas y los formatos utilizados en el inventario.
- ◆ Capítulo 10. Gestión social. Se describe la interacción del contratista con la comunidad. De igual manera se presentan los resultados de la encuesta social realizada de forma paralela con el inventario de viviendas
- ◆ Capítulo 11. Amenaza: Se presentan las variables aleatorias del análisis, los análisis de estabilidad para las condiciones actuales, a 10 años y a 50 años.
- ◆ Capítulo 12. Vulnerabilidad: se presenta la calificación de daños, el índice de daño actual y las sollicitaciones a las que se están sometidas las edificaciones.
- ◆ Capítulo 13. Riesgo: Se hace la evaluación a partir de la amenaza y la vulnerabilidad, para la condición actual, a 10 años y a 50 años.
- ◆ Capítulo 14. Alternativas de mitigación. Se hace el planteamiento de alternativas de mitigación y se hace un estimativo de los costos asociados a cada una de las alternativas.
- ◆ Capítulo 15: Plan de Acción para la mitigación del riesgo: en este capítulo se definen las prioridades de reasentamiento.
- ◆ Capítulo 16: Programa de participación comunitaria: se presentan los lineamientos para la implementación por parte de la entidad encargada del reasentamiento.
- ◆ Capítulo 17. Conclusiones: Se presentan las conclusiones del estudio.
- ◆ Capítulo 18. Limitaciones. Se describen las principales limitaciones del estudio.
- ◆ Capítulo 19. Referencias bibliográficas

1.4 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

A continuación se hace una descripción de las actividades realizadas por parte de la consultoría en desarrollo del contrato 624 de 2009.

1.4.1 Revisión y análisis de información

Para la ejecución de este informe se tomó como base la información técnica suministrada por la DPAAE, correspondiente con Conceptos Técnicos, Diagnósticos técnicos, y otros documentos generados por la propia entidad. Se hizo la consulta del concepto geotécnico CG-7 de la EAAB-ESP para establecer las posibles causas que originaron la ruptura de la tubería de agua potable, también se contó con información correspondiente a estudios geotécnicos realizados en el área de trabajo y estudios de evaluación de riesgos tanto locales como regionales. De estos documentos se obtuvo información para observar la evolución de procesos de remoción en masa dentro del área de estudio, características morfológicas, geológica regional, amenaza, vulnerabilidad y riesgo del sitio. En la Tabla 1-1 se presenta una relación de la información disponible utilizada como referencia.

Tabla 1-1 Relación de información disponible

INFORME	FECHA	Observaciones Generales
EG-07	2009/08/26	Realizado por CIC Consultores de Ingeniería y Cimentaciones S.A. para el Acueducto de Bogotá en desarrollo del contrato 1-02-26200-556-2008. De este documento se consultó la relación de fotografías aéreas disponibles en la zona de estudio. Del listado se hizo la revisión de las fotografías en el IGAC y se solicitaron las imágenes de 5 vuelos, a diferentes escalas y de diferentes décadas. Se consultó información de geología estructural, se tomó información de centroides del sistema de discontinuidades del macizo rocoso.
DI-4258	2009/08/11	Se hizo la consulta del plano que muestra los predios evacuados a la fecha de emisión del diagnostico, en los barrios Yopal (El Pedregal) y San Juan de Usme
IGRL-93-08	2009/02/21	Se tuvo en cuenta la localización de las grietas identificadas en campo durante el monitoreo geotécnico y estructural del barrio Yopal para la definición de zonas de amenaza alta de forma independiente a los parámetros y al modelo de análisis, si se tienen en cuenta que las evidencias de campo son las que definen el modelo.
GIA Consultores Ltda	2002/03/07	Se tomaron las rosetas del plano de geología del estudio geotécnico y análisis de amenaza en los frentes de explotación de la ladrillera Prisma S.A., las cuales fueron colocadas en el plano de geología generado para el estudio actual
S-2009-050814	2009/03/02	Respuesta de la EAAB-ESP dada a los oficios E-2009-008950 2009EE1476 O 1 y E-2009-010433 2009EE1792 O 1. Se presenta documentados los trabajos realizados por parte de la EAAB-ESP para la búsqueda de fugas de las redes de acueducto. La inspección de las redes de acueducto se hizo mediante geofonía y de forma complementaria se realizaron pruebas de cloro sobre muestras de agua infiltrada y de la red de acueducto. En las diferentes muestras del agua tomadas de varios sitios de infiltración los resultados de la pruebas de cloro fueron negativas, posteriormente se hizo la comprobación de la vigencia del reactivo en muestras tomadas del agua de la red, dando positivo como se esperaba y comprobando que el reactivo estaba en buen estado. De esta manera se descarto la filtración de agua potable. Se indica que en caso de no ser aguas de manejo de la EAAB, el tema debe ser manejado por la comunidad con otras entidades para constatar que esta ocurriendo ante la prevención de desastres.

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

INFORME	FECHA	Observaciones Generales
		<p>Finalmente, en la comunicación se indica que se identificaron agentes externos en el sector adyacente al área de estudio, como la presencia de lagunas artificiales en el costado oriental del barrio, grietas en los taludes que limitan el barrio Yopal con el área de explotación, razón por la cual se recomienda a la DPAE ampliar el polígono de estudio dado que estos factores externos presuntamente pueden estar incidiendo en el fenómeno de remoción en masa evidenciado.</p>
CG-07	2009/02/17	<p>Este documento fue realizado por la firma CIC , en el cual establece de forma cualitativa la relación de causalidad del desempate de una tubería de agua potable en la Diagonal 70C sur del barrio Yopal (El Pedregal) y muestra las posibles causas que originaron el daño de la red de acueducto..</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Del análisis multitemporal de fotografías aéreas se observan indicios de un proceso de remoción en masa antiguo que afectó la ladera en donde se estableció el Barrio Yopal e involucró sedimentos no litificados de la formación Marichuela. ✓ Los daños observados en las viviendas y los agrietamientos del terreno, son el reflejo de una ladera inestable la cual ha sido previamente afectada por procesos de remoción en masa antiguos y relativamente recientes. ✓ El corte y remoción del coluvión producto del deslizamiento antiguo, para la adecuación urbanística del terreno en la parte baja del barrio, provoca pérdida de soporte de la pata de la ladera, generando susceptibilidad del terreno a nuevos deslizamientos. ✓ La EAAB-ESP hizo la revisión de las redes de alcantarillado en el área. Fue inspeccionado el interior de las tuberías con cámara de televisión, como resultado se encontró que en dos puntos (intersección de la diagonal 70B sur con la carrera 1C Bis Este y diagonal 70C Sur con carrera 1D Bis Este) se presentan dos tuberías rotas. Los daños encontrados fueron inmediatamente reparados. De igual manera se hicieron inspecciones de las redes de alcantarillado sobre la diagonal 71C sur, en donde se habían reportado daños dentro de las viviendas, pero no se detectaron daños en las tuberías de alcantarillado. ✓ La inestabilidad de la ladera es general excediendo el área de influencia de la tubería de acueducto desempatada. Esta tubería pudo haberse desempatado por efecto de los movimientos progresivos de la ladera. Una vez desempatada, los flujos de agua ocasionaron una degradación adicional de las condiciones de estabilidad de la ladera, en el área de influencia de la tubería en dirección de la diagonal 70B sur. ✓ No es probable que los daños de las viviendas fuera del área de influencia de la tubería del acueducto tengan relación con el desempate de la misma con daños en tuberías de alcantarillado. En efecto, una migración de agua de exfiltración en dirección de la diagonal 71C sur no es posible debido a la configuración morfológica. La inspección de las tuberías del alcantarillado en este sector, en donde han sido reportados daños en las viviendas y agrietamientos del terreno no reporto daños.
DI-3952	2008/12/20	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Con base en la inspección visual realizada el día 20 de diciembre de 2008, se observó la evidencia de una grieta de tracción, con longitud aproximada de 80 metros y altura cercana a los cinco (5) centímetros, que conforma la corona de lo que posiblemente sería un proceso de remoción en masa de tipo general, hacia la parte alta de la ladera a la misma altura donde se presentó la ruptura de la tubería de acueducto registrado en los eventos SIRE Nos. 95353 y 95403 del 6 de diciembre de 2008 y consignados en el Diagnostico Técnico No. 3951. El posible escarpe principal identificado se localiza al costado oriental de la Carrera 1F Este entre la Diagonal 70B Sur y la Diagonal 71C Sur. Igualmente se

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

INFORME	FECHA	Observaciones Generales
		<p>destaca y reitera nuevamente, que es posible que la ruptura del tubo se haya generado por posibles movimientos del terreno o que el terreno se hubiese inestabilizado por la ruptura del tubo, lo cual con base en la inspección visual no es posible precisar.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La estabilidad estructural y la condición de habitabilidad de las viviendas emplazadas en los predios 5 y 7 de la Manzana 10, los predios 2 y 4 de la Manzana 14, y los predios 1, 2, 4 y 5 de la Manzana 19, del barrio Yopal (El Pedregal) en la Localidad de Usme, se encuentran comprometidas en la actualidad y/o en el corto plazo de acuerdo con la inspección realizada por parte de personal de la DPAE. Adicionalmente y con base en la inspección visual realizada, se logra concluir que el resto de las viviendas evaluadas no presentan compromiso en la estabilidad estructural y en la habitabilidad de las mismas, en la actualidad y/o en el corto plazo bajo cargas normales de servicio, sin embargo es posible que tal condición se vea modificada por un avance en el proceso de remoción en masa identificado. ✓ Se recomendó a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB, desde su competencia adelantar las acciones administrativas tendientes a realizar los estudios técnicos necesarios que permitan establecer las causas de la afectación y/o ruptura de la tubería, donde se incluya adicionalmente un análisis del efecto de las filtraciones generadas en el terreno, y que pudiesen llegar a incidir en la estabilidad de la ladera y de las viviendas localizadas en la zona adyacente al sector donde se presentó la ruptura del tubo, dado que con base en la inspección visual realizada no es posible precisar dicha situación; de igual forma acoger e implementar las recomendaciones derivadas de dichos estudios a fin de garantizar las condiciones de estabilidad del terreno y las viviendas allí emplazadas. ✓ Se recomendó la realización de un monitoreo de emergencia, evaluando la posibilidad de realizar controles topográficos y periódicos del sector, así como la posibilidad de instrumentación de la ladera, cuyo seguimiento permita advertir cambios significativos en la estabilidad del terreno y de las viviendas, así como las tasas del posible movimiento, vectores de desplazamientos del mismo, extensión y magnitud del movimiento, viviendas involucradas, entre otros, dado que con base en la inspección visual dichas características son imposibles de establecer.
DI-3951	2008/12/6	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La estabilidad estructural y habitabilidad de las viviendas emplazadas en los predios de la Diagonal 70 C Sur # 1D – 51 Este y la Carrera 1 D Bis A Este # 70C – 16 Sur, no se encuentran comprometidas en el corto plazo por los daños observados en las mismas; sin embargo, es posible que de presentarse un avance significativo en el empuje de tierras e hidrostático que posiblemente afecta las viviendas en concreto, así como un avance en el estado de deterioro y/o afectación estructural de las mismas, se presente el colapso parcial de los sectores de las viviendas mayormente afectadas, modificando las condiciones de estabilidad estructural y habitabilidad de las viviendas aquí descritas. ✓ Se recomienda a los responsables del predio de la Diagonal 70 C Sur # 1D – 51 Este, mantener la restricción parcial de uso del costado Sur de la vivienda donde se ubican dos habitaciones y el sótano, y a los responsables del predio de la Carrera 1D Bis A Este # 70C – 16 Sur, mantener la restricción parcial de uso del costado Norte de la vivienda donde se ubica la zona de Baño y la zona del patio, hasta tanto se garanticen las condiciones de estabilidad del terreno y la estabilidad

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

INFORME	FECHA	Observaciones Generales
		<p>estructural de las mismas.</p> <p>✓ Se recomienda a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB, desde su competencia adelantar las acciones administrativas tendientes a realizar los estudios técnicos necesarios que permitan establecer las causas de la afectación y/o ruptura de la tubería, donde se incluya adicionalmente un análisis del efecto de las filtraciones generadas en el terreno, y que pudiesen llegar a incidir en la estabilidad de la ladera y de las viviendas localizadas en la zona adyacente al sector donde se presentó la ruptura del tubo, dado que con base en la inspección visual realizada no es posible precisar dicha situación; de igual forma acoger e implementar las recomendaciones derivadas de dichos estudios a fin de garantizar las condiciones de estabilidad del terreno y las viviendas allí emplazadas.</p>
CT-4765	2007/02/15	<p>Corresponde con un concepto por remoción en masa, en el que se presenta la evaluación de riesgo para el barrio Pedregal de la localidad de Usme, en este concepto se presenta la descripción general de las condiciones del barrio, aspectos de geología, geomorfología, relieve, topografía, usos, clima y procesos. A partir de esto se presenta una zonificación por amenaza, se evalúa la vulnerabilidad del barrio y se define una zonificación por riesgos en la cual gran parte del barrio se encuentran con riesgo medio. En este concepto se concluye lo siguiente:</p> <p>El desarrollo Yopal (El Pedregal) de la localidad de Usme, se encuentra localizado en una zona de amenaza media y alta por fenómenos de remoción en masa, Los predios construidos dentro del desarrollo, se encuentran en riesgo medio y alto, por fenómenos de remoción en masa.</p> <p>Desde el punto de vista de riesgos, la DPAE considera factible continuar con el proceso de legalización para los predios del desarrollo Yopal (El Pedregal), a los que se les definió amenaza media y/o riesgo medio por fenómenos de remoción en masa y se recomienda excluir del proceso aquellos predios con amenaza alta y/o riesgo alto por remoción en masa.</p> <p>Para los predios en riesgo medio, cada propietario de las viviendas o infraestructura construida, debe evaluar los sistemas estructurales, con el propósito de garantizar condiciones óptimas de habitabilidad y llevar las edificaciones construidas al cumplimiento de las actuales Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (Decreto 33 de 1998).</p> <p>Se recomienda implementar obras de infraestructura y mantenimiento de las mismas que contribuyan con el mejoramiento integral del sector, entre otras: dotación de adecuadas redes de acueducto y alcantarillado, pavimentación de vías y construcción de obras de drenaje para el manejo de aguas lluvias y de escorrentía superficial.</p> <p>Para la realización de este concepto, dentro del contenido se presenta una serie de Diagnósticos y otros Conceptos técnicos que describen de forma clara la presencia de eventos de inestabilidad localizados especialmente en la parte baja del barrio donde se encuentran cortes de altura importante realizados tanto para explotación de materiales como para la conformación del terreno para las viviendas.</p>

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

INFORME	FECHA	Observaciones Generales
Estudio Geotécnico sector El pedregal fase II	Abril de 1996	Este estudio realizado por el INGEOMINAS involucra el sector norte del área de estudio y contiene información geológica, geomorfológica y geotécnica de este sector, contiene datos importantes sobre la condición de fracturamiento del macizo rocoso, datos de exploración indirecta a partir de líneas de refracción sísmica que muestran en forma aproximada los espesores del depósito superficial, también se presentan parámetros geomecánicos para lo niveles rocosos de arcillolita y arenisca. Se presentan análisis cinemáticos de estabilidad. En este informe se describe que el estudio se realiza para el diseño de medidas de estabilización de las laderas del sector que se ven afectadas por procesos de inestabilidad asociados con la ejecución de cortes de altura importante realizados para la construcción de vías y viviendas. De este estudio se toma básicamente la información geotécnica referente a la condición del macizo y los espesores del depósito.
ZONIFICACION DE RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCION EN MASA EN 101 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME	Noviembre de 1998	Este estudio fue realizado por la empresa Investigaciones Geotécnicas Ltda. De este informe se consultó información geotécnica, de geología y geomorfología regional y se utilizó el mapa de zonificación por riesgo para conocer la condición evaluada en la época del estudio y ver los cambios generado en los siguientes estudios, sin embargo, el área de influencia del estudio es grande y no permite apreciar a nivel de detalle el sitio de estudio. En este estudio se indica que existe riego bajo para la parte media y alta del barrio Pedregal y en toda el área del Barrio San Juan de Usme. Existe riesgo alto para la parte baja del barrio Pedregal hacia el lado sur sobre la ladera de arcillolitas y parte del depósito donde existen cortes de altura importante y hacia el lado Norte en el área del talud rocoso expuesto en un corte de mas de 10 m de altura y parte del depósito con pendiente importante.
ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA LADERA DONDE SE ENCUENTRAN LOS DESARROLLOS EL PEDREGAL, BARRANQUILLITA Y SAN JUAN DE USME, LOCALIDAD DE USME	Octubre de 1999	<p><u>Realizado por la firma por la firma INGENIERÍA E HIDROSISTEMAS - IEH GRUCON Ltda.</u></p> <p>Este estudio contiene un compendio detallado de la información topográfica, geológica, geomorfológico, geotécnica, zonificación por amenaza, vulnerabilidad y riesgo que involucra todo el área proyectada para la evaluación de alternativas de mitigación por fenómenos de remoción en masa. Igualmente presenta las conclusiones y recomendaciones sobre las obras de estabilización, de mitigación y estabilización para el área de estudio. Dado el detalle del estudio, se tomará como referencia principal para la consulta de información básica con respecto a las características del medio físico de los barrios.</p> <p>En este informe se tiene que la amenaza del área se califica entre media y baja para la mayor parte del área, hacia la parte norte del área se presenta una zona con amenaza alta debido a la gran pendiente del terreno y la condición de estabilidad existente, también se califican como amenaza alta los sitios donde existen cortes importantes del terreno. En cuento a riesgo el estudio indica que gran parte del Área se encuentra con riesgo bajo a muy bajo con algunas áreas aisladas en riesgo medio. Haciendo comparación con el Concepto Técnico CT-4765 el nivel de riesgo en 8 años ha aumentado en un nivel, es decir que el área de riesgo bajo y muy bajo a pasado a riesgo medio y los sitios de riesgo medio en 1999 pasaron a riesgo alto el año 2007.</p> <p>Lo anterior indica que el nivel de amenaza y riesgo esta aumentando en el área de estudio y puede acelerarse este comportamiento si los factores detonantes no se controlan y atenúan en alguna medida y se incluyen</p>

INFORME	FECHA	Observaciones Generales
		medidas que mejoren las condiciones de resistencia del área.

A la fecha de entrega del informe final, para la actividad de revisión y análisis de información secundaria se alcanzó un avance del 100%.

1.4.2 Reconocimiento de campo

El día 21 de septiembre se hizo una visita técnica de reconocimiento al sitio de proyecto, con la participación de los integrantes del equipo de trabajo de la consultoría, de la supervisión del contrato y de la DPAE. Durante la visita de campo estuvieron presentes algunos representantes de la comunidad del barrio Yopal y de San Juan de Usme.

En el recorrido realizado a los barrios afectados por los procesos de inestabilidad identificados, los especialistas tuvieron oportunidad de observar la morfología de la zona, la problemática actual y se definieron de forma preliminar los posibles sitios para adelantar la exploración geotécnica detallada.

Por parte de los especialistas se realizaron varias visitas para observar las problemáticas del área de estudio.

1.4.3 Levantamiento topográfico

Con la participación de una comisión de topografía se hizo el levantamiento de la zona de estudio. Debido a que no fue posible la ubicación en campo de las placas IGAC para el amarre de coordenadas, se requirió materializar tres puntos de GPS.

Se hizo el levantamiento de las redes de servicios, paramentos y de toda la información necesaria para la generación del plano topográfico como se describe en capítulo de topografía.

La actividad de topografía, se encuentra terminada, tanto para los trabajos de campo como para los de oficina.

1.4.4 Evaluación hidrológica

Se hizo el análisis de la información histórica de precipitación de las estaciones Juan Rey operadas por la EAAB y de DPAE.

Los análisis realizados estuvieron orientados a la determinación de la magnitud de la precipitación antecedente a los reportes de emergencia realizados por parte de la comunidad los días 06 y 20 de diciembre de 2009.

De forma complementaria a la evaluación hidrológica, se hizo la caracterización climática del área de estudio.

1.4.5 Exploración geotécnica

El programa de exploración geotécnica de la zona de estudio comprendió la ejecución de líneas de dispersión sísmica (ReMi) previas al comienzo de la exploración directa mediante perforaciones mecánicas, apiques y trincheras.

El día 24 de septiembre se hizo la exploración geotécnica indirecta por medio de líneas de dispersión sísmica.

El 13 de octubre se dio inicio a la exploración geotécnica directa mediante perforaciones con equipo mecánico de acuerdo con la propuesta de exploración presentada en el informe parcial 1. La actividad de exploración geotécnica directa para la etapa de calibración de modelos finalizó el día 02 de noviembre.

Se hizo la revisión del modelo geológico-geotécnico y se vio la necesidad de realizar una perforación adicional frente al Salón Comunal del barrio San Juan de Usme.

El avance alcanzado a la fecha de corte del presente informe corresponde al 100% en la actividad de exploración geotécnica y de 100% en la ejecución de ensayos de laboratorio.

1.4.6 Inventario de viviendas

Para dar inicio a la actividad del inventario de viviendas, se llevaron a cabo reuniones por parte de los especialistas estructurales de la consultoría, supervisión y de la DPAE, para la definición del formato de evaluación y diagnóstico estructural. Posteriormente, la supervisión del contrato hizo algunas sugerencias para modificar el formato propuesto por el consultor.

Una vez hechos los ajustes al formato de campo para evaluación y diagnóstico estructural, se comenzaron las actividades de inspección de cada una de las viviendas de los barrios Yopal (El Pedregal) y de San Juan de Usme.

Se presentaron algunos inconvenientes para el ingreso del personal encargado de la evaluación estructural de las viviendas, debido a que algunos habitantes impidieron el acceso a las viviendas. Fue necesario asistir a una reunión con la comunidad del barrio San Juan de Usme el día 25 de octubre para informar el alcance y propósito del inventario de viviendas por parte del consultor. Sin embargo, persistieron durante el desarrollo del contrato las dificultades para la inspección de algunas construcciones debido a que no es posible encontrar a sus habitantes en la jornada laboral ordinaria, ni durante los fines de semana.

En 14 viviendas no fue permitido el ingreso del personal para la inspección de daños y en otras 53 no se encontró a los habitantes en las diferentes visitas realizadas. Las actividades de campo para el inventario de viviendas alcanzaron el 100%..

Se hizo la inspección externa de la totalidad de las viviendas a las cuales no fue posible ingresar con el propósito de establecer de forma aproximada un índice de daño y posteriormente hacer la evaluación de vulnerabilidad física de las viviendas.

1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS

Actualmente el área de estudio esta afectada por fenómenos de remoción en masa de intensidad diferente, en algunos sitios se encuentra movimientos locales que durante su actividad han presentado desplazamientos superiores a 1 m y han afectado la estabilidad de viviendas. Existe además la evidencia de movimiento generalizado del terreno en prácticamente toda el área de estudio, reportado por la comunidad desde principios del mes de Diciembre de 2008, dando como resultado agrietamientos en el terreno y en las edificaciones cuyas aberturas varían desde unos pocos milímetros hasta unos 5 cm con tendencia de aumento en el tiempo, las mayores afectaciones se presentan en las viviendas localizadas en la parte media a alta y hacia los flancos sur y norte del barrio Yopal (Pedregal) donde posiblemente se encuentran los límites del terreno en movimiento y se presentan desplazamientos diferenciales entre el suelo estable aledaño y el suelo inestable que se desplaza.

1.5.1 Antecedentes

La necesidad de la ejecución del estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa y evaluación de alternativas de mitigación del riesgo para los barrios Yopal (El pedregal) y San Juan de Usme esta sustentado en las recomendaciones dadas en el informe final del monitoreo geotécnico y estructural realizado por IGR Ltda mediante el contrato de consultoría 803 de 2008 (finalizado el 21 de febrero de 2009), en los Diagnósticos Técnicos DI-3951 y DI-3952 de 2008 los cuales se generaron el 6 y el 20 de diciembre respectivamente.

Del monitoreo geotécnico y estructural del barrio Yopal (El Pedregal) y teniendo en cuenta la complejidad del proceso de remoción en masa que afecta al Barrio Yopal, se recomendó la ejecución urgente de un estudio geotécnico detallado que involucre una profundidad de investigación mínima de 10 m en la parte alta, de 15 m en la parte baja del barrio Yopal y de 20 m en el área verde entre Pedregal y San Juan de Usme, lo anterior con el fin de contar con la información geotécnica suficiente en profundidad, detectar la posible superficie y el mecanismo de falla. Dentro del estudio geotécnico recomendado es importante estudiar el comportamiento del agua mediante la instalación de piezómetros distribuidos adecuadamente en todo el área de estudio y que permitan ver claramente la variación del nivel de agua freática a lo largo de la ladera, es importante su estudio tanto dentro del área afectada como hacia la parte alta para detectar posibles fuentes de recarga. Adicionalmente se recomienda la colocación de al menos dos líneas de inclinómetros localizados convenientemente para monitorear los desplazamientos del subsuelo y determinar la profundidad de la superficie de falla de manera que se puedan definir los modelos geotécnicos adecuados para los análisis de estabilidad y posterior planteamiento de alternativas de mitigación.

El diagnostico DI-3951 de 2008 indica *“que en la Diagonal 70B Sur entre la Carrera 1F Bis Este y la Carrera 1F Este, sector ubicado en la parte alta de una ladera natural de aproximadamente 30 grados de inclinación, se presentó la ruptura de un tubo de conducción de agua potable, perteneciente a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. De esta manera y según lo descrito en el Diagnostico Técnico DI-3951, al costado Norte-oriental de las viviendas emplazadas en los predios de la Diagonal 70C Sur # 1D – 51 Este y la Carrera 1D Bis A Este # 70C – 16 Sur, se encontró un flujo de agua aflorando ladera abajo e infiltrándose en el terreno de cimentación de las viviendas y posiblemente alterando las*

condiciones de estabilidad de las mismas, por lo cual se evidenciaron grietas de tendencia vertical, tendencia horizontal y diagonal escalonada, con longitud de aproximadamente dos (2) metros y abertura de hasta tres (3) centímetros; grietas identificadas en los muros de cerramiento y muros divisorios de las viviendas.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el Diagnóstico Técnico DI-3951 se recomendó a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB, realizar los estudios técnicos necesarios que permitan establecer las causas de la afectación y/o ruptura de la tubería, donde se incluya adicionalmente un análisis del efecto de las filtraciones generadas en el terreno, en la estabilidad de la ladera y de las viviendas localizadas en la zona adyacente al sector donde se presentó la ruptura del tubo; de igual manera se recomendó a la EAAB, acoger e implementar las recomendaciones derivadas de dichos estudios.”

En el diagnóstico DI-3952 de 2008 se describe el día “19 de diciembre del 2008 personal de la Coordinación de Asistencia Técnica de la DPAE realizó visita técnica nuevamente al sector, en la que se observó el avance en la afectación estructural de la vivienda ubicada en el predio de la Diagonal 70C Sur # 1D – 51 Este (Lote 2 de la manzana 14), localizada ladera abajo del sitio donde el 6 de diciembre se presentó la ruptura de un tubo de conducción de agua potable, perteneciente a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, registrado en los eventos SIRE Nos. 95353 y 95403 del 6 de diciembre de 2008 y consignados en el Diagnóstico Técnico No. 3951. Al siguiente día (20 de diciembre del año en curso) se observó la evidencia de una grieta de tracción, con longitud aproximada de 80 metros y altura cercana a los cinco (5) centímetros, que conforma la corona de lo que posiblemente sería un proceso de remoción en masa de tipo general, hacia la parte alta de la ladera a la misma altura donde se presentó la ruptura de la tubería de acueducto registrado en los eventos SIRE Nos. 95353 y 95403 del 6 de diciembre de 2008 y consignados en el Diagnóstico Técnico No. 3951. El posible escarpe principal identificado se localiza al costado oriental de la Carrera 1F Este entre la Diagonal 70B Sur y la Diagonal 71C Sur”.

Existen otros antecedentes descritos en varios Diagnósticos técnicos que indican procesos de remoción en masa que involucran áreas localizadas del barrio sin preverse un avance del proceso hasta involucrar todo el barrio Pedregal e incluso el barrio San Juan de Usme, por esta razón se involucran como antecedentes principales los Diagnósticos mencionados en párrafos anteriores.

1.5.2 Causas probables

Una vez consultado el concepto CG-07 “Afectación Barrio Yopal (Antiguo Pedregal)” de la EAAB-ESP, éste concluye que las aguas de infiltración que afloran en algunas de las edificaciones no provienen de la red de agua potable. Para concluir lo antes descrito, la EAAB-ESP llevó a cabo ensayos para determinar la presencia de cloro y de forma complementaria se hizo la inspección de las redes mediante geofonía.

Para la inspección de las redes de alcantarillado, la Empresa de Acueducto utilizó cámara de video y se encontró que en dos puntos ubicados en la (intersección de la diagonal 70B sur con la carrera 1C Bis Este y diagonal 70C Sur con carrera 1D Bis Este) se presentan dos tuberías rotas. Los daños encontrados fueron reparados por la EAAB-ESP. Dentro de los reportes dados por el Acueducto, no se muestran resultados de ensayos de coliformes sobre las

muestras de agua tomadas, por lo tanto no es posible descartar que el agua pueda provenir del sistema de alcantarillado.

Se puede manejar como hipótesis de trabajo, que el fenómeno identificado puede obedecer a la reactivación de un movimiento antiguo que moviliza una gran masa de suelo y se aprecia afectación de las viviendas ubicadas en los flancos del deslizamiento y hacia la corona del mismo.

1.6 DELIMITACIÓN GEOMETRICA DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde con el área formada por los barrios Yopal (El Pedregal) y San Juan de Usme los cuales se localizan en la localidad de Usme, de la ciudad de Bogotá D.C. En la parte noroccidental de la localidad de Usme, sobre la margen derecha de la quebrada Santa Librada en una zona de topografía montañosa. Geográficamente se localiza entre el siguiente grupo de coordenadas planas: 91,550N-95,700E, y 91900N-96050E formando un área triangular de aproximadamente 7.2 Ha, su altitud varía desde la cota 2628 hasta la cota 2741 dando una diferencia de altura de 113 en una longitud aproximada de 340 m lo cual indica una pendiente promedio del 33% (18°). En el sentido de la pendiente el área presenta escalonamientos formando áreas alternadas de pendiente muy fuerte con pendientes suaves. En la Figura 1-1 se presenta la localización general del área de estudio, en color rojo se muestran los limites de la zona para la evaluación de alternativas de mitigación.



Figura 1-1 Delimitación geométrica de la zona de estudio

La red vial del área de estudio se caracteriza por la presencia de vías principales construidas a media ladera con pendiente muy suave que se interconectan con otras secundarias fuertemente inclinadas de poca continuidad construidas en el sentido de la pendiente, la mayoría de las vías están destapadas mejoradas con capas de afirmado. La única vía pavimentada es la que divide los barrios Yopal (El Pedregal) y San Juan de Usme, que además de ser el acceso principal a estos barrios permite la entrada y salida del tráfico pesado de algunas ladrilleras localizadas al norte del área de estudio. La parte media y alta del barrio Yopal (Pedregal) carece de vías de acceso, tan solo cuenta con caminos peatonales adecuados por la propia comunidad para poder llegar a sus viviendas con víveres y materiales cargados al hombro o en carretilla.

En general, en el área de estudio predominan edificaciones de uno y dos pisos con otras en menor cantidad de 3 y hasta 4 pisos. Cada una de las viviendas generalmente se ha formado en varias etapas por autoconstrucción, lo cual hace que en cada vivienda se presente tipologías estructurales diferentes en cada piso o en el área intervenida en cada etapa con calidad de materiales muy heterogénea. Predominan las edificaciones formadas con muros portantes de ladrillo tolete y bloque, mezclados con algunas columnas y vigas de concreto reforzado.

Los barrios cuentan con servicios de alcantarillado, acueducto, luz, teléfono y gas natural, dada la condición de construcción de las viviendas es posible que las instalaciones hidráulicas internas no se hayan construido cumpliendo con especificaciones mínimas, especialmente en el caso de la red de aguas servidas y de aguas lluvias.

El uso del suelo en el barrio esta distribuido aproximadamente en un 50% de viviendas y áreas cubiertas por concreto y el otro 50% corresponde a Zonas Verdes que permiten la infiltración del agua lluvia al subsuelo y áreas destapadas que favorecen la escorrentía superficial y la generación de arrastre importante de partículas finas de suelo producto de procesos de erosión concentrada.

1.7 POBLACIÓN BENEFICIADA

La población beneficiada con el estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa y la evaluación de alternativas de mitigación del riesgo, son los habitantes de los barrios Yopal (El Pedregal) y San Juan de Usme, debido a que con las actividades desarrolladas en el presente estudio se determinaron las condiciones reales de habitabilidad de las viviendas y el nivel de riesgo.

2 TOPOGRAFÍA

Se presenta en este capítulo una descripción del trabajo de campo y oficina desarrollado para la elaboración del plano topográfico del barrio Yopal (El Pedregal), San Juan I sector, San Juan II sector y San Juan III sector de la localidad de Usme.

A continuación se presentan los alcances, generalidades, la descripción de los procedimientos topográficos, aplicados e implementados para la ejecución de este levantamiento.

2.1 ALCANCE ESPECÍFICO DEL TRABAJO TOPOGRÁFICO

Llevar a cabo el levantamiento topográfico (planimétrico y altimétrico), con coordenadas IGAC, siguiendo los parámetros básicos que se mencionan a continuación:

- Información topográfica tomada para cada punto, levantado en las 3 dimensiones: X (Este), Y (Norte), Z (Cota).
- Levantamiento topográfico detallado de localización de viviendas, redes de servicios públicos, estructuras de alcantarillado, tanques, taludes, cunetas, cajas, sumideros, postes, vías, paramentos, cerramientos, y demás detalles accidentes topográficos.
- Generación de curvas de nivel cada 0.5 m.

2.2 GENERALIDADES

El levantamiento topográfico se inició el día 24 de septiembre de 2009 con una comisión de topografía. A la fecha de corte del informe parcial 2 se completó el 100% de los trabajos de campo y del procesamiento de datos.

El procedimiento empleado para la armada de la estación electrónica con colector de datos y software de topografía es el siguiente:

Se arma el equipo (estación) sobre una placa (delta) ó un auxiliar (puntilla), se centra el nivel ojo de pollo, luego con los tornillos de nivelación se centra el nivel tubular y por último con los compensadores electrónicos, tanto horizontal como vertical, se chequea el nivel tubular y se verifica que la plomada óptica se encuentre dentro del punto de centro. Los bastones porta prisma se arman sostenidos por un bípode de aluminio, asegurando que permanezca estable el bastón en el centro del punto a leer, esto con el fin de hacer lecturas de ángulos verticales, horizontales y distancias confiables.

El topógrafo operador de la estación lee en posición directa el punto atrás, luego en la misma posición observa el punto hacia adelante, a continuación invierte el lente y en posición inversa lee el punto de adelante, gira y lee en la misma posición el punto atrás. Al hacer este procedimiento el programa de la estación (TRANSIT) saca un reporte en pantalla indicando los errores angulares cometidos en las diferentes observaciones; de antemano se ha configurado el programa para que acepte como máximo error 10 segundos por lectura. Las distancias se

toman tres veces en posición directa como en posición inversa; con este sistema se minimizan los errores por refracción y movimientos coaccionado por el paso constante de vehículos pesados al momento de la observación, asegurando también que la nivelación trigonométrica sea muy exacta.

Después de hacer estos procedimientos se empiezan a tomar ángulos y distancias en posición directa de los detalles como: alcantarillas, cunetas, muros en gaviones y en concreto simple o reforzado, postes de energía y de teléfono, paramentos, etc., que se encuentran dentro de la zona de influencia del proyecto. Terminada la armada, el programa calcula por el sistema de mínimos cuadrados sacando los promedios de los ángulos horizontales, verticales y distancias para proceder a calcular coordenadas y cotas.

En el ANEXO A se presenta el cuadro de coordenadas de los puntos visados. El Plano 1 se presenta la base topográfica y las secciones topográficas se encuentran en el Plano No. 2.

2.3 RECURSO TÉCNICO

Los recursos técnicos empleados para la actividad de topografía se enuncian en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 2-1 Recursos técnicos utilizados en la actividad de topografía

Recurso técnico Utilizado	Cantidad
Estación Topcon	1
Computador GATEWAY para Oficina	1

Para la captura, descarga, procesamiento de datos topográficos y control de la información, se utiliza el programa TRANSIT para procesamiento de datos topográficos; adicionalmente se utilizaron programas de hoja de cálculo y de dibujo.

2.4 METODOS DE CAMPO

2.4.1 Levantamiento de Detalles

Utilizando el método de ceros atrás se comienza la toma de detalles, los cuales incluyen: puntos de terreno natural, cunetas, canales, vías, paramentos, puntos de control, postes, límite de deslizamientos, red de alcantarillado, drenajes naturales, entre otros detalles para mejorar la interpretación del modelo topográfico.

2.4.2 Información Técnica

Para realizar el levantamiento topográfico en el sitio de estudio, se utilizaron como puntos de amarre, tres (3) puntos de GPS (GPS-1, GPS-2 y GPS-3) referenciados en campo y ubicados en el área de influencia directa del proyecto. En la Tabla 2-2 se presentan las coordenadas de los puntos de amarre utilizados en este levantamiento, y en el Plano 1 se presenta la condición topográfica del sitio de estudio.

Tabla 2-2 Puntos utilizados para el amarre de coordenadas

Punto	Norte	Este	Cota
GPS-1	91624.440	95802.150	2672.591
GPS-2	91548.290	95815.310	2678.606
GPS-3	91772.880	96001.260	2743.510

2.4.3 Georeferenciación

La georeferenciación consistió en el posicionamiento de tres puntos principales de primer orden “una base de salida, un punto y su señal de azimut” por el sistema de GPS, que sirvan para el control y cierre de la poligonal de amarre del levantamiento topográfico realizado en la zona del proyecto.

En el ANEXO A se presentan los resultados obtenidos en la georeferenciación con GPS, para el sitio de estudio.

3 ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

3.1 INTRODUCCIÓN

3.1.1 Localización

El área de interés se localiza en el extremo sur de la Sabana de Bogotá, vertiente oriental del Valle del Río Tunjuelo.

La vertiente oriental del río Tunjuelo es de condición compuesta. La parte superior está compuesta por la denominada Serranía de Guadalupe – Chipaque, constituida por una serie de filos rocosos que en promedio se conforman cimas superiores a los 3000 m.s.n.m. Hacia la parte media y baja, se encuentra otra serranía, de menor altitud, denominada como la serranía de Guacamayas – Juan Rey. Parte del drenaje proveniente desde la parte más alta es interceptado por esta barrera natural. Las principales líneas de drenaje que cruzan la serranía inferior son Chiguaza, Santa Librada y Yomasa. Los demás drenajes naturales se desvían hacia las mencionadas.

Desde la base de la Serranía de Guacamayas-Juan Rey, hacia el canal del río Tunjuelo, se registran una serie de canales primarios y algunos de condición secundaria, los cuales aportan caudales importantes y una gran cantidad de detritos.

La vertiente occidental es de menor altura, y con cimas tendidas y onduladas. El relieve que allí se observa varía de abrupto hasta escarpado hacia el canal del río Tunjuelo.

3.1.2 Objetivo

El objetivo del presente informe Geológico comprende la identificación de los factores y de los procesos de inestabilidad registrada en los barrios de El Yopal (El Pedregal) y San Juan I Sector, San Juan II Sector, San Juan III Sector, de la Localidad de Usme en Bogotá D.C., como parte del Estudio Geotécnico que permita establecer las medidas y soluciones correspondientes.

3.1.3 Metodología

Se parte del análisis de la información técnica disponible y relacionada con el área de interés. A continuación se procedió a adelantar una detallada interpretación geológica de fotografías aéreas de diferentes épocas, con el propósito de establecer un seguimiento multi-temporal, según la evolución del terreno donde actualmente se asientan los mencionados barrios de la localidad de Usme.

También se realizó la visita al sitio de interés, con el objeto de revisar y confrontar la información obtenida de las fotografías aéreas e imágenes de medios remotos.

También se compara la información obtenida de la investigación del subsuelo a partir de perforaciones, apiques y de los resultados de las líneas de dispersión de ondas superficiales.

Finalmente se presenta la interrelación entre la información geológica directa, de la información adquirida y de las fotografías aéreas.

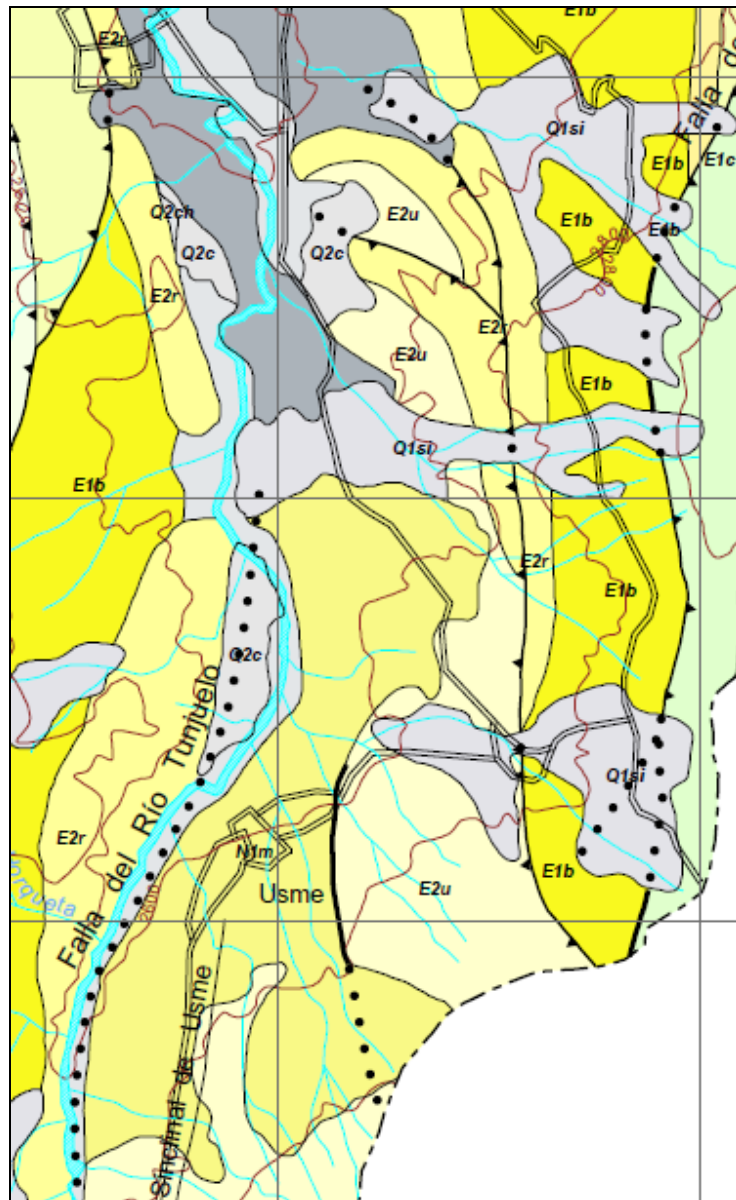


Figura 3-1 Mapa Geológico general del Valle del Río Tunjuelo, Sur de la Sabana de Bogotá. Tomado del Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá, Ingeominas, 2005

3.2 GEOLOGÍA REGIONAL

3.2.1 Estratigrafía

3.2.1.1 Rocas Cretácicas

Grupo Guadalupe (Kg): Está compuesta principalmente por areniscas cuarzosas con algunas intercalaciones de lodolitas. Hacia la parte superior de la secuencia afloran lodolitas. Conforman la Serranía de Guadalupe – Cruz Verde, elemento fisiográfico que constituye la parte oriental alta de la cuenca hidrográfica de la cuenca del río Tunjuelo. Constituye a la formación rocosa que aporta la mayoría de los agregados pétreos al yacimiento de las gravas del cono del Tunjuelo.

3.2.1.2 Rocas Terciarias (nomenclatura INGEOMINAS-nomenclatura usual)

Formación Guaduas (K2E1g-Tkg): Corresponde a una secuencia de areniscas cuarzosas y lodolitas. Las lodolitas aumentan hacia la parte superior. En la base se encuentran algunos bancos de carbón.

Formación Cacho (E1c-Tc): Se trata de una serie de estratos de arenisca cuarzosa hasta conglomerática y cemento ferruginoso. El espesor suele variar entre unos 50 a 100 m.

Formación Bogotá (E1b- Tb): Está compuesta por dos conjuntos litológicos. El superior consta de arcillolitas grises oscuras y marrón con delgadas intercalaciones de areniscas. El inferior, corresponde a una intercalación de arcillolitas y areniscas de grano fino, estas últimas con estratificación cruzada.

Formación Usme (E2u -Tu): Secuencia de lodolitas superiores que afloran en el sinclinal de Usme, color crema a rojizas blandas y pastosas. Al techo aflora 75 m de arenisca cuarzosa, gruesa con óxido de hierro e intercalaciones de arcilla en capas delgadas. La parte basal comprende fundamentalmente lutita con intercalaciones de areniscas finas. El espesor puede alcanzar hasta unos 150 m., por lo menos.

Formación Arenisca de La Regadera (E2r- Tr): Se encuentra en el techo de la Formación Usme, y está constituida por una serie de bancos de arenisca cuarzo-feldespáticas habanas a amarillas, hasta conglomeráticas, con intercalaciones de lodolitas y arcillolitas grises a verdosas. Constituye toda la parte inferior de la vertiente occidental del valle alto a medio del río Tunjuelo. De igual manera constituye la Serranía de Juan Rey – Guacamaya, vertiente oriental del valle en el tramo correspondiente al sector de interés.

Formación Marichuela (E1m-Tma): Helmens (1990), propone esta formación localizada en el sureste de la Sabana (Valle de Usme, La calera – Sopó) y en el norte del área, en el borde noreste) Sisga, Valle de Chocontá – Villapinzón), y localmente en Neusa, Tabio, Tenjo y Subachoque. La describe de la siguiente manera “... está constituida por gravas con bloques y clastos subangulares a redondeados, que localmente pueden llegar a ser grandes bloques de arenisca, en forma aislada, y dentro de una matriz arcillosa-arenosa”.

El espesor máximo indicado por Helmens (op.cit), es de 40 m. e indica que su origen está relacionado a condiciones sinorogénicas, y asociado a fases de fallamiento y plegamiento del Mioceno.

Toro y Van der Hammen (2003), con base de trazas de fisión en circones de origen volcánico en muestras colectadas en sitios de afloramientos por la carretera Bogotá – Chipaque, y al noroeste del Embalse de Neusa, proporcionan una edad comprendida entre 5 y 2.3 M.a, para la formación Marichuela.

3.2.1.3 Suelos y Depósitos de materiales sueltos (nomenclatura INGEOMINAS-nomenclatura usual)

Flujo de Lodo y Detritos (Q1si- Qfl): Comprende una serie de materiales segregados desde una posición topográfica alta y acompañados de una gran cantidad de agua, lo que facilita la conformación de flujos o coladas de lodo y bloques. Algunos autores denominan esta acumulación como “till de ablación”, y otros los asocian a la rotura de lagos naturales dentro de la zona de bordes glaciales. Se identifican por el relleno de fondos de canales hídricos o superficies con morfología de “lenguas o lóbulos”. Este tipo de depósito está representado por el flujo de la quebrada Santa Librada - La Nutría.

Cono de Deyección del Tunjuelo (Q1tu - Qct): Ingeominas (2005) y Van der Hammen (2002), la describen como “complejo de conos del Tunjuelo”, y Formación Tunjuelito respectivamente. Corresponde a la acumulación de detritos redondeados, y en algunos casos involucra una matriz arcillosa – limosa. Su depositación obedece fundamentalmente a la actividad fluvial plenamente establecida a esta altura, por el descongelamiento del glacial, y a su entrega en un lago, el cual coincide a la extensión y posición de la Sabana de Bogotá. La cantidad de carga acarreada por el caudal proveniente del descongelamiento, al entrar al cuerpo de agua “estancada”, constituyó un amplio cono compuesto por gravas y algunos niveles intermedios de arcilla y lodo. El espesor registrado en las diferentes explotaciones de gravas, es del orden de 80 a 100 m.

Algunos autores prefieren definir a estas acumulaciones como “microdeltas”, o de pequeños deltas que ocurren cuando el agua descongelada, confluyen en pequeños lagos de origen glacial. Estos depósitos son de origen fluvio-lacustre, y no tienen contacto directo con el hielo, pero sí aportados desde llanuras o superficies de lavado.

Van der Hammen (2002), en el mapa Geológico, define a esta Formación : “ *...Depósitos de gravas con cantos redondeados de tamaño hasta de bloques con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas y turba. La parte inferior es arenosa, tiene arcillas, turbas y gravas locales. La parte superior son gravas con intercalaciones de arcilla y turba. Edad pleistoceno inicial a medio.*”

3.3 GEOLOGIA LOCAL

3.3.1 Formación Usme (Tu)

Se trata de una intercalación masiva de arcillolitas varicoloreadas (verde, rojizas y violetas) con estratificación delgada a masiva y de esporádicas intercalaciones de bancos de arenisca

cuarzo-feldespáticas y cuarzosa con matriz arcillosa blanca de tipo caolinita. En el caso del sitio de estudio, los niveles de arenisca se identifican hacia la parte media e inferior.

La unidad Formación Usme fue propuesta por Hubach (1957) para designar las lodolitas de coloración variable entre tonos violáceos y verdosos, grises hasta rojizos con escasas intercalaciones de areniscas, y esta a su vez en estratos discretos, siempre menores a 1 m de espesor. El nivel inferior es de mayor grado arcilloso con intercalaciones de paquetes de areniscas de grano fino poco consolidados. El nivel superior está representado por un aumento de estratos de arenisca cuarzosa.

Posteriormente, la unidad fue redefinida por Julivert (1963) quien distinguió en ella dos partes: Una basal, predominante lutítica, con intercalaciones de capas de areniscas finas con un espesor de 50 m; y una parte superior de unos 75 m de espesor, compuesta por areniscas de cuarzo, gruesas y por conglomerado y cuarzo, coloración amarillenta y grano fino a conglomerático. La edad asumida en consenso por los estudios estratigráficos considera a esta unidad como del Mioceno.

De acuerdo a lo observado, los niveles de arcillolita en o muy cerca de la superficie exhiben una cubierta de roca desmejorada y muy blanda.

Se identifican dos niveles de areniscas, los cuales conforman el respaldo del cerro donde se asientan los barrios El Pedregal y San Juan de la Localidad de Usme. Corresponden a capas gruesas de arenisca cuarzosa, feldespáticas, con matriz arcillosas-caolinitizadas, grano grueso a medio, sub-angulares y sub-redondeadas, friables y blandas. Existen algunos niveles de areniscas feldespáticas, compuestos por granos angulares densos de feldespatos tizosos.

En el área de estudio se identificó la presencia de esta unidad en los contornos al cerro donde se encuentran los barrios antes mencionados. En el costado occidental, los afloramientos son locales, y parciales en donde la secuencia muestra un alto grado de meteorización. Hacia el norte y en el sur, en los taludes de corte que llevan las explotaciones de las fábricas de ladrillo, la secuencia de arcillolitas se observan con una continuidad amplia. Se trata de estratos grueso a masivos de arcillolitas pastosas, ligeramente lodosas, con intercalaciones esporádicas de areniscas cuarzo-feldespáticas con cemento arcilloso. Solo hacia la parte superior, y en general cuando se encuentran inmediatamente por debajo de los suelos transpuestos y transportados o de algunos bancos de arenisca, la arcillolitas presenta tonos rojizos.

La arcillolita de esta formación expone una *rápida alteración y deterioro mecánico* ante su exposición en medio atmosférico. En los taludes, que han sido recientemente conformados, se reconoce una cubierta de material fragmentado y disgregado con espesores de unos 0.1 a 0.2 m. La alteración le comunica al material una cierta fisibilidad que no se aprecia cuando la roca se encuentra en estado fresca. Tanto en las cunetas como al excavar con el martillo aparece la roca muy blanda y de consistencia pastosa. Esta condición se identifica y se traduce en la expresión morfológica que se aprecian en las fotografías aéreas con un desarrollo de alta susceptibilidad a la erosión hídrica, con presencia de surcos y cárcavas.

Para efecto de un mayor detalle a continuación se presentan las características con aplicaciones relacionadas a su comportamiento geotécnico, según la parte constituida por arcillolita y arenisca, por separado:

Nivel Arcillolita (Tsu): Son de carácter masivas, presentan humedad natural media a baja, plasticidad muy alta; permeabilidad media; consistencia firme; y algunos niveles son ligeramente arenosos.

Geomorfología – Conforman terreno alomado o irregular tendido, sometido a erosión hídrica concentrada y desarrollo de patrón de drenaje de tipo dendrítico, y conformación de topografía de “Bad Lands”. Esta última condición, ha sido unificada o desaparecida ante el desarrollo urbanístico, o ante la explotación de estas, como materia prima en la fabricación de ladrillos.

Características Geotécnicas – Se trata de roca blanda, con una rápida tendencia a ser afectada por meteorización y conformación de suelos residuales y roca meteorizada de carácter pastoso y firme. Exhibe debido a su condición una gran facilidad a ser afectada por procesos de erosión hídrica.

Nivel Arenoso (Tsuar): Constituye los dos filos topográficos que respaldan el área donde se encuentra el Barrio Yopal – El Pedregal. Se caracteriza por estratificación masiva, composición cuarzosa a cuarzo-feldespática, de grano medio angular a sub-angular y sub-esféricas. Posee matriz blanca arcillosa, de aspecto caolinítico, que comunica su condición de roca friable.

Geomorfología – Constituye un par de laderas estructurales lisas y netas con sus contrapendientes escarpadas. En el sitio de interés se encuentran parcialmente cubierto por remanentes angostos de la Formación Marichuela, representados por megabloques sub-redondeados de arenisca y gravas en matriz areno-arcillosa.

Características Geotécnicas – Se identifican algunos procesos de desprendimientos, caídos y movimientos planares de roca. Meteoriza a colores rojizos, y exhiben un rápido deterioro y desmoronamiento. La arenisca es blanda, y presenta fracturación sistemática con espaciamiento junto.



Fotografía 3-1 Arcillolita en afloramiento sobre talud vial

3.3.2 Formación Marichuela (TQm)

Helmens (1990) relaciona a esta formación a los conos del valle de Tunjuelito”, descritos anteriormente por Julivert (1961). Posteriormente, Helmens & Van der Hammen (2002), consideran que corresponden a depósitos de ladera de tipo fluviotorrencial. Se trata de gravas con tamaños variables de hasta 3.0 m de diámetro, con promedio de 0.2 m; e intercalaciones de arena compacta y de algunos niveles esporádicos de arcilla.

En el caso de los alrededores del cerro que constituye el área de interés, hacia la cima de éste se identifica la presencia de un remanente de suelos aluvio-torrenciales. Están compuestos por una agrupación de bloques sub-redondeados y en tamaños diversos, desde unos 3 a 3.5 m de diámetros, hasta en tamaños de grava y guijarros; todo con matriz areno-limosa, y limo arcillosas.

Comprende un remanente de una antigua terraza ubicadas cerca de unos 120 metros por encima del fondo del valle del Río Tunjuelo. Se acomoda en la cima del cerro. Puede tener espesores hasta de unos 6 m. Localmente, en los taludes de las canteras de Ladrillos Prisma, se observó un paleocanal de unos 7 m de altura. En las perforaciones se registró un espesor de unos 6. Por su condición, rápidamente disminuye el espesor. Véase Figura No. 3-2, Con Tma – se denomina a la Formación Marichuela, y Tu – Formación Usme. La edad determinada

según dataciones radiométricas de cristales de Circón, provenientes de materiales volcánicos, se le ha asignado del intervalo comprendido entre el Mioceno Tardío y el Plioceno.

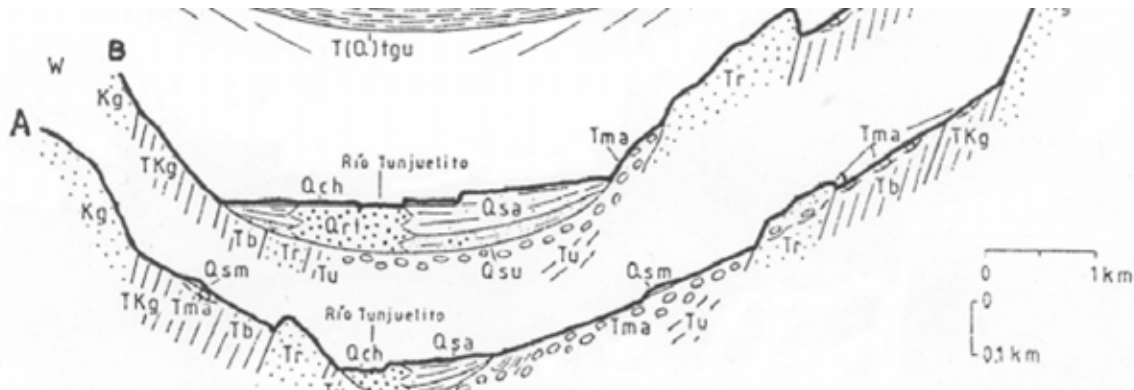


Figura 3-2 Perfiles ilustrativos del valle del río Tunjuelo, presentados por Helmens (1990) y Van Der Hammen(1995), en Ingeominas, (2004). Nótese con Tma- Formación Marichuela; y Qrt – Formación Tunjuelito, equivalente a las gravas como relleno parcial del valle del río. Lateralmente cambia a Qsa- Formación Sabana. La Formación Marichuela en discordancia sobre la Formación Usme (Tu), y debajo de Qrt y Qsa.



Fotografía 3-2 Afloramiento de la Formación Marichuela conformando Paleocanales dentro de la Formación Usme



Fotografía 3-3 Afloramiento de un banco de arenisca de la Formación Usme, localizado a la base de la vertiente del cerro. Nótese en la parte superior, la presencia de bloques sub-redondeados de la Formación Marichuela

En el contacto entre este depósito, y la Formación Usme, se identificaron varios “lloraderos”. Es decir el nivel de gravas y bloques que permite la infiltración de agua, la cual fluye y se conduce a lo largo de la interfaz de las rocas arcillosas y la base del depósito glacio – fluvial. Esta conducción debe ser mas efectiva cuando ocurre a lo largo de paleocanales y o acumulaciones locales sobre la ladera de interés.

Está constituida por gravas con clastos que pueden alcanzar tamaños de canto arenas compactas y arcillolitas orgánicas. Los colores rojizos y moteados son comunes.

La edad es Pre-Plioceno, según datación indicada por métodos radiométricos según Toro y Van der Hammen (2003). No obstante en el mismo informe, los sedimentos denominados como complejo de conos del Tunjuelo le asignan edad Pleistocena.

Aspectos Geomorfológicos – Se presenta como remanentes de un antiguo depósito aluvial de alta energía, al menos parcialmente de condición torrencial. Los bloques son sub-esféricos, sub-redondeados y de dimensiones que exponen diámetros excepcionales y superiores a los 4 m., que se alcanzan a identificar en la parte superior de la ladera donde se encuentra el barrio Yopal – El Pedregal. En las fotografías aéreas se identifican los bloques, con dominancia hacia los filos topográficos y sin ordenamiento o distribución regular. La disposición de los bloques se presenta sobre los planos de estratificación de la Formación Usme, es decir la geoforma denudacional prima sobre la depositacional.

Caracterización Geotécnica – Se trata de una acumulación con espesor variable de hasta 12 m, en algunos sitios, y el desarrollo de algunos paleocanales que se identificaron

principalmente hacia el costado nor-oriental. Por su condición granular (matriz), presenta alta conductividad hidráulica.

No registra algún aumento importante del perfil de meteorización cuando se aprecia sobre la Formación Usme. Se reduce a un espesor de 1 a 1.5 m., donde la arcillolita exhibe una importante oxidación y el material se torna mas blando a pastoso. Dentro de esta zona de contacto se acentúan los colores rojos y violáceos. Este nivel exhibe una baja resistencia a esfuerzos cortantes, y es frecuente el desarrollo de superficies de falla y de movimientos en masa en ese contacto.

También se identifican algunos procesos de desprendimientos y caídas de bloque hacia el borde de este depósito, localizado hacia la parte superior del barrio. En ese mismo escalón topográfico se apreciaron algunos fenómenos de erosión hídrica concentrada, por concentración de la escorrentía o por aguas servidas.

3.3.3 Materiales de Deslizamientos (Qd)

Son depósitos producidos por procesos de remoción en masa que involucran y son segregadas desde las formaciones arriba citadas. Se incluye algún depósito relacionado a actividades antrópicas mineros.

Características: Constituyen la relocalización de materiales de la Formación Marichuela y de Usme, así como de bloques de arenisca y arcillolita meteorizada, de unos 0.3 m de diámetro en matriz arcillosa (soportante) y colores rojizo y pardo. La humedad es alta, consistencia baja a media; plasticidad variable de media a baja.

3.3.4 Materiales Antrópicos (Qa)

Comprenden básicamente a la acumulación realizada por el hombre. Algunos obedecen al descapote de algunas explotaciones, o estériles asociados a la producción de ladrillos. Hacia la parte inferior de la ladera, y en límite entre el Barrio el Pedregal y San Juan, conformando el talud de la vía, se identifica el principal depósito antrópico, con evidencias de irregularidades. Dentro de este mismo predio, se identifica una antigua chimenea de un horno artesanal, utilizado para la fabricación de ladrillo. Muy seguramente corresponde al montaje de producción correspondiente a la extracción de arcilla donde actualmente se registra la mayor inestabilidad. El depósito consta de materiales estériles de la explotación y de retales de ladrillos. En superficie se identifica escalonamiento y aborregamiento. El espesor total puede ser del orden de 5 a 7 m. No hay viviendas dentro de esta área.

El sistema de construcción de las viviendas en ladera, para este tipo de urbanizaciones, establece el corte en la parte posterior del lote y relleno hacia adelante. En las viviendas ubicadas en las laderas más pendientes, se ayudan con la conformación de bloques de roca, bien extraídas de la Formación Marichuela, como algunos bloques de la formación Usme. También se emplea de manera indiscriminada suelos orgánicos y residuales provenientes de arcillolitas. El espesor de estos rellenos es variable, con espesores hasta de 1,5 m.

En el extremo sur, asociados a la explotación de Ladrillera Helios, se identificó una pila de material rechazado o sobrante en la industria del ladrillo. Otras de las acumulaciones de esta

índole comprenden algunos de la disposición del material de corte para vías o de excavaciones mineras, y su acumulación al pie de las vías vecinas.

3.4 ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS

3.4.1 Regionales

En la mayoría de los informes y mapas geológicos consideran que el valle del río Tunjuelo coincide con la presencia de una estructura sinclinal, es decir las rocas sedimentarias descritas conforman una “batea” o disposición en artesa, cuya porción más baja o central coincide con el canal del río. Las imágenes disponibles y las exposiciones en el terreno sugieren otro tipo de condición estructural, seguramente más compleja.

3.4.1.1 Flanco Oriental del Valle del Río Tunjuelo y Serranía de Guadalupe – Chipaque

Este flanco del valle del Tunjuelo, está compuesto en la parte alta por el escarpe rocoso que establece el Grupo Guadalupe, y la Serranía de igual nombre, donde la secuencia de rocas duras registra una condición rectilínea con buzamientos dominantes hacia el oriente. Hacia la parte media, frente al segmento donde se encuentran las canteras de gravas y arcilla, sobresale la serranía de Juan Rey – Guacamayas, hacia la parte central. Esta prominencia orográfica presenta el desarrollo de repliegues locales y de fallas que permiten en superficie la repetición de la secuencia. El buzamiento dominante de las secuencias conformadas por las formaciones Usme y Arenisca de La Regadera tiene dirección hacia el S y SW. Esta condición obliga a considerar la conformación de una estructura diferente al denominado pliegue sinclinal. Entre las dos serranías citadas, el buzamiento es contrario y además deberían aparecer las formaciones rocosas, correspondientes a las Formaciones Guaduas y Cacho, las cuales aparecen fragmentadas y con espesores reducidos con respecto a las observaciones realizadas en los alrededores de la Sabana de Bogotá. Esta condición sugiere entonces la presencia de una serie de fallas geológicas.

3.4.1.2 Flanco Occidental del Valle del Río Tunjuelo y Ciudad Bolívar

Para este flanco, se observa la serranía de Ciudad Bolívar y del Alto de Quiba, y su prolongación hacia el sur en una serie de laderas rocosas que han sido utilizadas para la localización de la presa de Cantarrana, y que corresponden a La Formación Arenisca de La Regadera. Allí aparecen segmentos con buzamientos variables a manera de bloques estructurales diversos. En la parte del valle alto, se aprecia una mayor continuidad de la formación rocosa, con buzamientos hacia el oriente. Hacia la cima o parte alta de esta vertiente, las estructuras según Ingeominas (2001), son bastantes complejas, compuestas por una repetición de fallas inversas, situación que permite confirmar la duda acerca de la estructura de tipo sinclinal para el valle del río Tunjuelo.

3.4.1.3 Fondo del Valle del Río Tunjuelo y Zona de Canteras

Es variable según la altura del valle. En la parte alta, las corrientes principales drenan secuencias rocosas, con muy reducida presencia de suelos. En un tramo inmediatamente aguas abajo, dentro de lo que aún se denomina cuenca alta, el canal en su margen izquierda se localiza contra la Formación Arenisca de la Regadera, en estratos gruesos y buzamientos hacia el oriente y con inclinaciones hasta de unos 60°, mientras en su margen y vertiente opuesta, la inclinación de las unidades estratigráficas dominantes tienen dirección hacia el S, SSW y W, asociados a una serie de conos de deyección aparentemente delgados que han obligado a que el cauce se acomode contra la roca.

Más abajo, en la parte correspondiente al valle medio, sector de canteras, se inicia una superficie ligeramente inclinada y convexa, correspondiente al complejo de conos de Tunjuelo. El ancho puede alcanzar un máximo de unos 800 m, encajado entre las laderas rocosas de la Formación Arenisca de La Regadera. Inmediatamente hacia abajo, y hasta la confluencia con el río Bogotá, el canal del Tunjuelo se localiza sobre una superficie plana con longitud de unos 20 Km.

Todo parece indicar en el trazo de una falla a lo largo del fondo del valle, la cual establece límite de dos estilos estructurales diferentes a cada lado.

3.4.1.4 Conclusión

El denominado pliegue sinclinal de Tunjuelo parece existir únicamente para la parte central o axial del valle del mismo nombre, y constituido fundamentalmente para la Formación Arenisca de la Regadera.

El Grupo Guadalupe, expone continuidad estructural con ligeras flexuras y discontinuidades locales, siempre manteniendo el buzamiento bajo a moderado hacia el oriente. Dentro de la cuenca, y en particular en la vertiente occidental no se aprecia.

La Formación Arenisca de La Regadera hacia el valle medio del Río Tunjuelo, expone una estructura compleja en la Serranía de Juan Rey, con desaparición hacia los extremos sur y norte. En ambos casos se aprecia un adelgazamiento extremo acompañado de una sutil flexuración. Varios autores asumen que el buzamiento dominante tiene dirección hacia el occidente (ζ), y por lo tanto, con un buzamiento contrario en la vertiente opuesta, y de esta manera concluyen en la existencia de un pliegue sinclinal.

Es evidente, que cada una de las vertientes del valle del Río Tunjuelo expone condiciones estructurales diferentes. Mientras la vertiente occidental (izquierda) se mantiene en condición rectilínea, controlada por la presencia de la Formación Arenisca de La Regadera, a la vertiente opuesta, la presencia de la Serranía de Guacamayas – Juan Rey, expone flexuras que no se aprecian en ninguna de las secuencias que afloran lateralmente.

3.4.2 Locales

El área estudiada comprendida en el Barrio El Pedregal y sectores de los Barrios San Juan I, II y III de la localidad de Usme, se localizan sobre cuatro superficies estructurales con orientaciones de $240^{\circ}/40^{\circ}$; $210^{\circ}/35^{\circ}$; $210^{\circ}/45^{\circ}$ y $310^{\circ}/45^{\circ}$. La primera medida en un banco de arenisca en el costado nor-occidental del Barrio Yopal –El Pedregal y el segundo en un banco de arcillolita hacia la cima en afloramiento en el costado oriental, abajo de la ladera escarpada de contrapendiente, y la tercera al extremo sur occidental, sobre la vía superior de acceso al barrio. La cuarta se midió en afloramiento restringido en el barrio San Juan.

La ladera estructural donde se localiza el barrio El Pedregal conforma un monoclinal cuyas capas cruzan hacia el SE la orientación de las capas arcillosas y algunos niveles arenosos que componen. La Formación Usme en ese sector buza en el sentido desfavorable de tal manera que pueden facilitar el desarrollo de movimientos planares.

La diferencia en el rumbo de las superficies estructurales se aprecia en las fotografías aéreas, donde parece estar relacionados a la estratificación cuneiforme de algunos depósitos continentales y en cuencas tectónicas activas durante la sedimentación.

Se trata de un cerro de aspecto triangular en vista de planta. En el costado occidental, se conforman una superficie estructural corta, y otra larga que se prolonga hasta la porción inferior del barrio. La más alta se localiza hacia el borde oriental, y expone la mayor altura de las dos. La segunda, comprende un nivel de arenisca ubicado estratigráficamente por encima.

Ambas están compuestas por areniscas friables y cuarzosas o cuarzo feldespáticas, blancas o crema, con matriz arcillosas blanca. Están cubiertas parcialmente por bloques del depósito glacio fluvial antes descrito. Estos materiales alcanzan a extenderse sobre la superficie estructural oriental.

La ladera más occidental, se extiende a lo largo del asentamiento urbano. Localmente aflora en la parte media e inferior. En otras partes se encuentra parcialmente cubierta por los mencionados suelos glacio-fluviales. La mayor inestabilidad se ha identificado cuando se ha removido la cubierta, y adicionalmente se excava hacia la parte inferior de la ladera, de manera que se remueve el soporte natural, y se traduce en movimientos en masa de tipo planar.

Las superficies o contactos entre las rocas duras y frágiles, como son las areniscas en este lugar, al quedar sobre la arcillolita, constituyen condiciones favorables para procesos de inestabilidad.

La superficie estructural en detalle no es uniforme dada la irregularidad de las acumulaciones, y así mismo es de suponer corresponda al contacto o forma en que ocurrió la sedimentación de los suelos de la Formación Marichuela (Tma), sobre la formación Usme (Tsu).



Fotografía 3-4 Vista desde el norte del cerro de interés, donde se localiza el sitio de estudio

Para complementar la información estructural se presenta los resultados relacionados en el informe de CIC (2009) para la EAAB. En dicho informe, página 17, Figura. 5-17, se aprecian tres centroides con las medidas logradas en los afloramientos descritos en la parte media y alta del área donde se asienta el barrio Yopal – El Pedregal:

- En afloramiento localizado hacia el extremo nor-oriental., las medidas conforman tres polos correspondientes a las mediciones sobre los planos de estratificación, y sobre dos sistemas de diaclasas.
 - Estratificación : $266^{\circ}/17^{\circ}$
 - Diaclasa -1 : $138^{\circ}/66^{\circ}$
 - Diaclasa -2 : $48^{\circ}/66^{\circ}$

- En afloramiento localizado hacia en la ladera norte, las medidas conforman cuatro polos correspondientes a las mediciones sobre los planos de estratificación, y sobre tres sistemas de diaclasas.
 - Estratificación: $232^{\circ}/36^{\circ}$
 - Diaclasa -1 : $210^{\circ}/71^{\circ}$
 - Diaclasa -2 : $103^{\circ}/87^{\circ}$
 - Diaclasa -3 : $282^{\circ}/88^{\circ}$

- En afloramiento localizado hacia el costado sur, las medidas conforman tres polos correspondientes a las mediciones sobre los planos de tres sistemas de diaclasas. Se indica no fue posible obtener medidas sobre planos de estratificación.
 - Diaclasa -1 : $305^{\circ}/67^{\circ}$
 - Diaclasa -2 : $192^{\circ}/46^{\circ}$
 - Diaclasa -3 : $02^{\circ}/52^{\circ}$

3.5 GEOMORFOLOGÍA

3.5.1 Regional

El valle del Río Tunjuelo corresponde al drenaje natural de la porción nor-occidental del Páramo de Sumapaz, hacia la Sabana de Bogotá, el cual se inicia a una altura de unos 3850 m.s.n.m., y entrega sus aguas al río Bogotá a la cota de 2536 m.s.n.m. El área total de captación o de aferencia es del orden de unos 388 Km². La geometría de la cuenca es angosta en el valle superior, y se amplía aguas abajo de la zona donde se concentran la mayor cantidad de “pits”, hasta la confluencia con el río Bogotá. Se divide en tres sectores.

En el **primer sector**, o valle alto del Río Tunjuelo los principales afluentes en la cuenca son: Río Chisacá, Río Mugroso, y Río Curubital. Cuando confluyen abarcan un área aferente de 140 Km², es decir representa cerca del 35% de la totalidad. De igual manera para esta área, se identifican dos tipos de materiales fundamentalmente: Laderas rocosas con pendientes muy fuertes hasta escarpadas, y acumulaciones de suelos derivados de la actividad glacial que afectó esta parte de la cordillera andina, hasta hace unos 15000 años. La cota mínima a la que alcanzó a descender la línea de nieves permanentes durante esta última etapa glacial, según diferentes investigadores oscila entre 2900 y 2800 m.s.n.m.

El **segundo sector** se extiende desde el Embalse de La Regadera hasta el embalse de Cantarrana que se encuentra a unos 14 Km aguas abajo del mencionado anteriormente. Dicho sitio se localiza aproximadamente a unos 5 Km aguas abajo de la población de Usme. El tramo posee una pendiente promedio del orden de un 3%, menor que la anterior, pero aún considerada alta, lo cual garantiza un buen drenaje de la cuenca. Hasta este punto el área de la cuenca es de 267 Km², lo que representa para el sector un incremento del 25% en superficie con respecto al total. En el tramo el área tributaria conserva la característica rural de la porción superior.

En este sector, el río presenta un cauce unicanal con importante relleno aluvial torrencial formando terrazas altas constituidas por bloques de arenisca muy heterogéneos en tamaño. El cauce es ligeramente sinuoso, controlado litológicamente en algunos puntos por rocas del Terciario, y por grandes acumulaciones correspondientes a movimientos en masa o deslizamientos que afectaron algunos de los depósitos glaciales

A éste l tramo entregan sus aguas varias quebradas, entre las que se destacan la Q. Pasquilla, la Q. Paso Colorado, la Q. La Horqueta y la Chuscal, por la margen izquierda; mientras que por la derecha, la Q. de Suate, Chiguaza Alta y la Fucha, cuyas cuencas de drenaje se encuentran escasamente intervenidas, si se les compara con las subcuencas de aguas abajo.

El **tercer sector**, o sector inferior del río, afluyen los tributarios mayores de la zona de interés para el estudio, como lo son las Quebradas Yomasa y Chiguaza por la margen derecha y la Quebrada de Limas por la izquierda.

El área tributaria total que alcanza los 388 Km², incluyendo así el 55% restante de la superficie de la cuenca. Este sector inferior se puede, a su vez, dividir en dos sub-sectores separados por el sitio de la Quebrada Chiguaza, teniendo el primero de ellos pendientes aún superiores

al 1% que le confieren al cauce suficiente capacidad para evacuar grandes crecientes, mientras que en el segundo (aguas abajo hasta la desembocadura del río) donde se observan pendientes del orden de 0.05%, reduciéndose significativamente la capacidad del cauce, no sólo para contener las crecientes mayores, sino también para transportar la carga sólida aportada por la cuenca a través del propio sistema de drenaje.

En cuanto a las vertientes del mismo río exponen condiciones contrastantes entre sí. La Oriental, es de condición compuesta ante la presencia de la Serranía de Guacamayas – Juan Rey. Mientras la occidental expone una cima amplia con topografía ondulada y de pendientes moderadas, hacia los fondos el relieve es escarpado.

La Serranía de Guadalupe – Chipaque, presenta trazo rectilíneo, y expone laderas rocosas con alturas superiores a los 3000 msnm. Esta compuesta por rocas pertenecientes al Grupo Guadalupe. Inmediatamente hacia la base de esta, se identifican una serie de acumulaciones glaciales y algunas lomas compuestas por las formaciones Guaduas y Cacho.

Inmediatamente por debajo aparece la Serranía de Guacamayas – Juan Rey, con aspecto cinteado y buzamientos variables en sentido y magnitud. Al norte, se aprecian buzamientos altos hacia el oriente, y en la medida que se observan hacia el sur, éste cambia hacia el occidente, conformando una inversión y flexuración (ζ).

En la vertiente occidental, no hay continuidad ni en disposición estructural, ni en continuidad estratigráfica. La secuencia identificada como Formación Arenisca de La Regadera, exhibe una condición masiva y uniforme, diferente a la que sigue en el costado oriental.

3.5.2 Local

El área de interés, asentamiento de los barrios Yopal-El Pedregal y San Juan (I a III) sectores I a III, se localizan en un cerro relativamente aislado dentro de la Serranía de Guacamayas – Juan Rey.

Como se ha descrito anteriormente, la mencionada serranía está constituida por elementos estructurales cinteados, según se manifiestan las intercalaciones de niveles de arenisca y arcillolitas.

Hacia la parte alta y media, resalta el aspecto cinteado rectilíneo de la secuencia monoclinial, con buzamientos intermedios a bajos. A la parte inferior y empalme con la franja donde se encuentra el complejo de conos de Tunjuelo y otros aportados por corrientes tributarias, se localizan por fragmentos de las denominadas cintas estructurales.

Es hacia la porción inferior donde estos niveles han sido disectados y limitados a extensiones longitudinales menores.

El entorno compuesto por la formación Usme y en particular, en donde predominan los niveles de arcillolitas, se identifican terrenos con erosión hídrica concentrada y con zanjones. En las fotografías aéreas, evidencian un amplio desarrollo de cárcavas y zanjones los cuales establecen un evidente paisaje del tipo de “Bad Lands”.

El cerro del barrio Yopal-El Pedregal, conforma un fragmento tipo “Hog-back”, constituido por dos superficies estructurales correspondientes a sendos bancos de arenisca y de estratos de arcillolitas por debajo y por encima. Hacia las cimas constituidas se expone la Formación Marichuela a manera de una cubierta por un espesor más o menos uniforme, sin ocultar o modificar las geoformas estructurales hacia la parte media y alta de la ladera estructural. Esta formación Marichuela expone una terminación mas o menos neta, hasta establecer un escalón morfológico.

Desde el escalón indicado, hacia abajo, se disminuye la pendiente del terreno y su geometría desarrolla una superficie entre convexa a cóncava.

Dentro de esta condición básica se establecieron una serie de laderas según su condición estructural y/o depositacional; así también su estado denudacional o depositacional; y su condición e intensidad de intervención.

A continuación se relacionan y describen las unidades geomorfológicas identificadas de acuerdo a las características arriba mencionadas.

LADERA RECTILINEA ESCARPADA DENUDACIONAL (LEED) – Corresponde a la faceta conformada en la contrapendiente al buzamiento de la secuencia estratigráfica de arenisca principalmente. Presenta pendientes abruptas. La más alta poco intervenida y la inferior (oriental) con notoria intervención minera, hasta establecer talud de corte con bermas intermedias, y altura total de unos 40 a 50 m.

Por debajo de los bancos de arenisca, al excavar se expone las secuencias estratigráficas de arcillolita. Allí existe condición estable con desarrollo de erosión hídrica laminar y de surcos hasta de unos 0.15 m. En algunas partes no registran intervención significativa, y está cubierta por especies arbustivas y rastrojo.

LADERA ESTRUCTURAL DENUDACIONAL DURA (LEDD) – En la parte alta, y en particular en el extremo oriental ha sido parcialmente explanada. En tanto la cima occidental alta, está cubierta por la formación Marichuela, y expone baja a moderada intervención urbanística.

Hacia la parte media a inferior, esta unidad está cubierta por viviendas del Barrio Yopal-El Pedregal. En ambos casos la pendiente es de unos 25° a 28°, es decir abrupta. El espesor de la Formación Marichuela es de unos 3.0 m en promedio.

LADERA ESTRUCTURAL DENUDACIONAL BLANDA (LEDB) – Comprende la parte media de la extensión occidental del cerro donde se ubica el Barrio Yopal-El Pedregal. Se extiende principalmente hacia el costado sur. Está totalmente intervenido por aparte de la urbanización. Tiene pendiente inclinada (15°, aproximadamente). Está conformada por arcillolita meteorizada y relacionada a la Formación Usme. El espesor del perfil de meteorización oscila de unos 3 a 4 m. En los bordes del barrio, la cubierta vegetal es mínima.

LADERA COLUVIAL DENUDACIONAL ANTIGUA (LCDa). – Esta área comprende la acumulación de los detritos y material en general aportados por las laderas topográficamente altas, y a su vez causados por procesos denudacionales naturales. Se trata principalmente de la re-depositación de la Formación Marichuela y de suelos provenientes del perfil de

meteorización de la Formación Usme. Presenta pendiente de moderada inclinación. Está intensamente intervenida por vías de acceso antiguas y por la construcción del barrio.

LADERA ESTRUCTURAL ARCILLOSA DENUDACIONAL (LEAD) – Se encuentra hacia la porción media inferior, y comprende acumulaciones, sobre el macizo rocoso blando de los niveles de arcillolita meteorizada de la Formación Usme.

Hacia la parte central y sur, está cubierta por viviendas. Al norte ha sido afectada por extracción minera y por sitios inestables, donde se identifican actualmente zanjones y cárcavas.

LADERA DEPOSITACIONAL ANTRÓPICA (Lda) – Se localiza hacia la parte inferior alta y relacionada con explotaciones artesanales antiguas y abandonadas. El material de descapote se dispuso por debajo de la pendiente excavada. Son acumulaciones de bloques y materiales fino-granulares de forma irregular y sin ordenamiento. Baja consolidación y pendiente inclinada moderada a baja. En el caso de la vía comprendida entre los barrios Yopal-El Pedregal y San Juan, estableció el corte de ese material, situación que provocó la inestabilidad de esta ladera. Es evidente la presencia de escarpes concéntricos, así como, la conformación “ondulosa” o “lobular” de ésta. Hay postes inclinados y muro en gaviones moderadamente basculados.

LADERA DE EXPLOTACION MINERA (LEM) – En el extremo norte del barrio y hacia la porción inferior alta, asociada a la ladera anterior, existe el trazo de taludes de corte. Se ha excavado a la base de un banco de arenisca y arcillolita con buzamientos favorables para la provocación del movimiento de tipo planar. La pendiente está moderadamente inclinada. La arenisca afectada con fracturación sistemáticas juntas, las cuales evidentemente establecen cuñas con posibilidad de desprendimientos. Hacia el extremo sur del barrio también existe una condición similar, pero comprendida dentro de arcillolitas básicamente.

LADERA ESTRUCTURAL DENUDACIONAL INTERVENIDA (LEDI) – Es la porción inferior media, correspondiente a los barrios San Juan. En las fotografías aéreas pre-1976, se observa una pendiente rocosa escarpada y acanalada por debajo de la vía inferior (en concreto). Actualmente está totalmente ocupado por viviendas, algunas presentan roturas y deformaciones, desde leves hasta casos puntuales severos. Es posible la presencia o conformación de rellenos constructivos sobre los que se edificaron algunas viviendas, los cuales pueden estar afectados por infiltraciones.

LADERA DEPOSITACIONAL ALUVIAL ATERRAZADA (LDAa) – Representa la unidad inferior de la secuencia identificada para el costado occidental del cerro de interés. Es una extensión o porción distal del flujo de detritos y lodo conformado a lo largo del canal antiguo del sistema de drenaje de las quebradas Santa Librada – La Nutría. Esta acumulación proviene desde la parte superior del escarpe rocoso que expone la Serranía de Guadalupe. Chipaque, por encima de la vía antigua a la ciudad de Villavicencio. Esta compuesto por una mezcla heterogénea de bloques de arenisca y arcillolitas en una masa arcillosa. La longitud del flujo es de unos 4 Km. Su parte terminal presenta geoforma lobular aterrazada divergente sobre las formaciones Usme y Bogotá.

3.5.3 Morfodinámica (Procesos)

En general la condición morfodinámica de las laderas se inicia ante la degradación o desintegración de los componentes sólidos, bien por modificación química o por rompimiento o dislocación de minerales y componentes básicos. Esta condición se denomina de forma genérica como meteorización.

La meteorización actúa de forma selectiva sobre rocas y/o materiales naturales, y por lo tanto se establece una cierta competencia a mayor estabilidad y permanencia en la superficie terrestre de algunos componentes.

En el caso del área de interés, la Formación Usme, y acumulaciones aluviales representados por conos aluviales, exhiben una mayor facilidad a ser erosionados por el agua principalmente.

La arcillolita de la Formación Usme, presenta una rápida desintegración o deterioro, al exponerse a condiciones sub-aéreas, cerca a la superficie del terreno. Esta condición se extiende a la interfaz donde existe conducción hídrica sub-superficial.

Erosión Hídrica La rápida o acelerada descomposición mineralógica de los componentes de la arcillolita, facilita su erosión hídrica. Esta condición se identificó sobre los taludes de corte, cuyo perfilaje no tiene más de unos 3 años. Allí existe una cubierta de 0.1 a 0.15 m de material descompuesto y relajado, el cual es fácilmente removido por la lluvia o ligeras cantidades de agua de escorrentía. Por debajo, el substrato de la arcillolita presenta material blando y firme, de consistencia pastosa. Se identifican surcos paralelos a lo largo de la pendiente de los taludes, con profundidades de 0,1 a 0,2 m.

La erosión hídrica crea inmediatamente se expone a la superficie la erosión laminar – difusa, y pronto desarrolla zanjones y cárcavas. Se generaliza sobre la Formación Usme.

Bajo condiciones naturales, y en particular en épocas anteriores al desarrollo urbanístico, se identifican a grandes extensiones donde se extienden estos procesos denudativos de forma generalizada.

Procesos de Remoción en Masa - En la medida en que la erosión hídrica concentrada se hace persistente y severa, se genera el desarrollo desde desprendimientos alrededor y bordes de las cárcavas, hasta involucrar movimientos en masa de tipo rotacional.

En el caso de las laderas incluidas dentro de la zona de estudio se identifican procesos de remoción en masa naturales y otros inducidos por la intervención antrópica.

El principal proceso natural y antiguo, se localiza en el borde occidental e inferior de la Formación Marichuela. Aquí se involucra la erosión hídrica difusa que alcanza el borde o escalón de este depósito y establece la erosión selectiva de la matriz, hasta facilitar el desprendimiento de componentes mayores. Es posible otro factor detonante y complementario, que corresponde al flujo sub-superficial entre la interfaz de los materiales permeables (conductividad hidráulica) sobre los impermeables. Allí ocurre además el ablandamiento de los niveles de arcillolita, oxidación y erosión interna de los materiales involucrados. Los escarpes principales tienen unos 10 m de altura, y de longitud pueden

alcanzar hasta unos 40 m. El escalonamiento hacia la parte superior se hace evidente, e incluye cinco manzanas.

Movimientos en Masa de tipo Planar – Es el proceso degradacional principal sobre las laderas que drenan al occidente. Por contener superficies estructurales constantes, son susceptibles al desarrollo de procesos planares y en algunos casos de cuñas.

Los materiales acomodados sobre los planos estructurales de la estratificación de las rocas, pueden conformar superficies de falla.

En las fotografías aéreas antiguas no son evidentes o significativos los trazos de escarpes o rasgos de inestabilidad natural. Estos se generan y se asocian a la explotación descontrolada y artesanal de algunas canteras, principalmente ubicadas hacia la base de estas laderas estructurales denudacionales, las cuales exponen adicionalmente acumulaciones de restos de la Formación Marichuela y eventualmente el perfil de meteorización o bancos fracturados de arenisca.

Bajo esta condición se han identificado varios escarpes de movimientos en masa ocasionados por extracciones mineras al borde inferior del borde nor-occidental. También existen escarpes y geoformas cóncavos hacia la parte media inferior del barrio Yopal-El Pedregal, y en el extremo sur occidental. Estos sitios identificados en fotografías aéreas anteriores a la construcción del barrio, han afectado las laderas y tienen relación directa con procesos inestables que afectan a varias viviendas. En los Planos Nos. 3 y 4, se puede apreciar la distribución de los escalonamientos y escarpes de deslizamientos. Los movimientos o transposición de los materiales ocurren de manera concordante con los planos de estratificación, y en particular asociados a las excavaciones artesanales que practicaron desde hace unos 25 años. La inestabilidad, o su reflejo en las viviendas coinciden con estos sitios de explotaciones no-técnicas, las cuales inducen el desprendimiento de bloques, principalmente cuando se realizan a la base de una ladera estructural con buzamiento paralelo a la pendiente topográfica.

3.6 FOTOINTERPRETACIÓN (Análisis Multitemporal)

3.6.1 Año de 1952 – vuelo C-619 – Escala 1:18.000

- En ésta imagen, dada la escala, permite identificar la situación y condición regional del entorno del área de interés. La fotografía No. 35, abarca el valle de río Tunjuelo hacia el borde W, hacia su sector inferior e inicio o porción proximal del cono aluvial de esta corriente. En la porción superior el canal del río expone un trazo rectilíneo de ancho moderado y desarrollo de barras longitudinales en forma escalonada alternante. Hacia abajo, de una serie de curvas rectangulares, que coincide con la confluencia de la quebrada Santa Librada, se inicia un curso meándrico asimétrico, cuyo canal exhibe un moderado aumento en su ancho, véase Anexo de Fotografías Aéreas, Foto No. 1
- Por el costado izquierdo (W) del río Tunjuelo, se expone una ladera rocosa abrupta hasta escarpada y conformada por la formación Regadera, con rumbo paralela al valle y con buzamientos hacia el W, es decir hacia dentro del macizo rocoso.

- Por el costado oriental E, la vertiente evidentemente es compleja, dada la variedad y cantidad de depósitos y disposición estructural de la formación Usme –Regadera. Adicionalmente una gran exposición de zanjonés y cárcavas hacia los canales secundarios.
- En cuanto a la condición estructural, corresponde a la estribación occidental y sur de la serranía de Guacamayas – Juan Rey. En esta región se expone una serie de filos rocosos angostos y alternantes con ensenadas profundas. Al norte presentan rumbos EW, que flexuran en bloques sucesivos limitados por fallas transversales, hasta lograr rumbos NNW y finalmente NW y buzamientos hacia el S y SW respectivamente.
- A lo largo del fondo del valle del río Tunjuelo, debe existir otra discontinuidad estructural, deducida del alineamiento de trazos rectilíneos allí observados y de la disposición estructural disímil a cada lado.
- Los bloques están compuestos por una serie resistente a la base (al N y NE), y más blandos al techo, con evidentes afectaciones por erosión hídrica concentrada, según la presencia de zanjonés y cárcavas. Las primeras representan areniscas cuarzosas friables o con matriz arcillosa caolinítica; la segunda representada por arcillolitas blancas, moteadas y ocasionalmente varicoloreadas.
- En la porción de arcillolitas con intercalaciones de arenisca se localiza el barrio Yopal – El Pedregal.
- Se identifican adicionalmente una serie de acumulaciones aluviales hacia las partes bajas de los drenajes secundarios (Q. Santa Librada), se tratan de conos de deyección, actualmente intensamente disectados y aterrizados. Se tratan de la depositación de los sólidos derivados de la erosión de las Formaciones Usme y Regadera, al llegar al valle del río Tunjuelo.
- El mayor depósito reciente corresponde a una amplia acumulación derivada desde la serranía de Guadalupe – Chipaque, la cual se “rompe” o “interrumpe”, la serranía de “Guacamayas- Juan Rey”, y establece una amplia superficie inclinada y más o menos uniforme hasta el canal del río Tunjuelo. Se ensancha de arriba hacia abajo, y es en la porción distal, donde presenta un amplio desarrollo de erosión hídrica, según se observan frecuentes zanjonés y cárcavas. Es posible que a esta altura, el depósito reciente cubra el nivel de arcillolitas de la formación Usme (Tsu), condición impermeable que facilita este tipo de proceso erosivo.
- En el cerro donde se ubica el barrio de interés, se logra identificar dos superficies estructurales de mayor prominencia que establecen las dos cimas topográficas que respaldan la agrupación urbana. Hacia la base de la superficie más alta y alrededores de la inferior se identifican una cantidad de mega-bloques rocosos sin ordenamiento o agrupación particular. Esta condición se centra aquí, y no se observa en los alrededores.
- La ladera principal del sitio de interés se observa con desarrollo de senderos y carretables rústicos, es evidente la conformación de una ligera depresión topográfica

limitada a la parte superior por un escarpe de erosión. Todo parece indicar hasta donde la resolución fotográfica lo permite, ya existe algún tipo y cantidad de extracción de materiales rocosos a muy pequeña escala. Hay áreas blancas (explotaciones) y otras oscuras (vegetadas) en extremo sur del área.

3.6.2 Año de 1968 – vuelo C-1220 – Escala 1:7.000

- Se confirma las condiciones estructurales descritas para la fotografía 35 del vuelo del año de 1952, véase Anexo de Fotografías Aéreas, Foto No. 2.
- Es evidente el contraste morfológico establecido por los depósitos aluviales y aluvio-torrenciales expuestas hacia las partes topográficamente bajas de los canales secundarios. El de mayor extensión corresponde al denominado cono de deyección de la quebrada Santa Librada. En general tienen predominio composicional de arcilla y limo, deducida de la severa erosión y conformación de “Badlands”.
- De igual manera, la secuencia superior de la Formación Usme denota una severa intervención antrópica (vías y excavaciones) acompañadas de erosión hídrica concentrada.
- El cerro donde se encuentran los barrios de interés aparece muy reducida, modificada e intervenida. No obstante, expone un moderado cambio con respecto a la imagen de 16 años atrás. En su extremo norte y en la esquina NW, se identifican dos excavaciones mineras a cielo abierta.
- La excavación de la esquina NW, conforma un talud de corte por debajo del buzamiento que tiene dirección al W. El corte puede tener hasta unos 15 metros de altura. Esta excavación del barrio El Pedregal, en su extremo norte, manzanas 01, 02, 03 y 17.
- El cerro en su totalidad representa una fracción del típico “Hogback”. El costado occidental representa una ladera rocosa rectilínea estructural, en tanto las laderas norte y oriental conforma la contrapendiente del buzamiento o su condición transversal.
- La ladera occidental, está conformada por un resalte estratigráfico estructural superior, y de manera escalonada, y por debajo aparece la segunda ladera estructural. La más alta, exhibe una longitud menor, mientras la baja, expone una mayor continuidad, hasta la quebrada Santa Librada.
- En la cima del mencionado cerro, y en ambos altos estructurales, se identifican una gran cantidad de bloques rocoso, sin que logren suavizar la expresión morfológica estructural. Estos bloques hacia el SE se concentran y aumentan hacia la porción superior y algo a la parte media de la ladera. No obstante, la disposición estructural no alcanza a ser suavizada.
- Sobre la ladera donde en la actualidad se encuentra la mayor cantidad de viviendas, se observa una cantidad importante de bloques líticos redondeados, con tamaños muy

grandes hasta guijarros, que comprende la denominada unidad estratigráfica Glacio-fluvial (Qgf). Es de resaltar que toda la fotografía es el único sitio en donde se ha identificado.

- Los drenaje naturales sobre estas laderas no son muy profundas, solo desde la parte media, hacia el canal de la Quebrada Santa Librada denotan un ligero entallamiento. Es notorio el desarrollo de zanjonos y surcos de erosión en el 1/3 inferior de la ladera, seguramente con consecuencia del afloramiento del nivel de arcillolita.
- En la parte central y sur, posiblemente sobre la actual TV 1B Bis E, se identifican un par de escalones/escarpes de inestabilidad relacionados a una excavación irregular y un “chircal” o pozo de agua retenida.
- Otros escarpes se aprecian en el extremo sur del cerro, por fuera de los barrios. Están asociados a una explotación minera incipiente a lo largo de la ladera. En esta parte, resalta una prominencia rocosa, que se identificó con dirección transversal al rumbo regional de los planos estructurales.

3.6.3 Año de 1985 – vuelo R-1061 – Escala 1:22.000

- Es notorio el aumento de la cubierta urbana en todo el entorno al área de interés. El desarrollo urbano ha cubierto extensas áreas que en la imagen anterior se encontraba con una intensa erosión hídrica, y aspecto de “badlands”.
- La condición estructural real para la vertiente oriental del Tunjuelo, en el sector comprendido entre las quebradas Santa Librada y Chiguaza. Se identifican una serie de fallas rectilíneas con dirección NW, los cuales se localizan a lo largo de los principales canales de drenaje natural, véase Anexo de Fotografías Aéreas, Foto No. 3.
- Las secuencias estratigráficas y estructurales tienen rumbo diagonal a las fracturas tectónicas. Y estas parecen relacionarse a una fractura tectónica NS, a lo largo del fondo del valle del río Tunjuelo.
- El extremo norte del cerro en cuestión se hace evidente el aumento de la explotación del año de 1968, y la creación de otro hacia aguas arriba. Todo actualmente forma parte de la cantera de ladrillera Prisma.

3.6.4 Año de 1990 – vuelo R-1131 – Escala 1:5.000

- Esta fotografía No. 1379, por su escala y por la escasa cubierta urbana, permite observar varios elementos que contribuyen a entender mejor algunos de los procesos de inestabilidad actual, véase Anexo de Fotografías Aéreas, Foto No. 4.
- Al norte y sur del cerro se prolongan las áreas de donde se extrae la arcillolita para la fabricación de ladrillo. Por lo tanto dicho cerro está conformado predominantemente, por el nivel de arcilla de la Formación Usme (Tsu).

- El cerro en donde se localiza el barrio El Yopal (El Pedregal) y San Juan, comprende la hoya inferior de la quebrada Santa Librada, cuando apenas se encuentra de manera incipiente la urbanización. Solo existen las manzanas 15, 01 y 02.
- Los dos niveles rocosos que conforman las “crestas” o cimas dominantes exhiben una moderada divergencia en sus rumbos estructurales. Ambas superficies estructurales presentan una cubierta (delgada) de bloques líticos, dispersos. Existe alguna cantidad y evidencia hasta la parte media de la superficie estructural inferior. No obstante en el terreno se identificaron aun en el 1/3 inferior de la ladera.
- Entre los dos filos rocosos mencionados, se encuentra una ligera hondonada, desde donde se inician con dirección contraria dos canales primarios. En este sector, ambas líneas de drenaje ofrecen pendientes discretas. Aquella que fluye hacia el sur fue parcialmente represada (aguas de lluvia), y así establecer el agua necesaria en el proceso de la fabricación de ladrillos.
- La superficie estructural que se dispone en el extremo oriental del cerro exhibe una ligera suavización por la cubierta de bloques o residuo de una acumulación glacio-fluvial antigua. Apenas se reconocen sutiles surcos como líneas de drenaje. La contrapendiente a la superficie estructural presenta una pérdida de su cubierta vegetal. Es posible que haya sido utilizada para la obtención de arena.
- El siguiente filo topográfico (al W), y respaldo del barrio Yopal, también ha sido cubierto por detritos y fragmentos de origen Glacio-fluvial. La parte superior de la superficie estructural presenta una moderada acumulación de bloques, hasta establecer una ligera geoforma convexa. Esta acumulación se adelgaza y disminuyen los megatamaños de bloques hasta la carrera 1C E.
- En esta época aumentó la intervención antrópica minera en el sector. Se aprecia la actividad en el borde NW; al centro del área del barrio (hacia donde actualmente se localiza la cancha deportiva) y al sur, entre la carrera 1C E, entre la DG 71S y 70C S. Aquí se observan escarpes y pozo o chircal local. Más hacia el sur se localiza un lomo rocoso, con disposición transversal al rumbo regional de los niveles de arenisca. Este lomo ha sido parcialmente explotado por un nuevo frente que anteriormente no registraba.
- Entre la carrera 1C E y la TV 1B Bis E, se manifiesta la conformación de surcos y zanjones con condición activa generalizada. Ni en esta época, ni en la actualidad existen viviendas aquí. Desde la parte alta se observan sutiles líneas o surcos someros, Esta mayor sensibilidad e inestabilidad puede relacionarse a antiguos botaderos de estériles. Entre la TV 1B Bis E y la KR 1B Bis E, se identifica un escalonamiento cóncavo que hacia la parte media de las Manzanas 93 y 94 presenta una coloración más oscura, como posible marca de mayor humedad.

3.6.5 Año de 2004– vuelo C-2717 – Escala 1:21.000

- Comprende un vuelo alto y por lo tanto de escala pequeña, donde además de registrar el área de interés, se puede apreciar el valle del río Tunjuelo, en el tramo comprendido entre las quebradas Yomasa, al sur, y la Fiscala al norte, véase Anexo de Fotografías Aéreas, Foto No. 5.
- La ampliación de las áreas urbanas en los últimos 14 años, ha ocupado una gran extensión del cono de deyección de la quebrada Santa Librada, y también es notoria el crecimiento desde las gravilleras hacia el oriente.
- Otro elemento sorprendente es la uniformidad que se construyó sobre áreas que originalmente exponían una severa erosión y carcavamiento por erosión hídrica.
- El cerro donde se ubican los barrios Yopal y San Juan se ha reducido, por la explotación del nivel de arcillolitas, principalmente en el costado oriental. El frente de excavación está muy cerca del filo rocoso más alto por el costado sur, igualmente el talud de corte se encuentra desplazado hacia el norte, con una reducción importante del filo topográfico inferior.
- El área en donde se localiza el Barrio Yopal presenta una pendiente uniforme desde el frente rocoso, hacia abajo, aproximadamente incluyendo todo el tercio superior de la ladera. Desde allí hacia abajo, existe un ligero escalonamiento que coincide con la inestabilidad mayor de las manzanas 01, 02 y 17. A lo largo de la DG 71, coincide con el trazo de una línea de drenaje.
- Enseguida hacia el sur, en la vía que continúa, hacia ladrillera Helios, se identifica una explotación abandonada. El talud de corte tiene geometría vertical con desarrollo cóncavo, a manera de anfiteatro, el cual alcanza a disponerse hacia el respaldo de la manzana 15.

Se revisaron otras fotografías aéreas, con escalas muy grandes, para lo cual se ampliaron sus tamaños con mecanismo digitales, y se incluyen ANEXO B de Fotografías Aéreas, Fotos Nos. 6 y 7. La primera corresponde al año de 1961 y la segunda a 1976. Su análisis permite confirmar las mismas situaciones descritas en las otras imágenes.

3.7 HIDROGEOLOGIA

La distribución del agua en el medio natural depende de la permeabilidad de los materiales involucrados. Por una parte, la presencia de poros o espacios que permita el flujo hídrico a través de estos.

En el caso de no poseer poros y/o estar parcial o completamente ocupados por granos, conlleva a una condición de impermeabilidad.

Cuando los materiales contienen una porosidad significativa se denomina como acuífero, y son almacenadores y o conductores hidráulicos.

El caso contrario, corresponde a los denominados cuerpos naturales impermeables, o acuitardos. No permiten la infiltración de manera ágil o rápida, y así establecen una barrera o sello para la infiltración del agua.

En el caso de la masa rocosa y depósitos de suelos, existen ambas circunstancias, dentro de La Formación Usme, en lo referente a niveles de arcillolitas y de areniscas. Los primeros se denominan como acuitardos, los segundos son acuíferos. Cuando el nivel de arenisca aflora, puede recibir y permitir la infiltración del agua (recarga del acuífero), el caso contrario obedece a los niveles de arcillolita, generando un aumento en la cantidad de esorrentía.

La arenisca se favorece ante su comportamiento frágil o de rompimiento en bloque, condición que aún puede permitir el aumento en la conductividad hidráulica dentro del macizo rocoso. El flujo o cantidad del flujo se concentra hacia la base del nivel rocoso de arenisca, y limitado por debajo con los niveles impermeables de arcillolita o suelos residuales correspondientes.

Otra condición que favorece la circulación sub-superficial, es la infiltración moderada de la Formación Marichuela, y la concentración del agua, igualmente en la interfaz de los niveles de arcillolita. Adicionalmente, puede presentarse otra condición que permite aumentar la concentración de agua, a lo largo de los paleocauces establecidos durante la conformación de esa formación, situación que permite el aumento de agua hacia estos sitios topográficamente deprimidos.

En todo el alrededor del cerro de interés existe una gran extensión de terreno correspondiente a la explotación de arcillas para la fabricación de ladrillo. Esta ampliamente establecido el almacenamiento de agua, en pondajes rústicos ubicado sobre la Formación Usme, y en todo el contorno del sitio de interés. Debido a su ubicación dentro de rocas arcillolíticas no se aprecian exfiltraciones. De igual manera, todo parece indicar que tanto su distancia al barrio, como la posición altitudinal no contribuyen al aumento de la humedad dentro del área de estudio.

4 HIDROLOGIA E HIDRAULICA

4.1 INTRODUCCIÓN

Tal como se consignó en el informe de reconocimiento al área del problema, además de los aspectos geológicos y geotécnicos que reviste el proceso de remoción en masa, igualmente deben mencionarse la topografía del área, caracterizada por mostrar pendientes fuertes y discontinuidades en la ladera, y el régimen de precipitación en la misma.

Corresponde a esta parte del estudio adelantar los análisis hidrológicos que conduzcan a la caracterización del régimen de precipitación, en particular en lo que atañe al de precipitaciones persistentes en el tiempo y a su variación temporal, en este caso, con respecto a la forma en que varía dentro del año, de manera que se llegue a determinar los períodos lluviosos y la posible influencia de éstos en los procesos que afectan al área en consideración.

Es importante anotar que el área afectada por los deslizamientos no cuenta con un sistema de captación, conducción y disposición de aguas de escorrentía y que el agua fluye libremente y sin control por la ladera.

4.2 INFORMACIÓN DISPONIBLE

De acuerdo con las investigaciones adelantadas tanto en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en la CAR y en el IDEAM, aunque existen varias estaciones de medición, en no todas ellas se miden los elementos del clima necesarios para establecer la forma como varían los elementos del clima a lo largo del tiempo y del espacio. La variación territorial no fue posible adelantarla, dado la escasa información del área o de áreas cercanas a la que nos ocupa. De las estaciones analizadas se seleccionó la de Doña Juana, cuya información corresponde con el mayor número de elementos del clima y adicionalmente, es la más cercana al área de interés.

Para el análisis de la precipitación se contó con la serie de información de totales diarios de las estaciones Juan Rey, de la EAAB, correspondiente al período 1990-2008 y de la estación del mismo nombre cuya información es tomada por el DPAE, para el período 2007-2008. Estas estaciones son las más cercanas al área de interés, razón por la cual se tomaron como base de estudio las series antes citadas.

Además, se tiene disponibilidad de cartografía con curvas de nivel, en escala 1:500, en la que aparecen las zonas afectadas dentro del área.

Con base en la información antes citada se realizaron los análisis cuyos resultados se presentan en este capítulo.

4.3 TEMPERATURA DEL AIRE, HUMEDAD RELATIVA Y EVAPOTRANSPIRACIÓN

La caracterización del clima del área se adelantó con base en la información de la estación Doña Juana. Las series de datos mensuales de temperatura, humedad relativa y brillo solar se sometieron a análisis con el fin de determinar la variación intra anual de los citados elementos del clima, tal como se describe a continuación:

La temperatura media del aire muestra pocas variaciones dentro del año; su valor medio es de 12,5° C. Los meses más cálidos son octubre, noviembre, marzo, abril y mayo donde se alcanzan valores de 13° C. El más frío es el de julio, con 11 ° C. Como aspecto curioso, se observa que los meses más cálidos corresponden a los de mayor precipitación, aunque los valores de brillo solar son ligeramente menores que los mostrados en enero y diciembre.

La Humedad Relativa es casi constante. Muestra una variación máxima del 10% dentro del año. Los meses más secos son enero y febrero con valores de 69 y 70%, respectivamente. El más húmedo es julio, donde el valor medio multianual alcanza el 78%.

La evapotranspiración se calculó utilizando la metodología propuesta por Hargreaves, en la cual se tienen en cuenta la temperatura media del aire, la humedad relativa y la relación entre el número de horas de luz en el día y la potencial para cada mes.

En la Tabla 4.1 se aprecian los valores medios mensuales de las variables del clima y los de evapotranspiración potencial obtenidos tal como se indicó antes.

Tabla 4-1 Valores medios mensuales multianuales de variables climatológicas

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
T ° c	12	12	13	13	13	12	11	12	12	13	13	12
.H,R. %	69	70	73	73	77	75	78	75	71	71	73	72
B.SOLAR	194	149	148	131	128	144	129	157	156	148	134	183
d	.98	.91	1.02	1.00	1.04	1.01	1.04	1.04	.99	1.01	.95	.98
EVAP POT	63	57	62	61	54	53	44	54	60	66	58	57

4.4 DISTRIBUCIÓN INTRA ANUAL DE LA PRECIPITACIÓN

Con base en los valores totales mensuales de la estación operada por la EAAB se adelantó la caracterización de la variación temporal de la precipitación.

La distribución intra anual de la precipitación obedece a un modelo bimodal, en el que se evidencian dos períodos lluviosos intercalados con períodos secos. El primer período lluvioso o húmedo corresponde a los meses de marzo a mayo, en el que tiene ocurrencia el 36,7% de la precipitación anual. El segundo se localiza entre los meses de octubre y noviembre, en el que ocurre el 22,1% del total anual. Los períodos secos corresponden a los meses de enero y febrero, el primero y de julio a agosto el segundo.

Los meses más secos, en promedio multianual son enero, con 20,6 mm; febrero donde se presentan 28,7 mm y diciembre, mes en el que ocurren 30,5 mm. Por otra parte, los más húmedos o de mayor precipitación son los meses de marzo, abril, mayo y octubre, con valores superiores a 70 mm.

La variación intra anual de la precipitación en el área se aprecia en la Figura 4-1

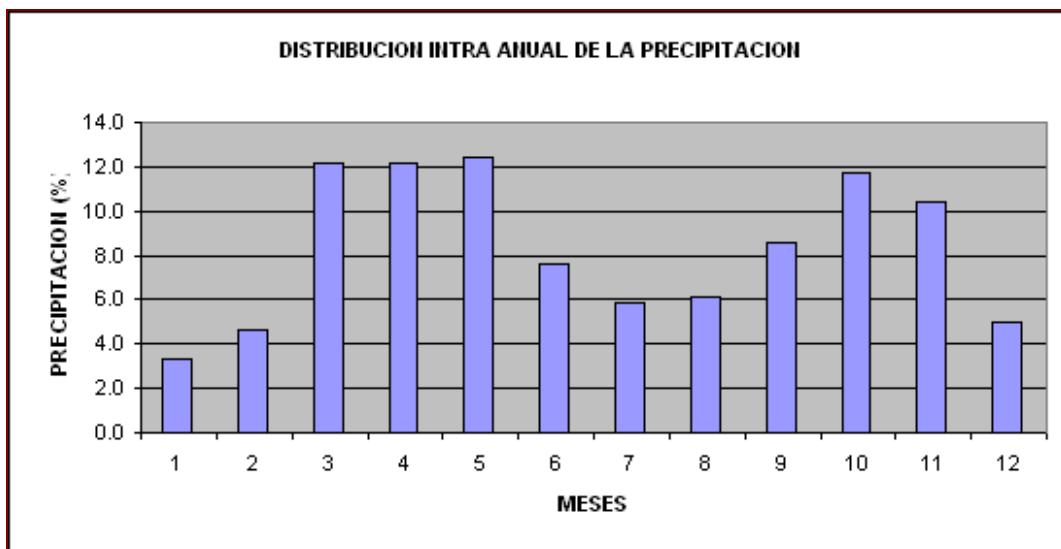


Figura 4-1 Distribución intra anual de precipitación

Como se aprecia en la Figura 4-1, los meses de octubre y noviembre son los más lluviosos, aunque en septiembre se presentan valores de precipitación relativamente superiores a la de los meses considerados secos.

La forma como se presenta la distribución de la precipitación, en los meses finales del año, coincide con la época en que se reportan los movimientos del suelo, o por lo menos, aquella en que se presentaron los movimientos que dieron origen a la reubicación de varias familias cuyas viviendas se afectaron seriamente. Por esta razón, se decidió adelantar un análisis de precipitaciones diarias correspondientes a varios días consecutivos a partir del mes de septiembre, con el fin de evaluar la persistencia de la precipitación, los valores correspondientes a varios días consecutivos con lluvia tanto para la serie completa de información, como para este mismo período (septiembre-diciembre) se contrastaron, tal como se presenta más adelante.

4.5 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN DIARIA

Los análisis realizados sobre la precipitación cubrieron tres aspectos diferentes, con los cuales se pretende determinar la magnitud de la ocurrida durante los días anteriores a la presentación de los deslizamientos de 2008 y establecer la comparación de estos valores con los ocurridos para el mismo número de días anteriores a esta fecha durante todo el período de registro de la estación Juan Rey. Así mismo, se pretende comparar los primeros de los citados, con los

máximos de diferente período de retorno para el período de registro, 1990-2008, ocurridos durante los meses de septiembre a diciembre.

El primer análisis se adelantó con el ánimo de determinar la magnitud de la precipitación ocurrida en los días previos al 6 y al 20 de diciembre de 2008, fechas en las cuales, de acuerdo con la información suministrada por el DPAE, tuvieron ocurrencia los últimos llamados de alerta por deslizamientos en el área. Dentro de este orden de ideas se analizaron los valores correspondientes a 5, 10, 15, 20, 30 y 45 días antecedentes a estas fechas.

Los resultados se aprecian en la tabla siguiente.

Tabla 4-2 Análisis de precipitación diaria antecedente al 6 y 20 de diciembre de 2008

PRECIPITACION ANTECEDENTE HASTA 6 DE DICIEMBRE DE 2008 (mm)					
5 DIAS	10 DÍAS	15 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	45 DIAS
23.8	60.8	86.9	158.5	218.8	291
PRECIPITACION ANTECEDENTE HASTA 20 DE DICIEMBRE DE 2008 (mm)					
5 DIAS	10 DÍAS	15 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	45 DIAS
32.6	48.1	58.8	83.2	218.8	280

En el segundo tipo de análisis se determinó la precipitación antecedente al seis de diciembre, para cinco, diez, quince, veinte, treinta y cuarenta y cinco días consecutivos, correspondiente a cada uno de los años de registro correspondientes al período completo de registro. Los valores obtenidos de este análisis se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4-3 Valores de P antecedentes al 06 de diciembre para todo el periodo (mm)

AÑO	NUMERO DE DIAS CONSECUTIVOS					
	5	10	15	20	30	45
	PRECIPITACION (mm)					
1990	52.7	62.4	17.1	95.7	95.7	204.9
1991	0	1	48.5	37.7	111	126.2
1992	8.4	56.3	72.1	100.6	148.4	162.9
1993	2.7	67.6	76	98.5	145.9	169.4
1994	0	5.9	25.4	72.6	90	122.9
1995	13.5	15.9	18.4	23	23	110.8
1996	37.4	59.8	82.8	89.6	140.3	168.4
1997	1.6	21.5	38.9	44.5	114.5	124.7
1998	25	35.4	56.4	57.6	72.1	169
1999	31.7	32.8	42.3	91.7	91.7	232
2000	8	3.4	8.4	23.9	48.7	147.8
2001	21.4	47.1	47.7	47.8	59.5	136
2002	12.9	1.9	13.7	18	35.1	114.7
2003	49.4	101	153.2	165.6	204.7	243.7
2004	3.8	32.5	34.6	68.5	139.7	269

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

AÑO	NUMERO DE DIAS CONSECUTIVOS					
	5	10	15	20	30	45
	PRECIPITACION (mm)					
2005	12.8	15.3	47.7	53.2	125.5	219
2006						
2007	10.6	12.2	18.3	28.3	64.4	124.2
2008	23.8	60.8	86.9	158.5	218.8	291
MAXIMO	52.7	101	153.2	165.8	218.8	269
PROMEDIO	17.54	35.16	49.36	70.85	107.17	174.3

Finalmente, para el período comprendido entre los meses de septiembre a diciembre se determinaron los valores correspondientes al mismo número de días consecutivos para los cuales se adelantaron los análisis anteriores. Con este propósito se tomó la serie de valores diarios de los años 1990 a 2008.

La serie de los valores máximos anuales de precipitación para 5, 10, 15, 20, 30 y 45 días consecutivos con lluvia del período antes citado se sometió, a análisis de frecuencia mediante su ajuste a distribuciones teóricas. La de mejor ajuste resultó ser la Log Pearson III. Los resultados de este análisis se muestra en las figuras anexas, y en los cuadros bajo las mismas, aparecen los valores de precipitación para diferentes períodos de recurrencia

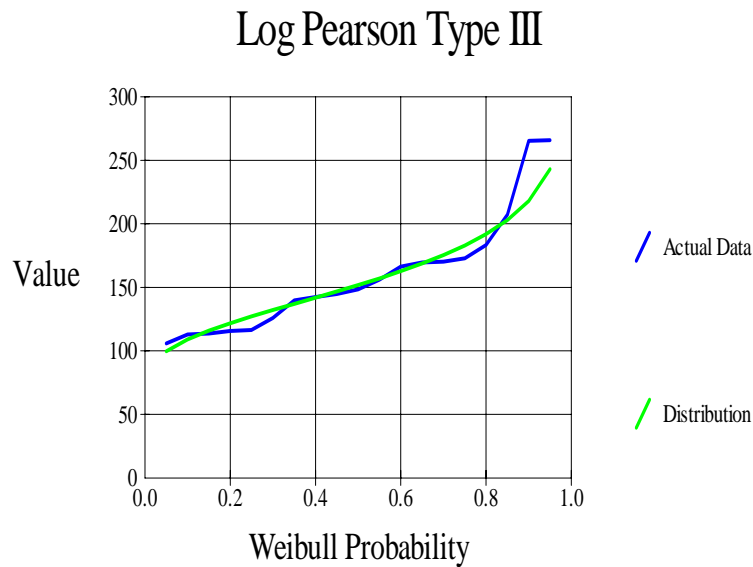


Figura 4-2 Curva de distribución de frecuencias Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para treinta días consecutivos serie 1990-2008

Tabla 4-4 Análisis de frecuencia distribución Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para treinta días consecutivos serie 1990-2008

probabilidad de excedencia	período de retorno (años)	valor calculado (mm)	desviación estándar
0.995	200	324.7	72.93
0.99	100	300.0	56.87
0.98	50	275.5	43.15
0.96	25	251.0	31.76
0.9	10	218.1	20.41
0.8	5	191.9	14.73
0.667	3	170.9	11.96
0.5	2	151.8	10.24

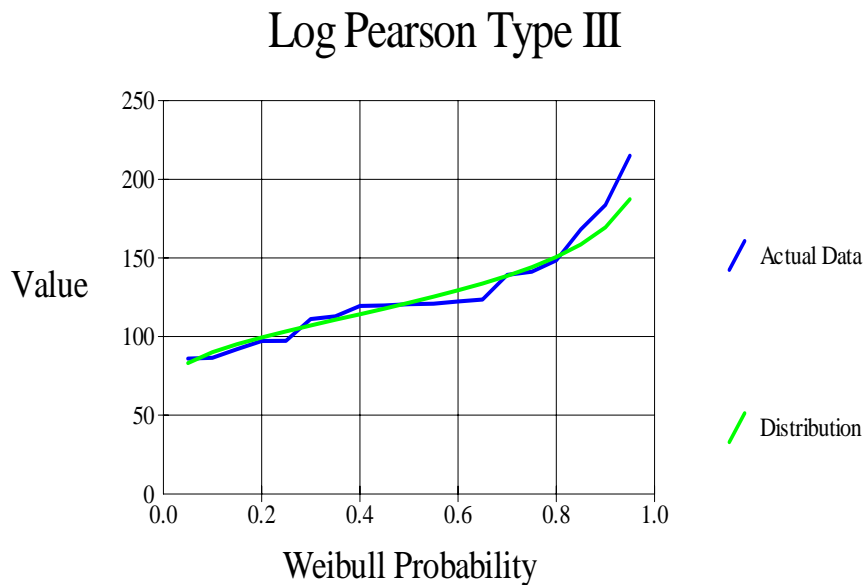


Figura 4-3 Curva de distribución de frecuencias Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para veinte días consecutivos serie 1990-2008

Tabla 4-5 Análisis de frecuencia distribución Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para veinte días consecutivos serie 1990-2008

probabilidad de excedencia	período de retorno (años)	valor calculado (mm)	desviación estándar
0.995	200	245.59	51.72
0.99	100	227.98	40.48
0.98	50	210.51	30.83
0.96	25	193.02	22.77
0.9	10	169.42	14.69
0.8	5	150.55	10.63
0.667	3	135.36	8.68
0.5	2	121.49	7.47

Log Pearson Type III

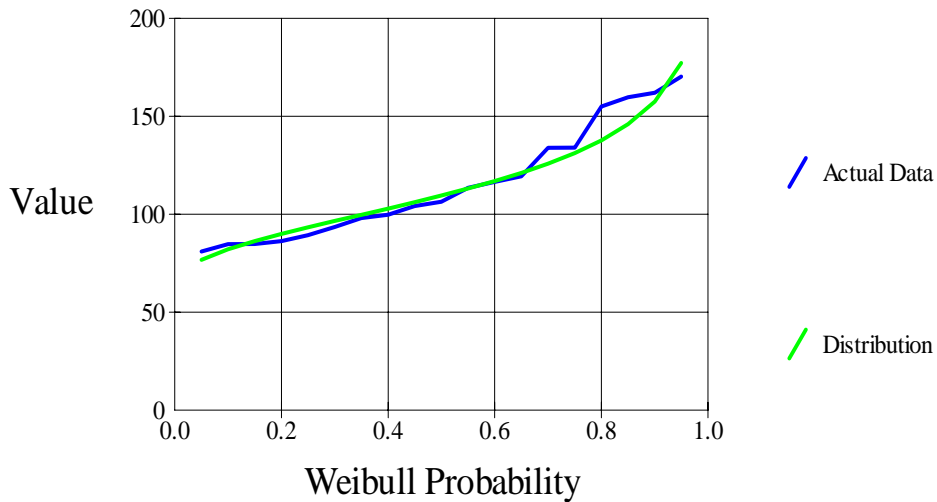


Figura 4-4 Curva de distribución de frecuencias Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para quince días consecutivos serie 1990-2008

Tabla 4-6 Análisis de frecuencia distribución Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para quince días consecutivos serie 1990-2008

probabilidad de excedencia	período de retorno (años)	valor calculado (mm)	desviación estándar
0.995	200	247.50	67.99
0.99	100	225.22	51.34
0.98	50	203.96	37.58
0.96	25	183.55	26.52
0.9	10	157.41	15.88
0.8	5	137.70	10.82
0.667	3	122.61	8.52
0.5	2	109.48	7.11

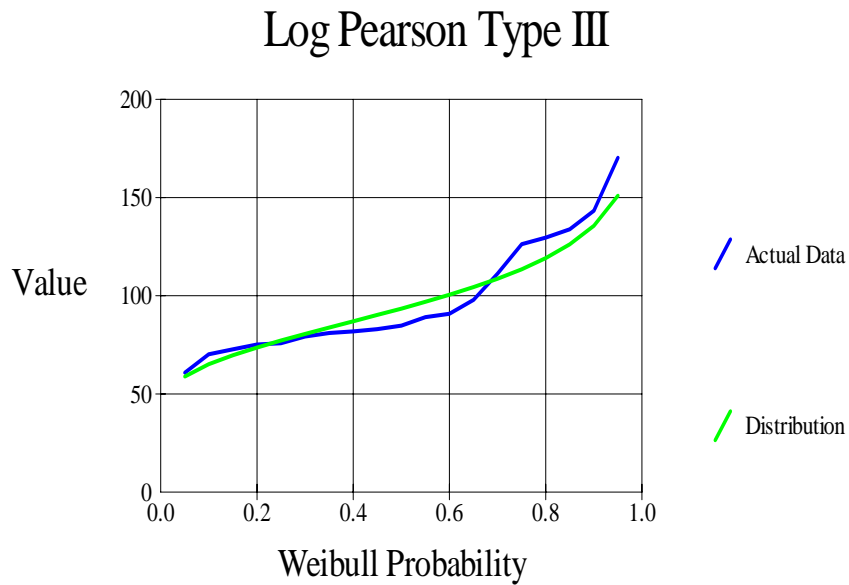


Figura 4-5 Curva de distribución de frecuencias Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para diez días consecutivos serie 1990-2008

Tabla 4-7 Análisis de frecuencia distribución Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para diez días consecutivos serie 1990-2008

probabilidad de excedencia	período de retorno (años)	valor calculado (mm)	desviación estándar
0.995	200	199.47	42.79
0.99	100	185.00	33.65
0.98	50	170.46	25.77
0.96	25	155.72	19.19
0.9	10	135.53	12.62
0.8	5	119.14	9.32
0.667	3	105.76	7.68
0.5	2	93.43	6.63

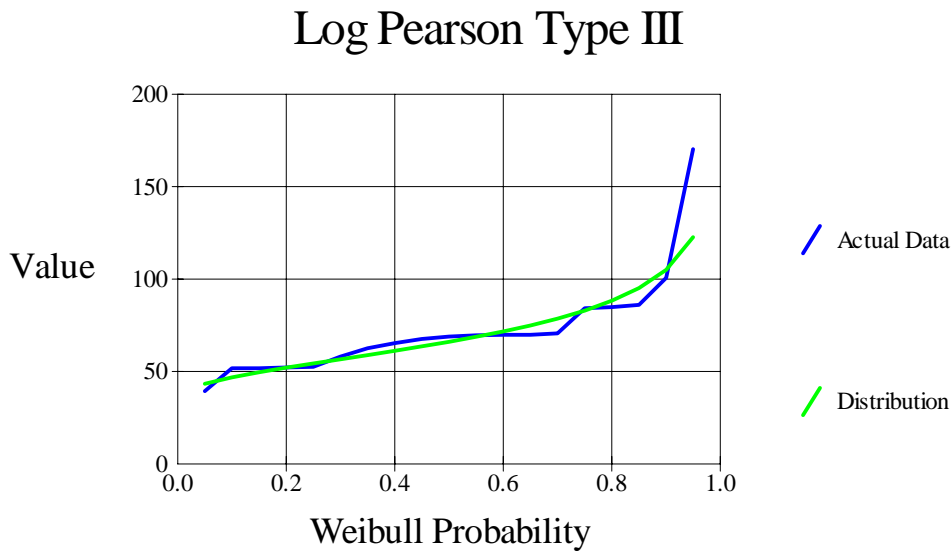


Figura 4-6 Curva de distribución de frecuencias Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para cinco días consecutivos serie 1990-2008

Tabla 4-8 Análisis de frecuencia distribución Log Pearson Tipo III valores máximos de precipitación para cinco días consecutivos serie 1990-2008

probabilidad de excedencia	período de retorno (años)	valor calculado (mm)	desviación estándar
0.995	200	192.87	74.76
0.99	100	169.52	53.87
0.98	50	148.20	37.55
0.96	25	128.64	25.15
0.9	10	104.97	13.95
0.8	5	88.21	8.96
0.667	3	76.06	6.78
0.5	2	66.01	5.44

De las tablas y figuras antes citadas se extractan los valores siguientes para el número de días y período de recurrencia indicados.

Tabla 4-9 Valores máximos de precipitación para diferentes periodos de retorno y número de días

Tr (AÑOS)	NUMERO DE DIAS CONSECUTIVOS CON LLUVIA					
	5	10	15	20	30	45
200	192.3	199.4	247.5	245.6	324.7	443
100	169.5	185	225.2	228	300	409
50	148.2	170.5	204	210.5	275.5	376
25	128.6	155.2	183.6	193	251	341
10	105.1	135.5	157.4	169.4	218.1	296
5	86.2	119.1	137.7	150.6	191.9	259
3	76.1	105.8	122.6	135.4	170.9	229
2	66	93.4	109.5	121.5	151.8	202

De la comparación de la precipitación antecedente al seis de diciembre de 2008 con la obtenida para diferentes períodos de recurrencia durante el período húmedo del año, septiembre-diciembre, se observa que la correspondiente a cinco, diez y quince días antecedentes es inferior a la de ocurrencia de cinco años. La de veinte días muestra valores superiores a la de esta recurrencia, pero inferiores a los de diez años de retorno.

Adicionalmente, si observamos la forma como ha variado la precipitación antecedente al seis de diciembre de 2008 durante el período 1990-2008, podemos ver que la ocurrida durante el año de 2008 para cinco, diez, quince, veinte y treinta días consecutivos, tan sólo ha sido superada cinco, tres, una y ninguna veces, respectivamente, durante el período mencionado. Esta circunstancia se puede apreciar en la tabla siguiente.

Tabla 4-10 Valores antecedentes de precipitación al 06 de diciembre de 2008 para todo el periodo

AÑO	NUMERO DE DIAS CONSECUTIVOS					
	5	10	15	20	30	45
	PRECIPITACION (mm)					
1990	52.7	62.4	17.1	95.7	95.7	204.9
1991	0	1	48.5	37.7	111	126.2
1992	8.4	56.3	72.1	100.6	148.4	162.9
1993	2.7	67.6	76	98.5	145.9	169.4
1994	0	5.9	25.4	72.6	90	122.9
1995	13.5	15.9	18.4	23	23	110.8
1996	37.4	59.8	82.8	89.6	140.3	168.4
1997	1.6	21.5	38.9	44.5	114.5	124.7
1998	25	35.4	56.4	57.6	72.1	169
1999	31.7	32.8	42.3	91.7	91.7	232
2000	8	3.4	8.4	23.9	48.7	147.8
2001	21.4	47.1	47.7	47.8	59.5	136
2002	12.9	1.9	13.7	18	35.1	114.7
2003	49.4	101	153.2	165.6	204.7	243.7
2004	3.8	32.5	34.6	68.5	139.7	269
2005	12.8	15.3	47.7	53.2	125.5	219
2006						
2007	10.6	12.2	18.3	28.3	64.4	124.2
2008	23.8	60.8	86.9	158.5	218.8	291
MAXIMO	52.7	101	153.2	165.8	218.8	269
PROMEDIO	17.54	35.16	49.36	70.85	107.17	174.3

Al comparar los valores de la precipitación antecedente al seis de diciembre en el período 1990-2008, con la antecedente a esta misma fecha del año 2008 podemos ver que la ocurrida durante este año para cinco, diez, quince y veinte días consecutivos, fue inferior a la máxima de todo el período de registro. Es importante anotar que la ocurrida en treinta días consecutivos antecedentes al seis de diciembre de 2008, corresponde a la máxima de todo el período para este mismo número de días. El segundo valor más alto, 205 mm, corresponde al año 2003.

De la comparación de la precipitación antecedente al seis de diciembre de 2008 con la obtenida para diferentes períodos de recurrencia durante el período húmedo del año, septiembre-diciembre, se observa que la correspondiente a cinco, diez y quince días antecedentes es inferior a la de recurrencia de cinco años. La de veinte días muestra valores superiores a la de esta recurrencia, pero inferiores a los de diez años de retorno.

Es importante anotar que la precipitación ocurrida en treinta días consecutivos antes del seis de diciembre de 2008, coincide con la de diez años de recurrencia.

En la tabla siguiente se presentan a manera de comparación los valores antes citados.

Tabla 4-11 Valores comparativos de la precipitación antecedente al 6 de diciembre de 2008

IDENTIFICACION	5 DIAS	10 DIAS	15 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	45
dic-08	23.8	60.8	86.9	158.5	218.8	291
Max 1990-2008	52.7	101	153.2	165.8	218.8	363
T _R 2 años	66	93.4	109.5	121.5	151.8	202
T _R 5 años	86.2	119.1	137.7	150.6	191.9	259
T _R 10 años	105.1	135.5	157.4	169.4	218.1	296

4.6 CONCLUSION

De los resultados obtenidos de los análisis anteriores, se llega a conclusiones interesantes con respecto al efecto de la precipitación ocurrida durante el mes de diciembre de 2008:

En primer término, se observa que los valores de precipitación antecedente al 6 de diciembre de 2008 son en todos los casos, es decir, para 5 hasta 20 días consecutivos con precipitación, inferiores a los correspondientes a períodos de recurrencia de 10 años para toda la serie de registro. Únicamente superan los valores correspondientes a dos años de recurrencia para 20 días consecutivos con lluvia.

Por otra parte, la precipitación acumulada durante 30 días antecedentes al 6 de diciembre presenta un valor igual al de 10 años de recurrencia.

De lo consignado anteriormente, se puede establecer que la precipitación ocurrida con anterioridad al 6 de diciembre de 2008 no presenta valores de magnitud extraordinaria y que tan sólo para duración de 30 días tiene una recurrencia de 10 años, si se compara con la resultante del análisis de los registros completos. Esta circunstancia conduce a concluir que la

precipitación no fue un elemento significativo o que haya tenido un efecto decisivo en los procesos de remoción en masa que ocurrieron en el mes de diciembre de 2008.

5 ASPECTOS SISMOLÓGICOS

De acuerdo con la “Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá”, el área del estudio ubicada en los barrios Yopal (El Pedregal) y San Juan de Usme se encuentran en la zona 2B “Piedemonte Sur”, cuyo valor de aceleración horizontal pico máxima en superficie, $A_{mh\max}$, es de $0.30g$, para una excedencia del 10% con una vida útil de 50 años y un periodo de retorno de 475 años. En la eventual ocurrencia del sismo de diseño se generarán daños importantes en las viviendas.

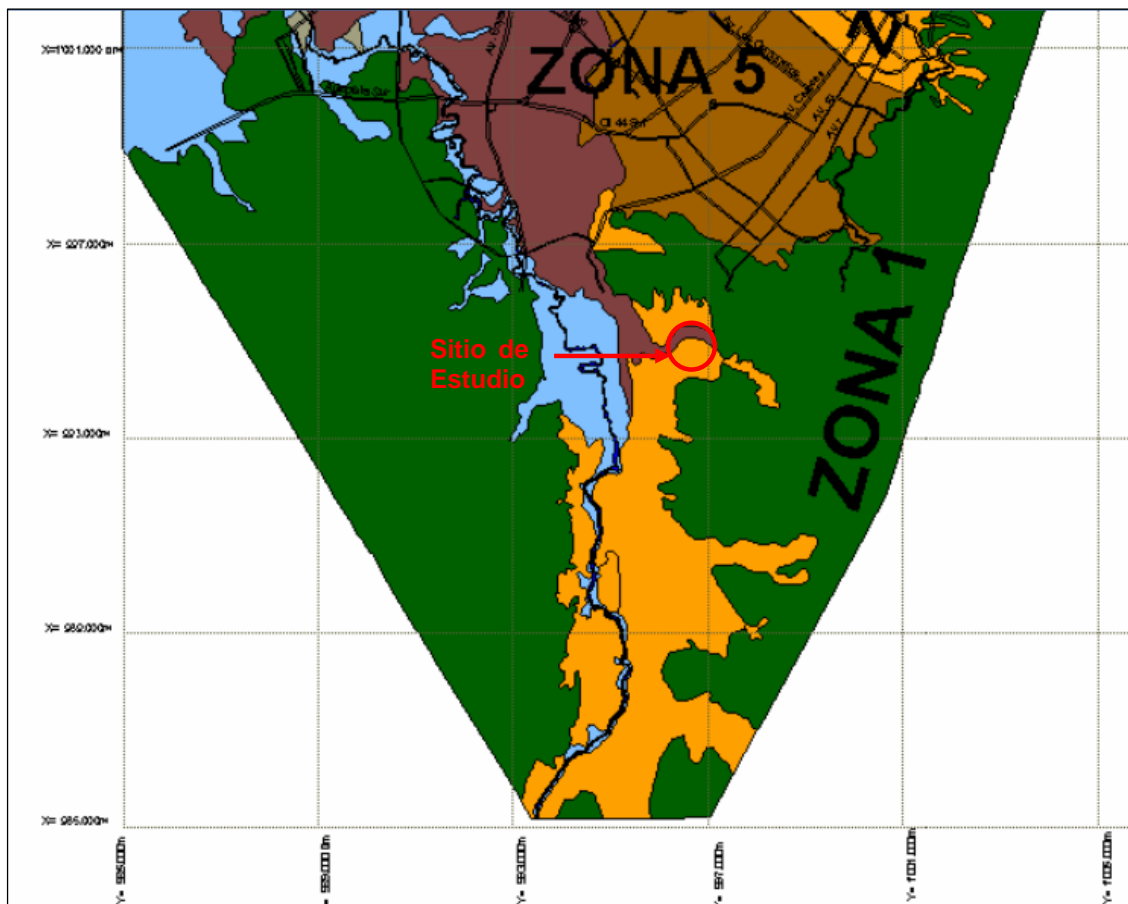


Figura 5-1 Zona de estudio en mapa de microzonificación sísmica

Se hizo la revisión de reportes históricos de emergencias en la zona de estudio causados por el sismo de Quetame ocurrido el día 28 de mayo de 2008 y no se reporta ningún caso en que a causa del sismo se hayan presentado daños en las viviendas.

De igual manera se consultó el catalogo de sismos y no se identificaron eventos sísmicos cercanos que hayan desencadenado la emergencia del 06 de diciembre de 2008.

6 COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO

En la zona de estudio se encuentran algunos sectores con falta de cobertura vegetal debido a que en el pasado se llevaron a cabo actividades de extracción minera y posteriormente no se desarrolló un programa de cierre ambiental.



Fotografía 6-1 Antigua frente explotación de materiales

En las antiguas zonas de explotación de materiales se inició la construcción de viviendas, para lo cual se hizo necesaria la realización de algunos cortes antrópicos de hasta 3 ó 4m de altura con el propósito de adecuar el terreno.

Hacia la zona suroriental del área de estudio se aprecian zonas sin cobertura que han favorecido la generación de problemas de erosión sobre los materiales de las formaciones Marichuela y Usme.

Con base en el reconocimiento de campo y la revisión preliminar de fotografías aéreas se pueden identificar las siguientes categorías de cobertura y uso actual del suelo.

6.1 TIERRAS CON PASTOS

Los pastos corresponden a una cobertura vegetal caracterizada por vegetación baja compuesta por gramíneas y yerbas.

Asociado a la cobertura del suelo con pastos se encuentra un uso del suelo para protección (P1-2/b). Estos pastos se encuentran para evitar y controlar procesos erosivos.

6.2 TIERRAS EDIFICADAS

Hace referencia a áreas de uso intensivo cubiertas por obras de ingeniería que soportan las actividades del hombre como vivienda, vías de comunicación, etc. Aproximadamente un 60% del área de estudio se encuentra construido.

6.3 SIN COBERTURA

Corresponde a zonas que presentan limitaciones para el crecimiento de vegetación debido la extracción minera. El uso asociado corresponde a la explotación de materiales. En los alrededores del barrio Yopal se pueden apreciar frentes de explotación de materiales arcillosos para las ladrilleras que funcionan en la zona.

7 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las características y propiedades mecánicas del subsuelo se adelantaron una serie de actividades de exploración que consistieron en perforaciones mecánicas, apiques, trincheras y líneas de dispersión de ondas superficiales, así como ensayos de laboratorio.

Posteriormente, se realiza un análisis que conjuga la información de las propiedades obtenidas de acuerdo con los registros de campo, con el análisis geológico y geomorfológico en la zona de estudio y la interpretación de las líneas de dispersión de ondas superficiales y evaluación de campo. Este análisis permitirá determinar las propiedades geomecánicas de cada uno de los materiales encontrados para la elaboración posterior de los modelos de estabilidad de la zona.

7.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

De acuerdo con las condiciones de la zona de estudio, se estableció el plan de exploración que se presenta en el Plano No. 6 con el objeto de establecer las principales condiciones del subsuelo en relación con la distribución de los materiales y su comportamiento mecánico.

El programa de exploración contempló la ejecución de once perforaciones mecánicas, ocho apiques, y cuatro líneas de dispersión de ondas superficiales.

7.1.1 Sondeos Mecánicos

Se ejecutaron 11 perforaciones con profundidad variable, entre 2.9m y 16m, durante las cuales se recuperaron muestras de los materiales encontrados, que permitieron su identificación y caracterización detallada en el laboratorio, así como la determinación de los espesores de los materiales.

Adicionalmente, se ejecutaron pruebas de campo como el ensayo de penetración estándar con el fin de establecer ordenes de magnitud de la resistencia de los materiales, identificar cambios en la rigidez de los materiales y permitir el avance en las perforaciones. Igualmente se recuperaron muestras con tubos de pared delgada –shelby- para la ejecución de ensayos de resistencia como corte directo y compresión inconfiada.

La distribución de las perforaciones mecánicas presentada anteriormente, permitió identificar la secuencia estratigráfica de materiales y corroborar información de geología regional y local.

En el ANEXO C se presentan los registros de cada una de las perforaciones realizadas.

La ubicación de los sondeos y la profundidad se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7-1 Localización de perforaciones

Sondeo	Este (m)	Norte (m)	Profundidad (m)
S-1	95791.8	91616.4	10.30
S-2	95732.0	91734.6	10.30
S-3	95821.6	91799.7	12.10
S-4	95820.2	91727.0	14.65
S-5	95957.7	91811.6	2.9
S-6	95878.4	91760.4	16.00
S-7	95902.4	91704.2	10.80
S-8	95956.5	91833.6	8.00
S-9	95969.8	91781.2	5.95
S-10	95932.4	91689.3	13.45
S-11	95779.6	91737.0	12.00

7.1.2 Pruebas de campo

Durante la ejecución de los sondeos se realizaron ensayos in-situ de penetración estándar (SPT) para controlar cambios estratigráficos y posteriormente se analizó para obtener estimaciones de la resistencia al corte de los suelos encontrados.

7.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre las muestras obtenidas de los sondeos ejecutados se programaron ensayos de clasificación, consolidación y resistencia al corte entre otros ensayos. En la Tabla 7-2 se relacionan las cantidades de ensayos ejecutados:

Tabla 7-2 Cantidades de ensayos de laboratorio programados

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Humedad natural	83
Limites de consistencia	46
Lavado sobre tamiz 200	30
Peso unitario	33
Peso específico de sólidos	13
Compresión inconfiada en suelo	14
Corte directo en suelo	2
Corte directo en roca	5
Compresión inconfiada en roca	12
Carga Puntual	13

En el ANEXO D se presenta la tabla resumen y los ensayos de laboratorio ejecutados.

7.3 EXPLORACIÓN INDIRECTA

Con el propósito de estimar la profundidad a roca, antes de iniciar la exploración directa representada en la ejecución de perforaciones mecánicas, pruebas de campo y ensayos de laboratorio, se programó la ejecución de líneas de dispersión de ondas superficiales con el método ReMi (Refraction Microtremor).

La exploración geofísica por el método ReMi incluyó la realización de cuatro líneas de dispersión de ondas superficiales, localizadas como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 7-3 Localización de dispersión superficial

LINEA SISMICA	DESDE		HASTA		LONGITUD (m)
	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
1	91793.6	95840.4	91716.1	95852.5	78.7
2	91698.0	95856.0	91613.1	95877.1	80.3
3	91770.6	95848.0	91792.4	95923.0	78.3
4	91680.7	95864.8	91720.8	95926.6	77.4

En el ANEXO E se presenta el informe de exploración indirecta mediante líneas de dispersión de ondas superficiales por el método ReMi.

7.4 CARACTERIZACION GEOMECANICA

En lo que sigue se presenta la caracterización de las diferentes propiedades geotécnicas de los materiales encontrados dentro de la exploración del subsuelo, se determinó el perfil promedio del subsuelo y con base en las pruebas de laboratorio se definieron los parámetros de resistencia y deformabilidad del suelo.

Dadas las características del suelo encontrado, en el laboratorio se realizaron básicamente ensayos de humedad natural, límites de consistencia, y granulometrías con el fin de clasificar el suelo. Las condiciones de plasticidad de los materiales son más o menos uniformes predominando los materiales de baja plasticidad.

7.4.1 Humedad Natural y límites de consistencia

En la parte baja de la zona de estudio, en el barrio San Juan de Usme se realizaron dos perforaciones con equipo mecánico, identificadas como S-1 y S-2 las cuales alcanzaron profundidades entre 10.3 y 10.5m.

La variación del contenido de humedad con la profundidad para la perforación S-1, se presenta mediante un incremento en los primeros 7.6m con valores entre 8.1% y 32.8%. A partir de los 7.6m se presentan fluctuaciones, tanto disminución como incremento de humedad y hacia el final de la perforación nuevamente disminuye el contenido de humedad.

En la perforación S-2 se encuentra una alta variabilidad en el contenido de humedad con la profundidad, los valores varían entre 9.2% y 19.7%.

Los materiales identificados, predominantemente presentan baja plasticidad. Sin embargo, se encuentran materiales arcillosos de alta plasticidad entre 3.5 - 4m y entre 6.95-7.6m.

Los límites plásticos de los materiales, en estos dos sondeos varían entre 11.89% y 26.1%. En cuanto a los límites líquidos de los materiales varían entre 21.44% y 61.1%. En la figura que se presenta a continuación, se puede apreciar la variación en profundidad tanto de la humedad natural como de las condiciones de plasticidad de los materiales de los sondeos S-1 y S-2.

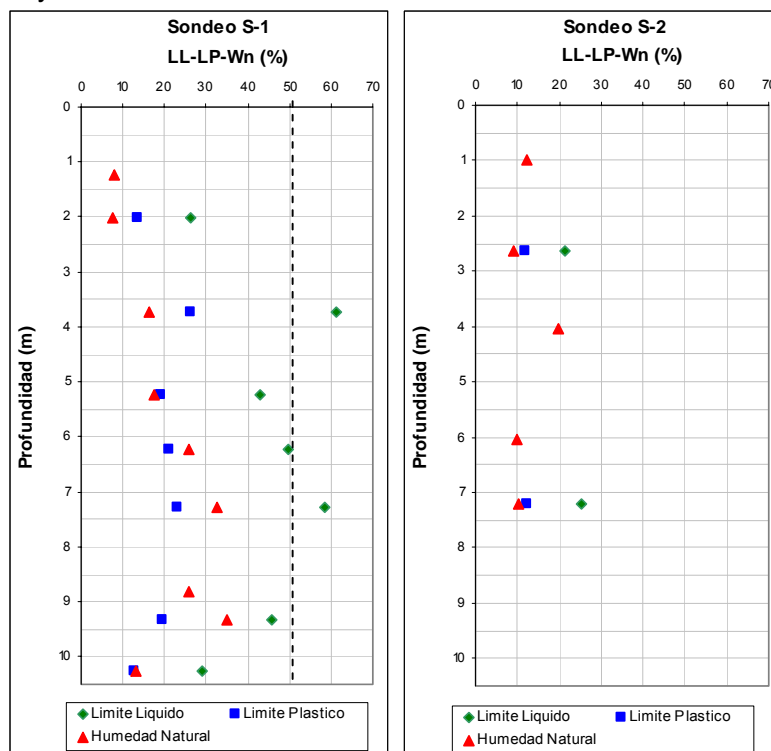


Figura 7-1 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforaciones S-1 y S-2

Entre la Transversal 1B Bis Este y la Carrera 1B Bis Este se realizaron dos perforaciones identificadas como S-3 y S-4, estas alcanzaron profundidades de 12.1m y 14.65m respectivamente.

El contenido de humedad en la perforación S-3 varía entre 11.6% y 22.6%. La variación que se registra en esta perforación no presenta una tendencia de incremento o disminución del contenido de humedad con la profundidad, el comportamiento es alternado con valores altos y valores bajos. Sin embargo, los valores se encuentran dentro de un pequeño rango de variación.

En la perforación S-4, los valores de humedad varían entre 3.5% y 17.8%. Hacia la superficie se registran los mayores contenidos de humedad y estos van disminuyendo con la profundidad hasta los 10m, luego se presenta un leve incremento de la humedad hacia los 11m y finaliza con la disminución del contenido de humedad. El menor valor de humedad se presenta al final de la perforación.

En cuanto a las condiciones de plasticidad de los materiales se puede observar que estos son de baja plasticidad.

Los límites líquidos de los materiales varían entre 25.4% y 42.9%, los valores mas frecuentes se encuentran entre 25% y 28%.

Los límites plásticos para los materiales están entre 12.2% y 17.6%, la variación de esta propiedad es mínima.

En la figura que se presenta a continuación, se puede apreciar la variación en profundidad tanto de la humedad natural como de las condiciones de plasticidad de los materiales de los sondeos S-3 y S-4.

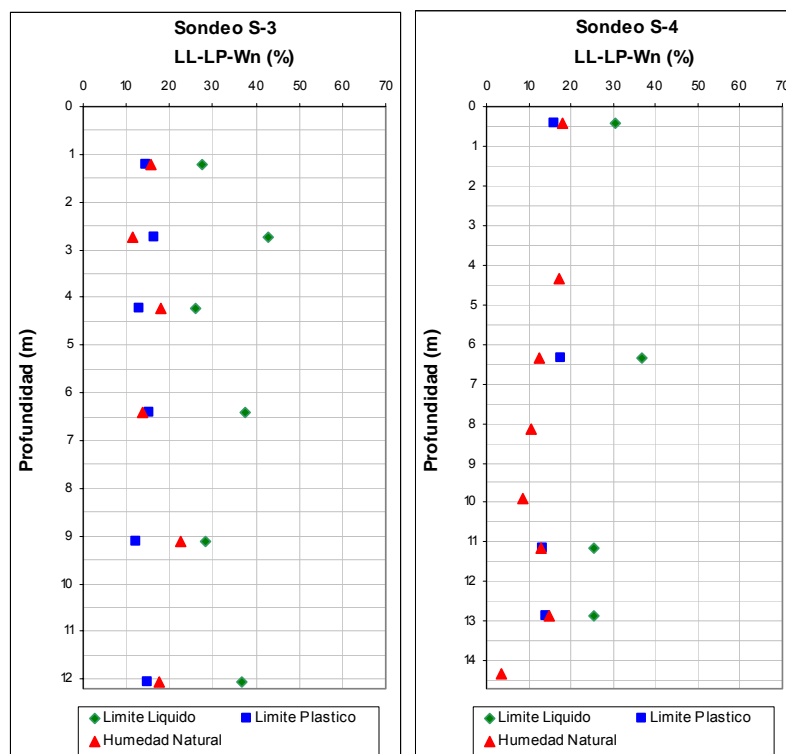


Figura 7-2 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforaciones S-3 y S-4

En el área aledaña a la cancha de baloncesto del barrio Yopal se hizo la perforación S-5 hasta una profundidad de 2.9m.

El contenido de humedad de los materiales de la perforación S-5 varían entre 13.7% y 19.8%, el mayor contenido de humedad se presenta hacia la superficie y disminuye con la profundidad.

Los materiales encontrados en esta perforación presentan baja plasticidad, con un límite líquido de 36.39% y límite plástico de 16.6%.

A continuación se presenta la figura con los valores de humedad y límites de consistencia para los materiales de la perforación S-5.

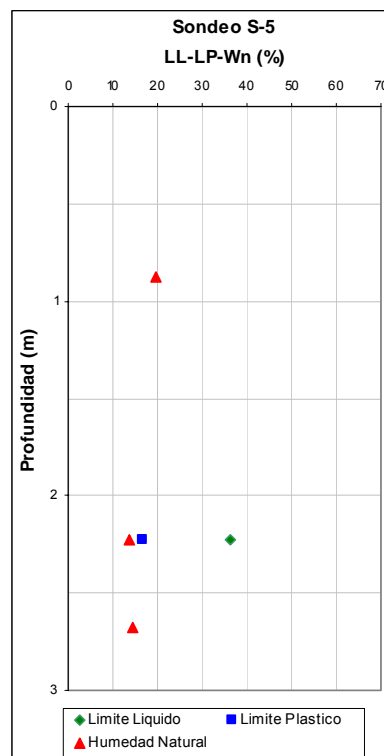


Figura 7-3 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforación S-5

Hacia la parte intermedia de la zona de estudio se realizaron las perforaciones S-6 y S-7, alcanzando profundidades de 16.0m y 10.8m respectivamente.

El contenido de humedad en la perforación S-6 varía entre 2.7% y 16.1%, se encuentra que hacia la superficie registra el mayor contenido de humedad y disminuye entre los 7.0 - 7.9m a un valor de 2.7%, a partir de esta profundidad se incrementa ligeramente el contenido de humedad entre 8.7 - 9.15m a un valor de 9.3%.

En la perforación S-7 se encuentra que el contenido de humedad varía entre 4.9% y 21.7%. Se aprecia que hacia la superficie se encuentran los menores valores de humedad y estos se incrementan con la profundidad a los 2.45m hasta un valor de 21.7%,

posteriormente hacia los 4m se registra un valor bajo de humedad (8.4%) y nuevamente se incrementa hacia los 8.6m a un valor de 24%.

En cuanto a las condiciones de plasticidad de los materiales, se aprecia que estos son predominantemente de baja plasticidad. Sin embargo, en la perforación S-7 entre 8.6 y 9.0m se encontró un límite líquido ligeramente por encima del 50% valor que marca la frontera entre baja y alta plasticidad.

Los límites plásticos de los materiales varían entre 11.65% y 23.69%. Los índices de plasticidad de los materiales que presentan baja plasticidad varían entre 9.7% y 10.6%, mientras el material que exhibe alta plasticidad tiene un IP de 26.6%.

A continuación se presenta la figura con los valores de humedad y límites de consistencia para los materiales de las perforaciones S-6 y S-7.

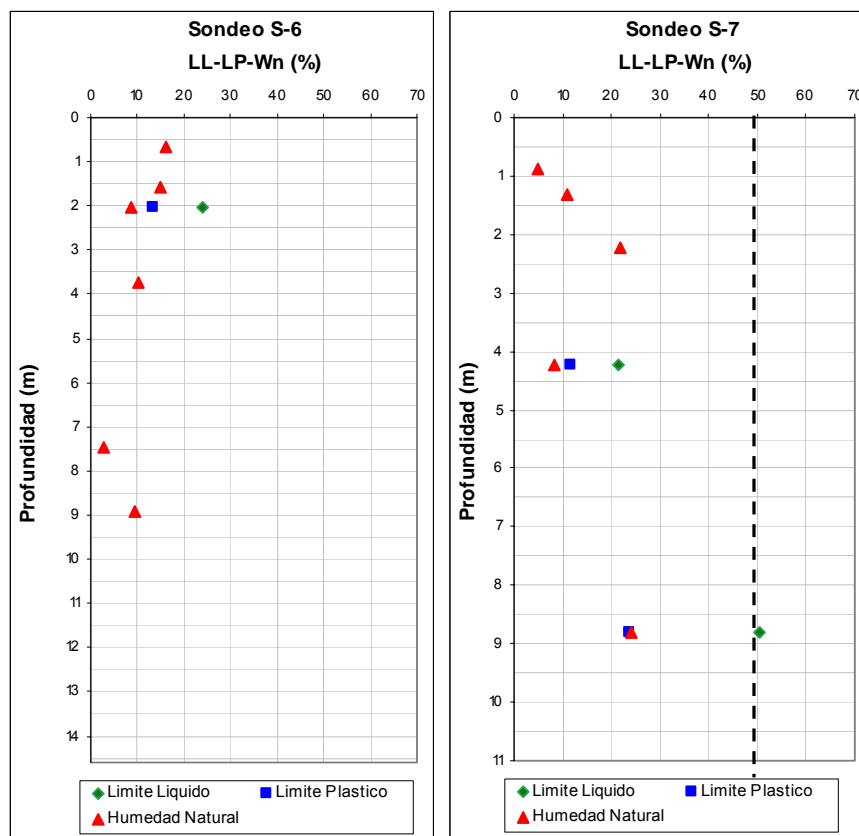


Figura 7-4 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforaciones S-6 y S-7

Hacia la parte alta de la zona de estudio, hasta donde se han presentado evidencias de movimiento se realizaron las perforaciones S-8 y S-9, alcanzando profundidades de 8m y 5.95m respectivamente.

En la perforación S-8 la humedad natural de los materiales varía entre 6.3% y 20.3%. El menor contenido de humedad se presenta hacia la superficie, luego se aprecia un incremento de la humedad con la profundidad hasta los 3.5m aproximadamente y a partir de este nivel se observa una disminución de la humedad natural con la profundidad hasta los 8m donde se tiene un valor de 9.6%.

En la perforación S-9 el contenido de humedad varia entre 9.8% y 19.2%, hacia la superficie se encuentra el menor valor de humedad y no se registran variaciones importantes con la profundidad.

Las condiciones de plasticidad de los materiales son más o menos uniformes, predominan arcillas de baja plasticidad. Sin embargo, en la perforación S-8 hacia los 4m se encuentra una arcilla de alta plasticidad en el límite con las de baja plasticidad. El límite líquido de los materiales a partir de los 4m presenta una disminución en sus valores con la profundidad. Al comparar la variación de la humedad natural con la profundidad y del límite líquido con la profundidad se aprecia que el límite líquido presenta una tasa mayor de variación.

En cuanto al límite plástico se puede observar que este varía entre 10.5% y 22.1%, los valores son ligeramente mayores al contenido de humedad, por lo tanto los materiales se comportan de forma plástica.

A continuación se presenta la figura con los valores de humedad y límites de consistencia para los materiales de las perforaciones S-8 y S-9.

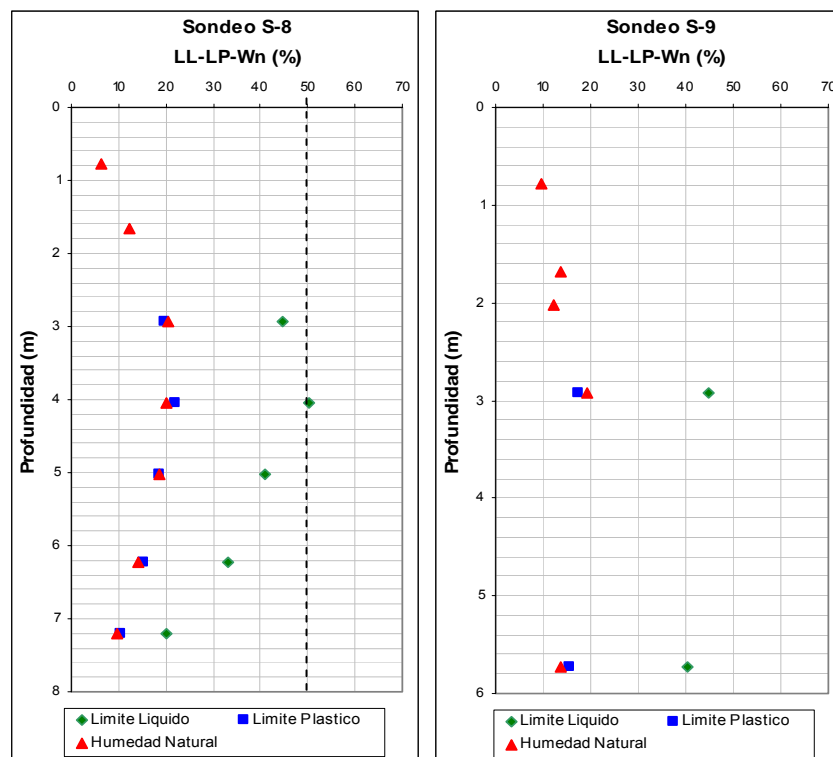


Figura 7-5 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforaciones S-8 y S-9

Hacia la parte sureste del barrio Yopal se realizó la perforación S-10 hasta una profundidad de 13.45m

El contenido de humedad de los materiales varía entre 4.1% y 33.4%. La mayor humedad natural se registra en una muestra recuperada hacia la superficie. A 0.9m se presentan los más bajos contenidos de humedad (4.1%) y estos se van incrementando con la profundidad hasta alcanzar valores de 24.5% a los 13m. Se observa un comportamiento algo atípico en los materiales del primer metro porque la primera muestra es la que presenta el mayor contenido de humedad y en la siguiente muestra es donde se registra la menor humedad natural, esto probablemente ocurre debido a la presencia de cobertura vegetal.

En cuanto a las condiciones de plasticidad los materiales son bastante homogéneos, corresponden con arcillas de baja plasticidad. El límite líquido de estos es de 17.55%, con un índice de plasticidad de 6.19%.

A continuación se presenta la figura con los valores de humedad y límites de consistencia para los materiales de la perforación S-10.

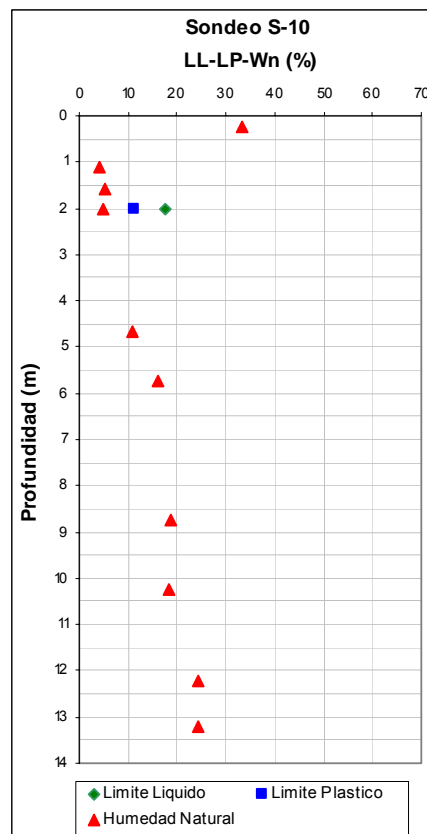


Figura 7-6 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad perforación S-10

Como se indicó anteriormente, los materiales explorados en la totalidad de las perforaciones presentan baja plasticidad. Los resultados de laboratorio reportan la presencia de arcillas de baja plasticidad (CL), en algunos pocos casos se encontró arcillas de alta plasticidad (CH) con valores de limite liquido ligeramente por encima de 50%.

El índice de plasticidad de los materiales explorados varían entre 6.1% y 35.2%, no se aprecia una variación de esta propiedad con la profundidad. En cuanto a la humedad natural se observa que para la totalidad de los materiales recuperados de las perforaciones, esta siempre se encuentra por debajo del límite plástico, por lo tanto su comportamiento es plástico.

En la Figura 7-7 se presenta la Carta de Plasticidad de Casagrande con los resultados de los ensayos de límites de consistencia.

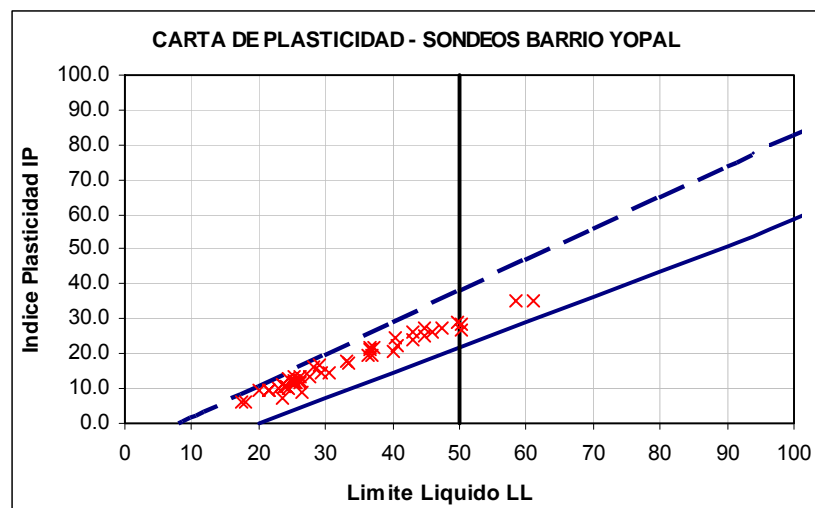


Figura 7-7 Carta de plasticidad de los materiales encontrados

7.4.2 Distribución Granulométrica

En la perforación S-1 para los primeros 2m se encuentra que los materiales son predominantemente finos con un 56.8%, la fracción arenas es del 36.2% y las gravas son de tan solo el 7%.

En la perforación S-2 se aprecia que hacia la superficie los materiales presentan un 40.5% del tamaño arenas, un 34.4% de la fracción fina y un 25.1% del tamaño gravas. A los 3.8m se encuentran materiales predominantemente finos con un 52%, la fracción de arena es del 41.2% y las gravas son el 6.6%.

En la Figura 7-8 se presenta la variación de la gradación en función de la profundidad para las perforaciones S-1 y S-2.

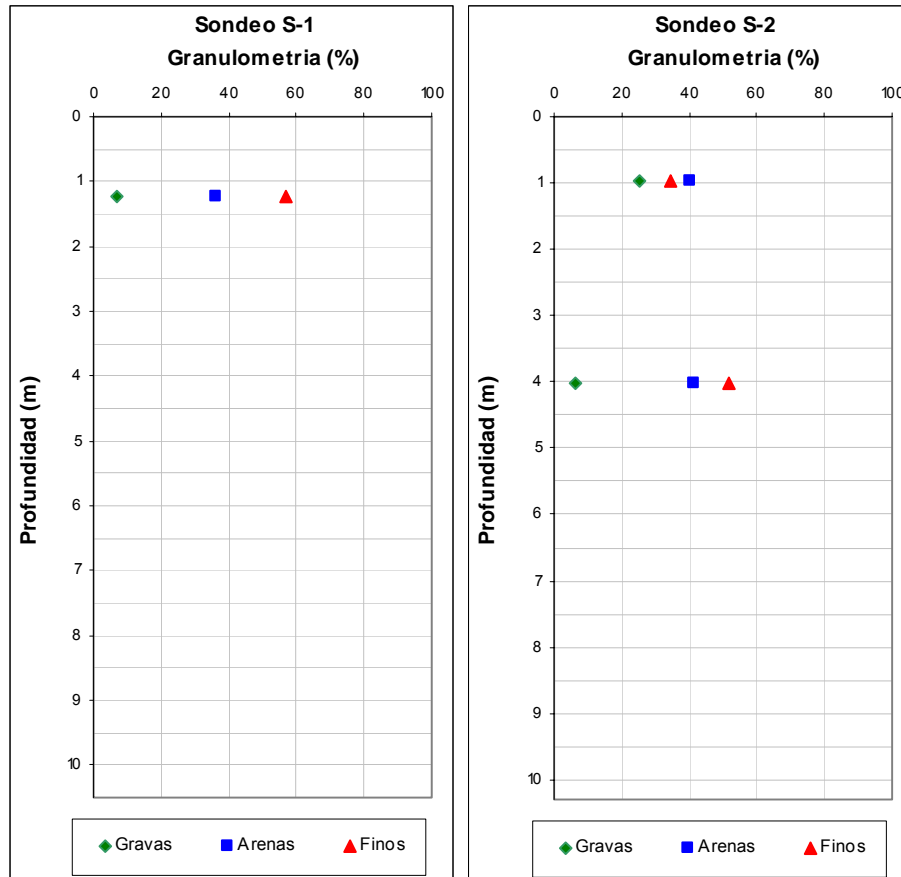


Figura 7-8 Porcentaje de Gravas, Arenas y Finos con la profundidad perforaciones S-1 y S-2

En la perforación S-5 sobre el material mas superficial se encontró que predomina la fracción fina con un 54.5%, la fracción del tamaño arenas es de 38.6% y el tamaño gravas es de 6.9%.

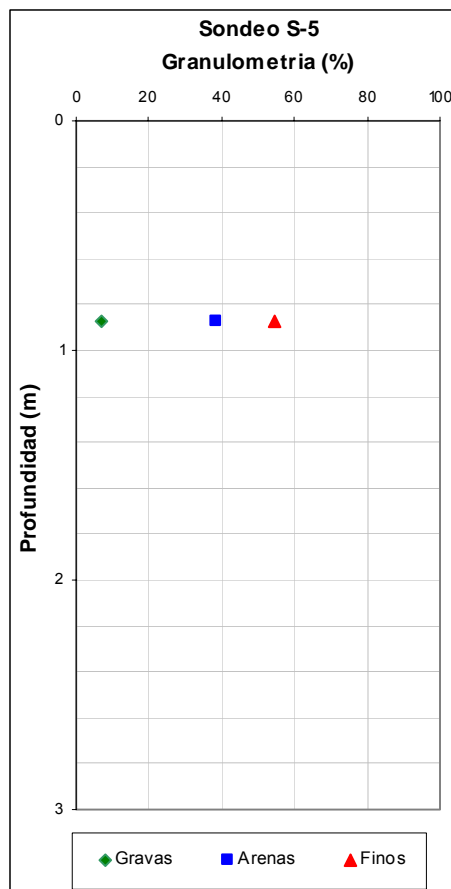


Figura 7-9 Porcentaje de Gravas, Arenas y Finos con la profundidad perforación S-5

En la perforación S-6 para los materiales mas superficiales hasta 1m, se aprecia que la fracción fina corresponde al 47.2%, el tamaño arenas es de 42% y el tamaño gravas es de 10.8%. Hacia los 3.5m de profundidad se encontró que predomina la fracción del tamaño arenas con un 64.5%, la fracción fina es de 23.9% y el tamaño gravas es de 11.6%. A partir de 8.7m de profundidad los materiales predominantes son del tamaño gravas con el 47.7%, la fracción para el tamaño arenas es de 36.4% y la fracción fina es del 15.9%. En esta perforación se aprecia que hacia la superficie se encuentra la menor cantidad de gravas y con la profundidad se presenta un incremento en el porcentaje de estas. De forma simultánea se observa una disminución en la fracción de finos.

En la perforación S-7 se aprecia un comportamiento similar al observado en S-6. Hacia la superficie se observa que el tamaño gravas es de 21.4%, la fracción para el tamaño arenas es de 43.7% y la fracción fina es de 34.9%. A los 4.0m predomina la fracción del tamaño gravas con el 55.1%, el tamaño arenas es del 28.4% y la fracción fina es de 16.5%.

En la Figura 7-10 se presenta la variación de la gradación en función de la profundidad para las perforaciones S-6 y S-7.

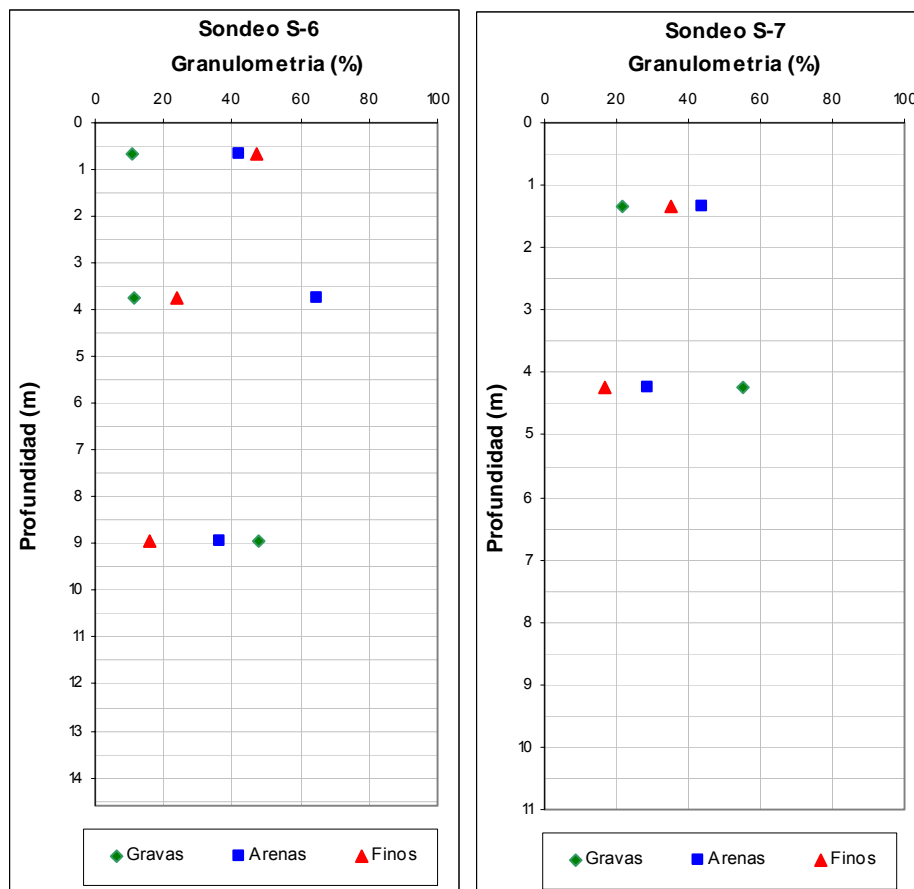


Figura 7-10 Porcentaje de Gravas, Arenas y Finos con la profundidad perforaciones S-6 y S-7

En los materiales de la perforación S-8 se aprecia que hacia la superficie predomina la fracción para el tamaño arenas con el 45.7%, la fracción fina es de 38.5% y las gravas son el 15.4%. Hacia 1.45m de profundidad predomina la fracción para el tamaño gravas con el 42.5%, para el tamaño arenas se tiene el 40.5% y los finos son de 16.7%. Se aprecia que el porcentaje de material para el tamaño arenas es aproximadamente constante en los primeros metros de la perforación.

En la perforación S-9 se encuentra que la fracción para el tamaño gravas es de 48.2%, el tamaño arenas es de 27.3% y la fracción fina es de 24.4%.

En la Figura 7-11 se presenta la variación de la gradación en función de la profundidad para las perforaciones S-8 y S-9.

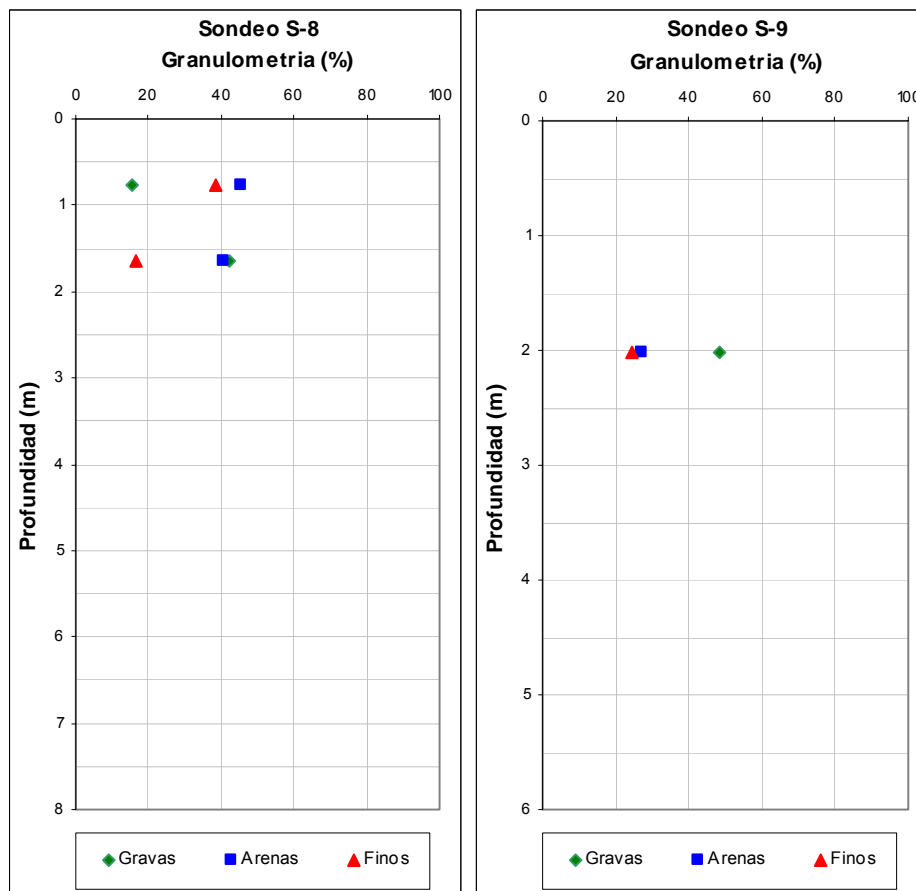


Figura 7-11 Porcentaje de Gravas, Arenas y Finos con la profundidad perforaciones S-8 y S-9

En la perforación S-10 se aprecia que en los primeros 2.5m de profundidad la fracción fina no presenta una variación importante y es del 38% aproximadamente, posteriormente se presenta un incremento de los finos con la profundidad, al final de la exploración realizada solamente se reporta material fino.

Para la fracción del tamaño arenas se encuentra que en superficie, ésta es la que predomina en los primeros 2m alcanzando valores de hasta el 62.5%. A partir de los 2m se aprecia una disminución con la profundidad para las partículas del tamaño arenas.

La fracción para el tamaño gravas hacia la superficie es del 22.8%, luego disminuye con la profundidad hasta los 5m. Se presenta un leve incremento en la fracción de gravas hasta los 9m de profundidad y posteriormente no se reporta la presencia de gravas.

En la Figura 7-12 se presenta la variación de la gradación en función de la profundidad para los materiales de la perforación S-10.

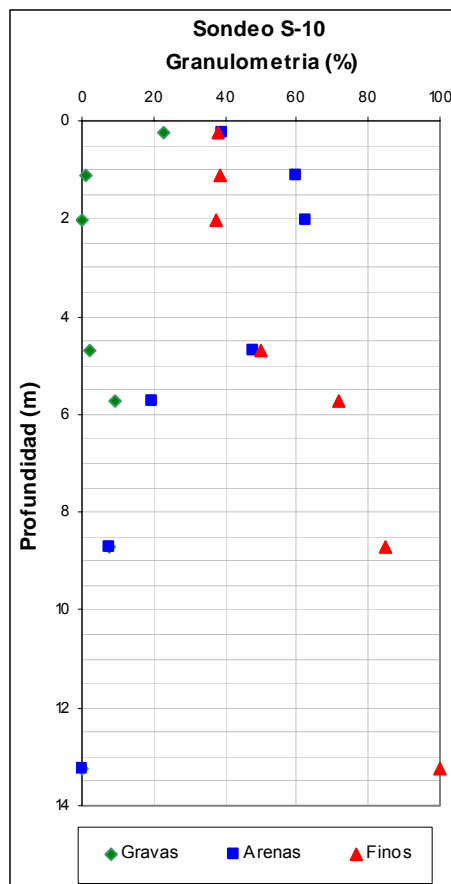


Figura 7-12 Porcentaje de Gravas, Arenas y Finos con la profundidad perforación S-10

7.4.3 Peso unitario

A continuación se presenta la variación del peso unitario de cada uno de los materiales con la profundidad para las diferentes perforaciones.

En la perforación S-1 se encuentra que los pesos unitarios totales de los materiales varían entre 1.941 y 2.29 T/m³. Hacia los 7m de profundidad se encuentra el material con el menor peso unitario total. En cuanto a los pesos unitarios secos se registran valores que varían entre 1.461 y 1.97 T/m³.

En la perforación S-2 se puede observa que los pesos unitarios totales de los materiales varían entre 1.99 y 2.38 T/m³.

En la Figura 7-13 se presenta la variación de los pesos unitarios con la profundidad para los materiales encontrados en las perforaciones S-1 y S-2.

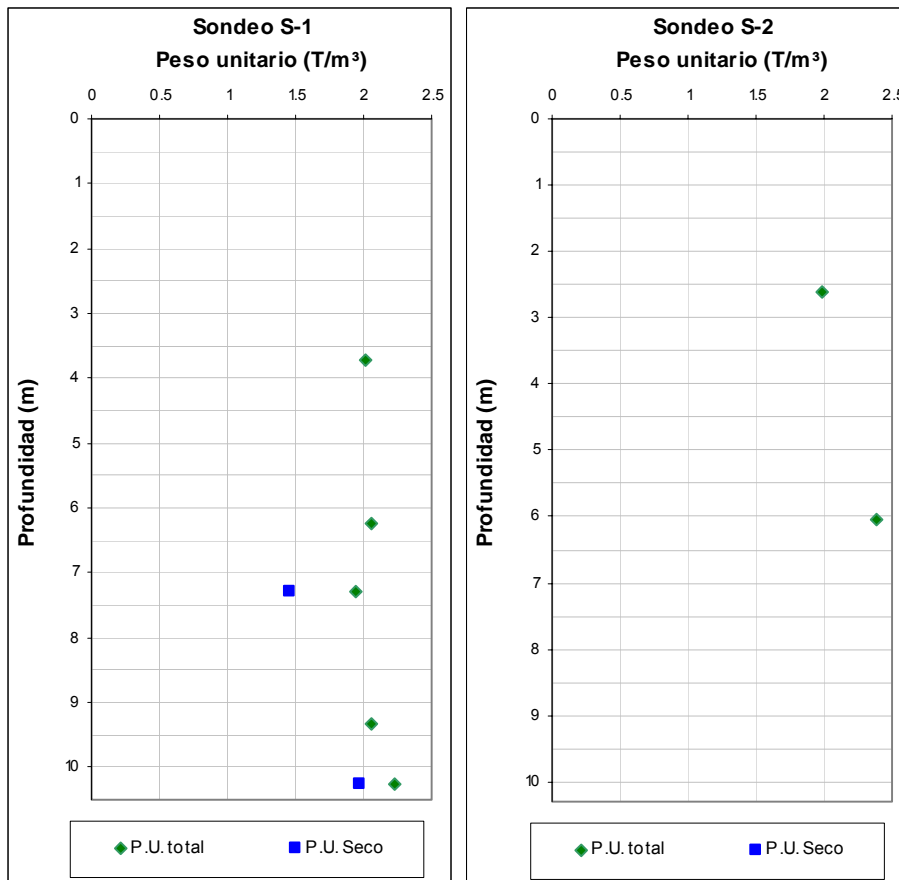


Figura 7-13 Variación del peso unitario con la profundidad para las perforaciones S-1 y S-2

En la perforación S-3 se encuentra que los materiales presentan una variación mínima en el peso unitario total, los reportes de laboratorio indican que este parámetro se encuentra en el rango comprendido entre 2.19 y 2.252 T/m³. Los pesos unitarios secos varían entre 1.866 y 1.98 T/m³.

En la perforación S-4 se observa que el peso unitario varía entre 1.95 y 2.38 T/m³, de forma general se puede apreciar que normalmente el peso unitario esta por encima de 2.0 T/m³, con excepción de una muestra recuperada entre 10.4-11.0m de profundidad.

En la figura mostrada a continuación se presenta la variación de los pesos unitarios con la profundidad para los materiales encontrados en las perforaciones S-3 y S-4.

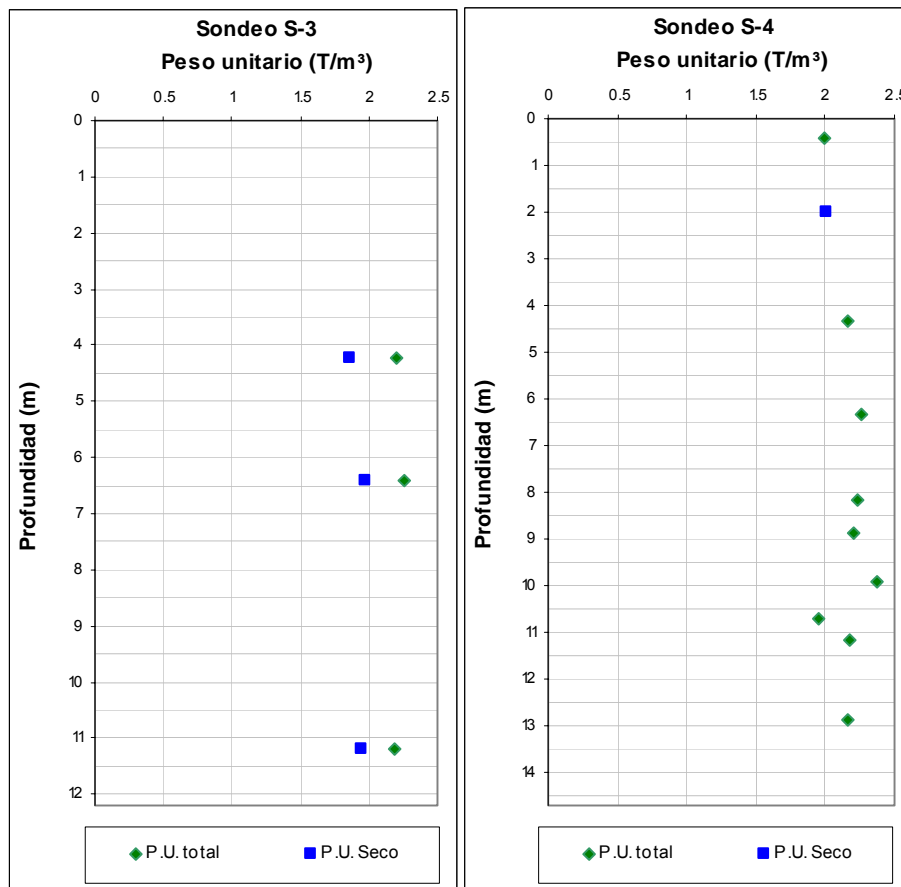


Figura 7-14 Variación del peso unitario con la profundidad para las perforaciones S-3 y S-4

En la perforación S-8, los pesos unitarios de los materiales varían entre 1.871 y 2.26 T/m³. Los resultados de laboratorio muestran que los pesos unitarios de los materiales normalmente se encuentran por encima de 2.0 T/m³, solamente se presenta un menor valor en una muestra recuperada entre 3.15 y 4.0m de profundidad.

En la perforación S-9, los pesos unitarios totales varían entre 2.16 y 2.19 T/m³, los valores mas altos se encuentran en los materiales mas superficiales y disminuyen con la profundidad. Los valores reportados para este parámetro son similares y no registran una variación significativa.

En la figura mostrada a continuación se presenta la variación de los pesos unitarios con la profundidad para los materiales encontrados en las perforaciones S-8 y S-9.

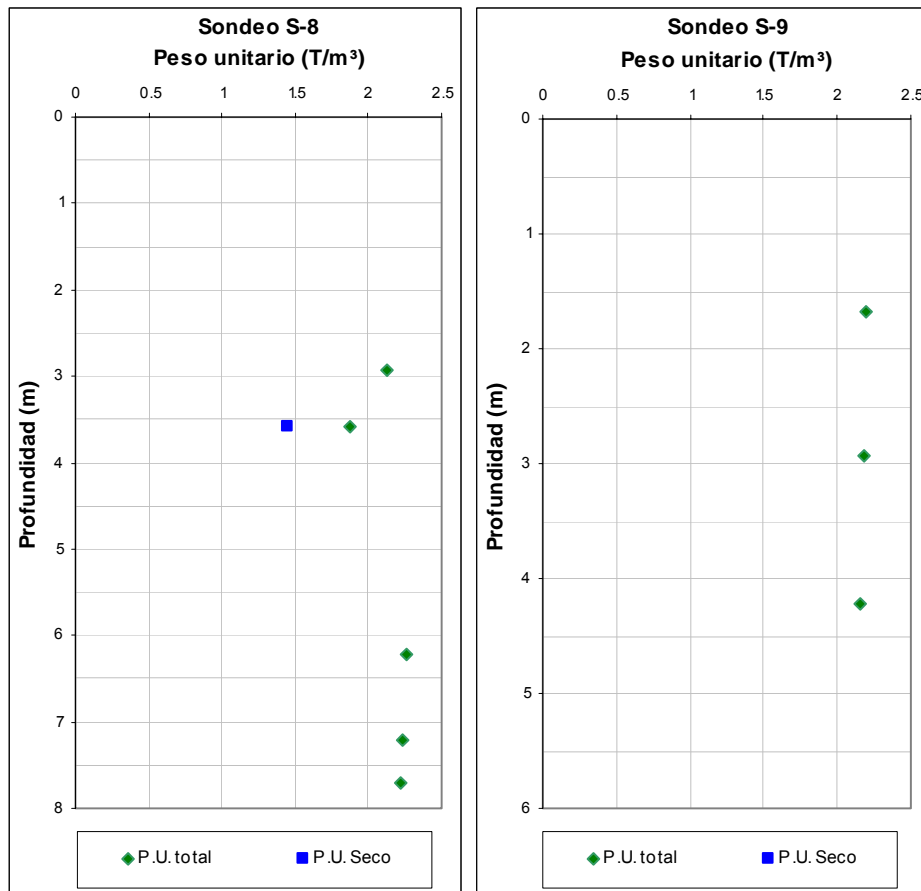


Figura 7-15 Variación del peso unitario con la profundidad para las perforaciones S-8 y S-9

Se recopilaron todos los valores de pesos unitarios reportados para los materiales de todas las perforaciones, se puede apreciar que los pesos unitarios totales varían entre 1.87 y 2.38 T/m³. Respecto a los pesos unitarios secos se encuentra que estos varían entre 1.46 y 2.01 T/m³

De lo mencionado anteriormente se concluye que un valor típico para el peso unitario total del depósito puede estar del orden de 2 T/m³. Para este parámetro no se encuentran mayores variaciones. En cuanto al peso unitario seco se observa una mayor dispersión de los valores, estos pueden variar entre 1.5 y 2 T/m³.

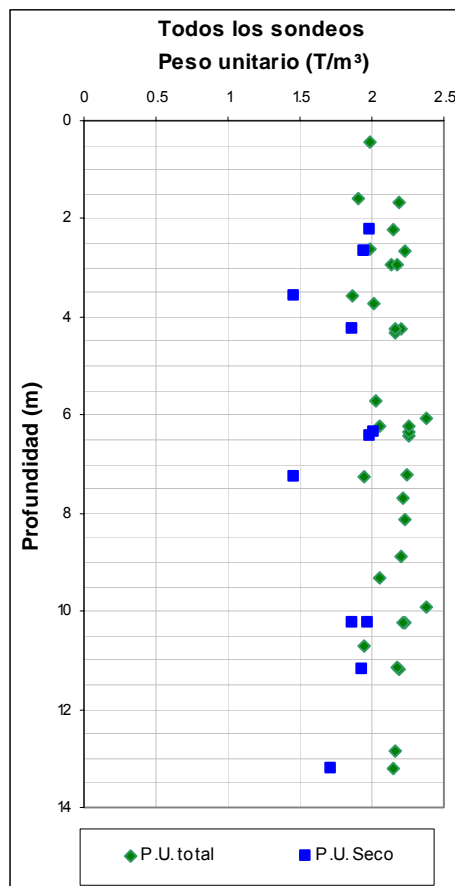


Figura 7-16 Variación del peso unitario con la profundidad para todas las perforaciones

7.4.4 Resistencia a la penetración estándar

Durante la ejecución de los sondeos se realizaron ensayos de penetración estándar SPT (Standard Penetration Test). Este ensayo se realizó con el fin de obtener una estimación de la resistencia de los materiales.

Es importante tener en cuenta que el ensayo de penetración estándar está concebido para suelos granulares, pero en este caso se utilizó para obtener alguna medida de la resistencia y relacionarla con el ángulo equivalente de resistencia al corte. Debe entenderse como aproximado para este tipo de suelos.

Para la realización del ensayo se empleó el martillo de 140 Lbs. Los resultados posteriormente fueron corregidos para tener en cuenta el confinamiento y la energía promedio aplicada, de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$N_i' = C_N * N * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4$$

En donde:

N'_i : Número de golpes corregido para un esfuerzo de confinamiento de 1 Kg/cm² y un determinado nivel de transmisión de energía

C_N : Factor de ajuste para tener en cuenta el nivel de confinamiento. Se evaluó de la siguiente manera:

$$C_N = 1 - 1.41 \log \left(\frac{\sigma'_v}{10} \right) \quad \text{para } \sigma'_v < 10 \text{ ton/m}^2$$

$$C_N = 1 - 0.92 \log (\sigma'_v/100) \quad \text{para } \sigma'_v \geq 10 \text{ ton/m}^2$$

η_1 : Factor de corrección por caída del martillo. Se obtiene como la relación entre la energía impartida por el martillo a la parte superior del sistema de varillas y la energía teórica en caída libre. Las eficiencias medias son diferentes en cada país así, para Japón la eficiencia es del 72%, para USA del 55% y para Colombia del orden de 45%.

η_2 : Factor de corrección por longitud del sistema de varillas. Como las longitudes de varillaje fueron inferiores a 4.00 m, el factor de corrección es 1.0.

η_3 : Factor de corrección por presencia de revestimiento interno. Debido a que no se utilizó revestimiento, el factor de corrección es 1.0.

η_4 : Factor de corrección por diámetro de la perforación. Los diámetros de las perforaciones fueron inferiores a 12 cm, por lo cual el factor de corrección es 1.0

Para estimar los valores de ángulo de fricción equivalente (ϕ_{equiv}), se utilizó la siguiente expresión:

$$\phi_{equiv} = 15 + \sqrt{20 \cdot N'_i} \quad (\text{Kishida})$$

Con el valor de ϕ_{equiv} se calcularon los parámetros de c' y ϕ' para cada material, siguiendo la metodología propuesta por González A. J. (1999) que consiste en graficar puntos (σ'_v , τ) en planos Mohr-Coulomb, donde los coeficientes obtenidos en una regresión lineal, corresponden a los parámetros geomecánicos efectivos buscados.

El esfuerzo efectivo vertical σ'_v , se calcula como la diferencia entre el esfuerzo geoestático total y la presión de poros, y el esfuerzo cortante a la profundidad del ensayo, τ , se obtiene como el producto del esfuerzo efectivo vertical por la tangente del ángulo de fricción equivalente ϕ_{equiv} .

En el ANEXO F se presenta la tabla resumen de corrección de N del ensayo de penetración estándar y en las figuras siguientes se muestran las curvas de variación t vs s_v para los diferentes materiales encontrados en el sitio de estudio. En estas figuras se aprecia una tendencia pico, la media de los puntos y una tendencia con limite inferior.

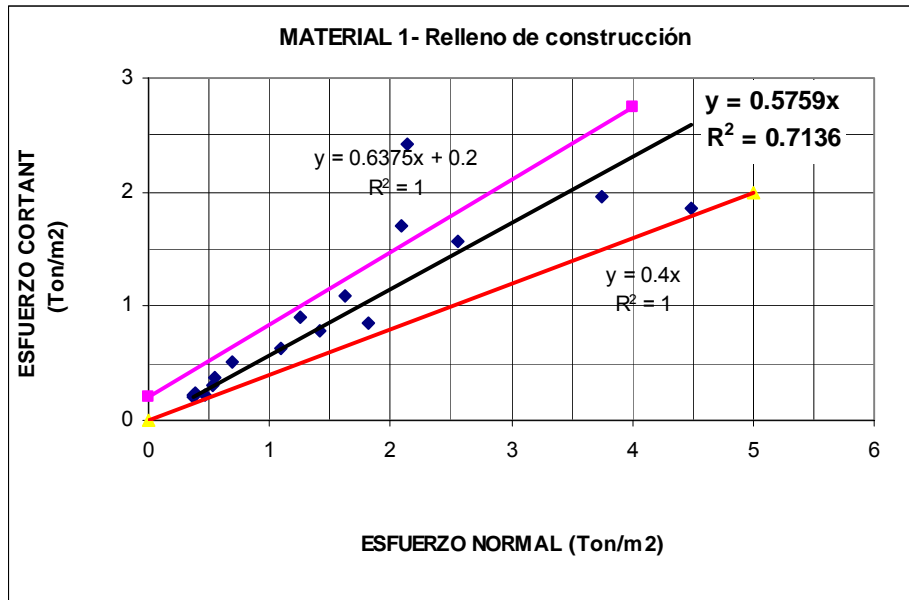


Figura 7-17 Ensayo de SPT para el material de relleno

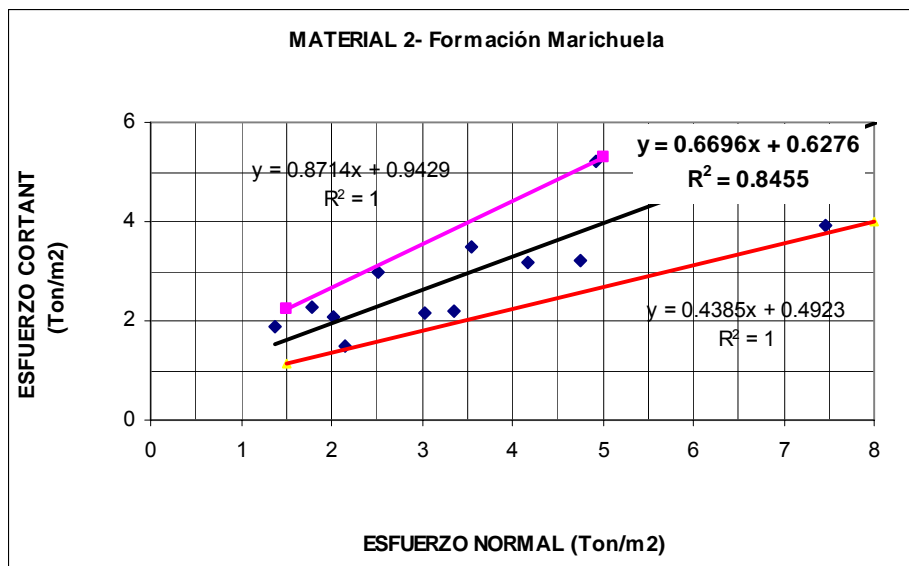


Figura 7-18 Ensayo de SPT para la formación Marichuela

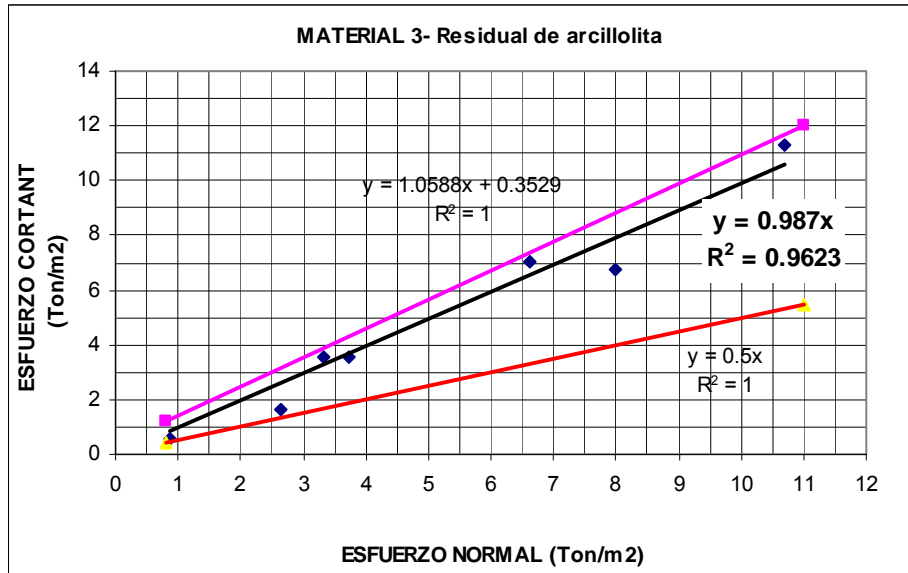


Figura 7-19 Ensayo de SPT para el material residual de arcillolita

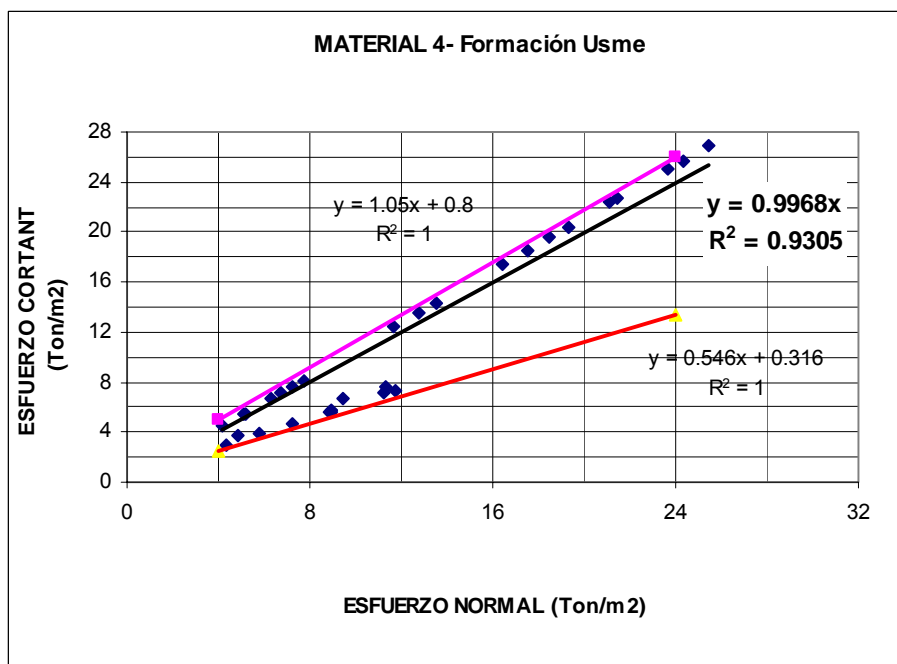


Figura 7-20 Ensayo de SPT para el material de la formación Usme

7.4.5 Perfil Geotécnico promedio

De acuerdo con los resultados obtenidos en la exploración del subsuelo, los ensayos de laboratorio y las observaciones de campo, se identifican 4 materiales en el sitio de estudio:

Material 1. Rellenos antrópicos: Corresponde con material de relleno de construcción. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural (w_n): entre 8.1% y 33.4%
- Composición granulométrica: Gravas: entre 7% y 25.1%, Arenas: varia entre 36.2% y 43.7% y Finos: varia entre 34.4% y 56.8%.
- Resistencia a la penetración estándar N entre 3 y 24 golpes/pie.

Material 2. Formación Marichuela: Corresponde a bloques de arenisca dentro de matriz limo arcillosa de baja plasticidad. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural (w_n): entre 4.1% y 19.7%.
- Limite Liquido (LL): entre 17.55% y 27.7%.
- Limite Plástico (LP): entre 11.36% y 14.4%
- Composición granulométrica: Gravas: varia entre 0% y 55%, Arenas: entre 27.3% y 64.5% y Finos: entre 16.5% y 52%.
- Peso unitario total (γ_t): varía entre 1.99 y 2.19 Ton/m³.
- Resistencia a la penetración estándar N: entre 10 golpes/pie y rechazo.

Material 3. Residual de la Formación Usme: Corresponde a material de meteorización de las arcillolitas de la formación Usme. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural (w_n): entre 32.2% y 96.2%.
- Limite Liquido (LL): entre 36.8% y 44.3%.
- Limite Plástico (LP): entre 26.1% y 30.2%
- Composición granulométrica: Gravas: 14.3%, Arenas: 5.1% y Finos: 80.5%.
- Peso unitario total (γ_t): 1.83 Ton/m³.
- Resistencia a la penetración estándar N: entre 10 y 36 golpes/pie.

Material 4. Formación Usme: Corresponde a roca tipo arcillolita. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural (w_n): entre 11.6% y 24%.
- Limite Liquido (LL): entre 30.4% y 61.1%.
- Limite Plástico (LP): entre 16% y 26.1%
- Composición granulométrica: Gravas: varia entre 3.5% y 9.1%, Arenas: varia entre 19.3% y 38.6% y Finos: varia entre 54.5% y 71.6%.
- Peso unitario total (γ_t): varía entre 1.99 y 2.18 Ton/m³.
- Resistencia a la penetración estándar N: entre 13 golpes/pie y rechazo.

En el Plano 7 se presentan los perfiles geotécnicos representativos de la zona de estudio y en el Plano 8 se muestra la zonificación geotécnica generada a partir de la información geológica, geomorfológico, exploración geotécnica, resultados de los ensayos de laboratorio y de la observación realizada por el especialista en geotecnia.

8 INSTRUMENTACION GEOTECNICA

En este capítulo se describe la localización de la instrumentación y los resultados encontrados de las campañas realizadas a la fecha.

La instrumentación geotécnica instalada en desarrollo del presente contrato esta conformada por cinco (5) inclinómetros y (6) seis piezómetros de Casagrande.

8.1 LOCALIZACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN

Dentro de las perforaciones realizadas durante la exploración geotécnica se instalaron los instrumentos. En todas las perforaciones realizadas se colocó un inclinómetro o un piezómetro con el propósito de tener suficiente información para evaluar tanto las variaciones en los niveles piezométricos como las deformaciones de los materiales encontrados.

En la tabla mostrada a continuación se indican las coordenadas de localización de los instrumentos instalados.

Tabla 8-1 Localización de instrumentación geotécnica

ID	INSTRUMENTO	Profundidad instalación (m)	Este (m)	Norte (m)
S-1	Piezómetro	10.3	95791.8	91616.4
S-2	Piezómetro	10.3	95732.0	91734.6
S-3	Piezómetro	12.1	95821.6	91799.7
S-4	Inclinómetro	13	95820.2	91727.0
S-5	Inclinómetro	3	95864.1	91811.6
S-6	Inclinómetro	16	95878.4	91760.4
S-7	Piezómetro	10.8	95902.4	91704.2
S-8	Piezómetro	8	95956.5	91833.6
S-9	Piezómetro	5.95	95969.8	91781.2
S-10	Inclinómetro	13	95932.4	91689.3
S-11	Inclinómetro	12	95779.6	91737.0

Es importante resaltar que el inclinómetro colocado en la perforación S-11, fue construido el día 15 de diciembre, por lo tanto solamente se hizo la lectura de instalación.

En el Plano 9 se presenta la localización de cada uno de los instrumentos instalados en desarrollo del contrato.

A continuación se muestran algunas fotografías que exhiben el estado y localización de los instrumentos instalados.



Fotografía 8-1 Piezómetro de Casagrande S-1



Fotografía 8-2 Piezómetro de Casagrande S-2



Fotografía 8-3 Piezómetro de Casagrande S-3



Fotografía 8-4 Inclinómetro ubicado en la perforación S-4



Fotografía 8-5 Inclinómetro en la perforación S-5



Fotografía 8-6 Inclinómetro en la perforación S-6



Fotografía 8-7 Piezómetro de Casagrande S-7



Fotografía 8-8 Piezómetro de Casagrande S-8



Fotografía 8-9 Piezómetro de Casagrande S-9 **Fotografía 8-10 Inclínómetro en la perforación S-10**

8.2 CAMPAÑAS DE MEDICIÓN DE INSTRUMENTOS

A partir de la instalación de los instrumentos, se han realizado entre 3 y 4 campañas de medición de la instrumentación.

La primera campaña de instrumentación se realizó el día 06 de noviembre de 2009, se realizó la medición de los piezómetros de Casagrande, se encontró obstruido el piezómetro ubicado en la perforación S-7 por lo tanto fue necesario hacerle limpieza. En esta misma fecha se hizo la lectura de los inclinómetros ubicados en las perforaciones S-4 y S-6.

En la segunda campaña de instrumentación, la cual se realizó el día 12 de noviembre se hicieron las lecturas de los piezómetros de Casagrande y de los cuatro inclinómetros instalados hasta esa fecha. Se encontró nivel de agua en algunos de los inclinómetros y también se hizo el registro de la profundidad a la cual se identificó.

La tercera campaña de monitoreo de la instrumentación fue realizada el día 30 de Noviembre y se hicieron las mismas mediciones realizadas en la campaña anterior.

La cuarta campaña de instrumentación se realizó el día 11 de Diciembre y se realizaron las mismas mediciones de las dos campañas anteriores.

8.2.1 Registro de piezómetros

En el periodo de medición de los piezómetros de Casagrande, se aprecian algunas leves variaciones en las lecturas registradas.

En letras cursivas y color azul se encuentran registradas las lecturas de los instrumentos instalados exclusivamente para la medición de niveles piezométricos. Las lecturas piezométricas registradas en los inclinómetros son solamente indicativas.

Tabla 8-2 Niveles piezométricos registrados en las diferentes campañas de instrumentación

ID	Niveles piezométricos (m)			
	06/11/2009	12/11/2009	30/11/2009	11/12/2009
S-1	6.61	7.35	7.5	7.66
S-2	2.46	2.62	2.88	2.76
S-3	0.25	0.28	0.35	0.32
S-4		11.88	7.9	5.93
S-5	-	-	-	-
S-6		5.86	9.8	6.46
S-7		2.84	3.38	3.48
S-8	2.54	2.82	3.97	4.97
S-9	1.71	1.72	2.24	1.92
S-10		7.29	3.88	3.79

A continuación se presenta de forma gráfica las variaciones registradas en los niveles piezométricos durante las diferentes campañas de medición realizadas.

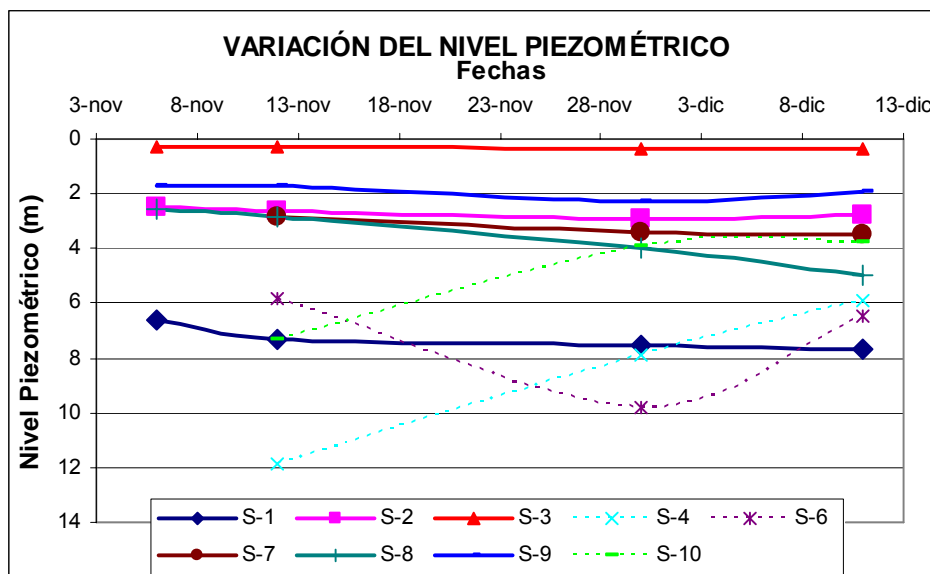


Figura 8-1 Variación del nivel piezométrico entre campañas de medición

De la figura anterior se aprecia que en el piezómetro S-1 se presenta un descenso en el nivel piezométrico a lo largo de las campañas de instrumentación. La variación registrada entre la primera campaña realizada el 06 de noviembre y el 11 de diciembre se observa un descenso de 1.05 m. Los niveles piezométricos varían entre 6.61m y 7.66 m.

En el piezómetro S-2 se registra una variación en los niveles piezométricos entre la primera y la última campaña de 0.3 m, las variaciones entre campañas son muy leves.

El piezómetro S-3 es el que registra el nivel piezométrico mas superficial, las lecturas registradas no presentan mayor variación en el tiempo. El nivel observado en este piezómetro varía entre 0.25 y 0.35 m. Durante la perforación se observó un nivel de agua saltante por un tiempo corto de aproximadamente 2 minutos.

En el piezómetro S-7 se ha observado un descenso del nivel piezométrico de 0.65 m entre las campañas realizadas. Los niveles registrados varían entre 2.84 y 3.48 m.

El piezómetro S-8 es el que registra las mayores variaciones de nivel piezométrico entre campañas. Las lecturas tomadas varían entre 2.54 y 4.97m, se ha observado un descenso importante de nivel entre campañas de instrumentación, alcanzando una diferencia de 2.43 m.

8.2.2 Registro inclinómetros

Durante el periodo de monitoreo de los inclinómetros a partir del 06 de noviembre de 2009, se ha observado el comportamiento que se describe a continuación, para cada uno de los instrumentos.

En el inclinómetro instalado en la perforación S-4, el cual se localiza hacia la parte baja de la ladera en la zona del deposito antrópico que se encuentra arriba de la vía pavimentada que permite el acceso a la ladrillera Prisma, presenta un desplazamiento acumulado en el sentido A de 2 mm (hacia la parte baja de la ladera) y de 2 mm en el sentido B (hacia el costado norte). En la figura mostrada a continuación se presentan los desplazamientos acumulados en el inclinómetro S4.

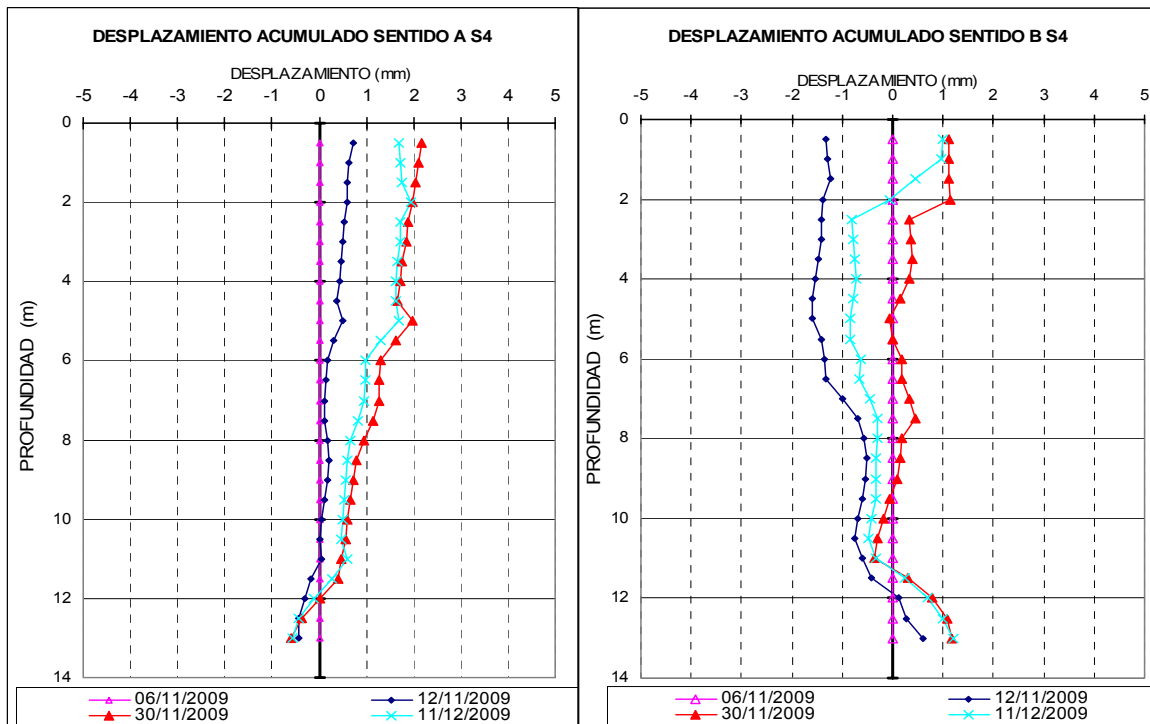


Figura 8-2 Desplazamientos horizontales acumulados referidos al 06/11/2009 inclinómetro S4

De la figura anterior se aprecia que entre la primera campaña de monitoreo realizada el día 06 de noviembre y las campañas siguientes se observa un ligero quiebre hacia los 5m en los dos sentidos de medición del inclinómetro.

En el inclinómetro S-5 ubicado frente a la cancha de baloncesto del barrio Yopal, no se evidencia movimiento. Los valores registrados en el sentido A son inferiores a 0.5mm (hacia la parte baja) y en el sentido B se aprecia un desplazamiento acumulado de hasta 2mm (hacia el norte). Este inclinómetro permite observar movimientos superficiales del terreno. En la figura que se muestra a continuación se presenta el comportamiento de los desplazamientos acumulados en el inclinómetro S5 con la profundidad.

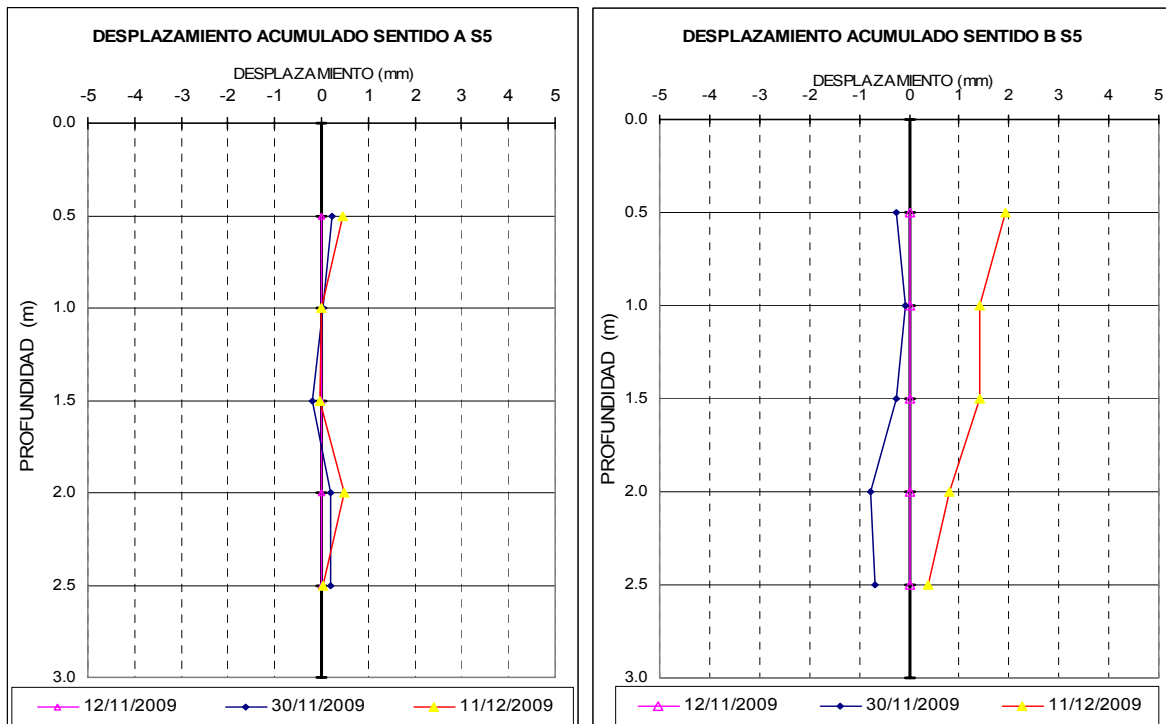


Figura 8-3 Desplazamientos horizontales acumulados referidos al 12/11/2009 inclinómetro S5

El inclinómetro S-6 se encuentra ubicado hacia la parte intermedia de la zona de estudio dentro del lote 10 de la manzana 07. De los resultados obtenidos de las campañas realizadas se puede apreciar que entre los 2 y 4m de profundidad es donde se registra el mayor desplazamiento acumulado de la masa de suelo. Sin embargo, la magnitud del desplazamiento es inferior a 2mm en el sentido A (hacia la parte baja de la ladera), en el sentido B (-) se observa un desplazamiento de hasta 2.5mm (hacia la parte sur).

En la figura que se presenta a continuación se puede apreciar el comportamiento de los desplazamientos acumulados del inclinómetro S6 con la profundidad.

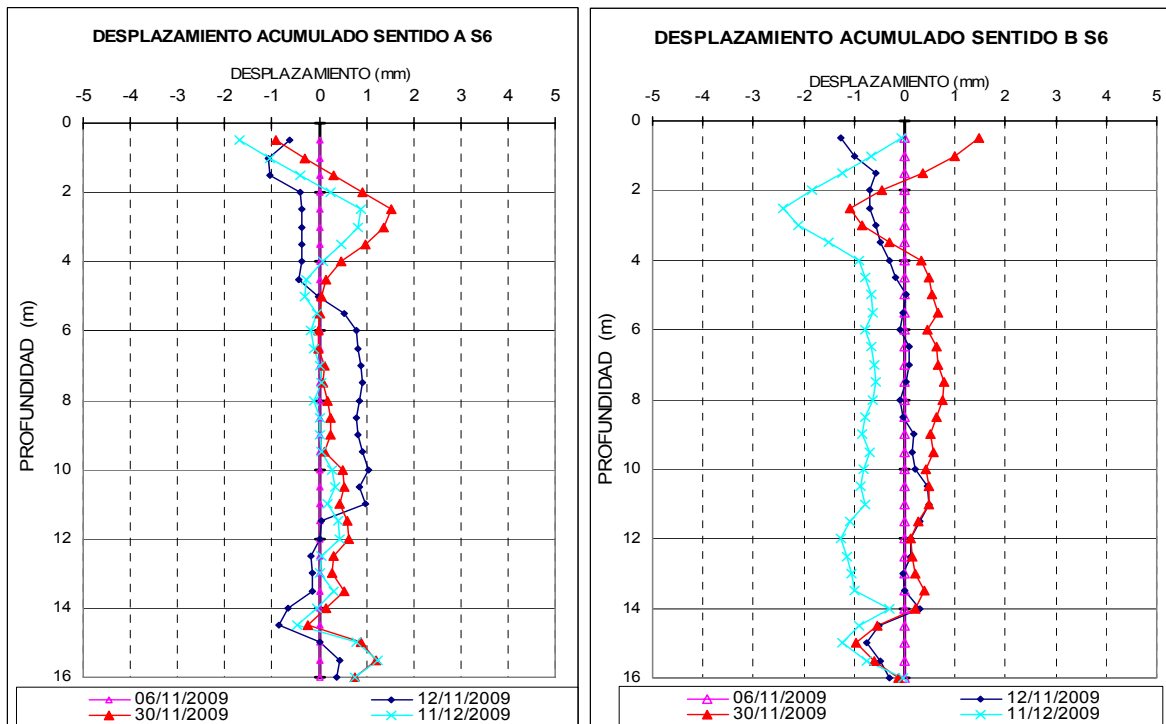


Figura 8-4 Desplazamientos horizontales acumulados referidos al 06/11/2009 inclinómetro S6

En el inclinómetro instalado en la perforación S-10, la cual se encuentra ubicado en la parte sureste del área de estudio dentro de un lote vacío cerca de la intersección de la Diagonal 71C sur con la Carrera 1D Este.

Se observa en el inclinómetro S10 que hacia los 4m de profundidad se presenta un cambio en el sentido de los desplazamientos acumulados de A a $-A$ y nuevamente hacia los 10 m se presenta un punto de inflexión pasando de $-A$ a A. El desplazamiento acumulado en $-A$ es menor de 1mm (hacia atrás de la ladera).

En el sentido B se presenta un desplazamiento acumulado de hasta 1mm, hacia los 4m de profundidad se presenta un punto de inflexión de B a $-B$ y otra inflexión hacia los 10m de profundidad.

A continuación se presenta la figura que exhibe el comportamiento de los desplazamientos horizontales registrados en el inclinómetro S10.

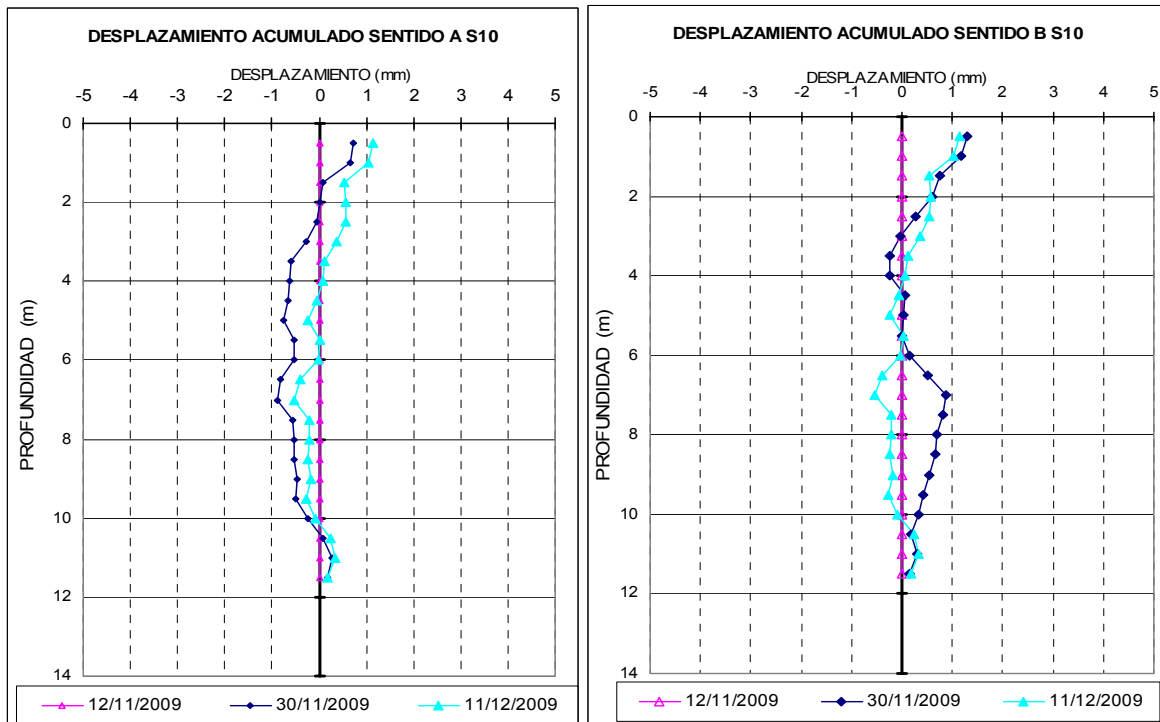


Figura 8-5 Desplazamientos horizontales acumulados referidos al 12/11/2009 inclinómetro S10

Finalmente se concluye que en caso de presentarse desplazamientos horizontales de la ladera ocurren a una tasa bastante baja.

8.3 COMPARACIÓN DE TASAS DE MOVIMIENTO

En el monitoreo topográfico anterior realizado por IGR Ltda durante los meses de enero a marzo de 2009, los puntos de control topográfico localizados en las áreas de las manzanas 8, 37, 15 y 16 para la segunda campaña de monitoreo se registraban desplazamientos del orden de 82mm, con una tasa de desplazamiento de 3mm/día.

En los puntos localizados hacia la parte norte del barrio se registraron desplazamientos entre 77 y 122mm en un periodo de monitoreo de 25 días, las mayores velocidades de desplazamiento estuvieron comprendidas entre 3.1 y 4.9mm/día.

Actualmente, se tiene instalada una instrumentación geotécnica conformada por inclinómetros y en estos se han observado desplazamientos máximos de 2mm en 36 días, para una tasa de 0.055mm/día.

En desarrollo del actual contrato se han tenido condiciones climáticas secas por esta razón es posible que no se hayan observan desplazamientos importantes del terreno.

9 INVENTARIO DE VIVIENDAS

9.1 MARCO HISTORICO

El barrio comenzó a consolidarse hace unos 25 años según información de los primeros habitantes; las edificaciones identificadas son de tipo informal construidas por el método de autoconstrucción.

El barrio esta construido en una ladera. Las vías urbanas son en afirmado con nula canalización de agua esorrentía y no tiene obras de drenaje; posee accesos peatonales artesanales en condiciones regulares a malas y no existen obras de contención para el mejoramiento de la estabilidad del área.

Se encontraron construcciones en lotes de 6x12 m y 8x12 m con un área construida aproximadamente entre 60 a 150 m². Las edificaciones son viviendas unifamiliares de 1 piso y más de 10 años de construcción, y existen viviendas unifamiliares y multifamiliares de 2 y 3 pisos construidas los últimos 8 años.

Los sistemas estructurales identificados preliminarmente son mampostería no reforzada, mampostería no reforzada con algunas columnetas y mampostería confinada.

La topografía donde se construyeron las edificaciones se considera de tipo montañoso a escarpado y gran parte de éstas presentan inclinaciones del terreno muy fuertes. Por esta razón, durante la construcción del Barrio, las edificaciones han desarrollando cambios de nivel que alcanzan los 2.40 m de altura dentro de las mismas y con la edificación vecina.

Según las evidencias, algunas zonas del barrio han presentado deslizamientos locales que han puesto en riesgo la vida de los residentes; éstas zonas se han venido desalojando por la amenaza que esto representa.

9.2 METODOLOGÍA

Dentro del alcance del estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa para la zona del Barrio Yopal y San Juan de Usme, se requiere analizar la vulnerabilidad estructural de las viviendas en función de los posibles daños o afectaciones que se pudieran generar a causa de los efectos de movimiento y acomodamiento general y/o local de la ladera en donde se encuentra implantadas todas las viviendas de este sector.

Revisando el estudio de monitoreo realizado hacia principios del año 2009, para la misma zona del presente estudio, se encontró con una metodología para identificar la evaluación de daño y el estado de las edificaciones, basada en una inspección visual de manera preliminar evaluando los siguientes aspectos:

- Información General.
- Características de la Edificación.

- Condición Estructural.

Adicionalmente, se analizó otro Formulario Típico para la Evaluación de Daños y Estado de las Edificaciones por fenómenos de remoción en masa, utilizado en otro estudio para la DPAE para unos barrios de Ciudad Bolívar, el cual consideraba los siguientes puntos:

- Datos Generales.
- Condición Estructural.
- Daño.
- Marco Social.

Al analizar y comparar éstas dos Metodologías de Evaluación de Daño y Estado de las Edificaciones, con los respectivos Términos de Referencia del actual Estudio y las expectativas para poder establecer los índices de daño estructural, de acuerdo a respectiva vulnerabilidad por la amenaza relacionada con los fenómenos de remoción en masa, se encontró que faltaba por incorporar al procedimiento de diagnóstico e inspección visual estructural, criterios tales como los descritos a continuación.

9.2.1 Conformación Estructural

Destinado a establecer básicamente la orientación, calidad y cantidad de muros estructurales existentes en el primer piso, en cada una de las direcciones principales de la edificación, de una manera general, que midiera en definitiva la presencia efectiva o ausencia de muros estructurales en ambas direcciones, para posteriormente poder establecer el grado de vulnerabilidad ante cargas laterales.

9.2.2 Tendencia de Fallas.

Destinado a establecer una patología general de fisuras y grietas que demarquen un patrón de tendencia de falla de la edificación y no solo asociada a un solo elemento estructural.

9.2.3 Empujes Laterales.

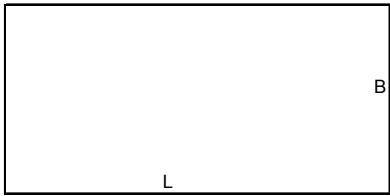


Destinado a establecer si sobre las viviendas existen empujes laterales del suelo a través de muros estructurales que hagan las veces de Muros de Contención y si se presenta en el sentido longitudinal y/o transversal.

Los anteriores criterios de diagnóstico y evaluación visual estructural fueron discutidos en su momento con la Supervisión y con representantes de la DPAE, para luego establecer el Formulario Definitivo de Evaluación y Diagnóstico Estructural que se presenta a continuación en las respectivas Figuras 7-1 y 7-2, el cual también fue discutido y analizado por el equipo interdisciplinario de la Consultoría.

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

BARRIO YOPAL - USME, BOGOTA, D.C.		INGENIERIA Y GEORIESGOS / Edgar Rodriguez.		Hoja: 1/2	
EVALUACION Y DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL (Octubre /2009)		Mauricio Celis Pinilla Ing. Civil M. Sc.			
Inspeccion Visual Sistema Estructural		Dirección:		Manzana:	
A.- DATOS GENERALES.					
1.- Orientación Principal de la Construcción. (Dirección X, ver Esquema en D)					
NS EO NE SO NO SE					
2.- Posición de la Construcción en el Bloque:					
Esquina Intermedio Libre					
3.- Localización en la Ladera:					
Corona Base Media Ladera Plano					
4.- Estado de la Construcción:					
Completa Incompleta Lote Vacío					
5.- Tiene Sótano:					
Si No Cuántos:					
6.- Forma de Construcción:					
Constructora Auto Construcción Informal					
B.- CONFORMACION SISTEMA ESTRUCTURAL.					
7.- Placa de Contrapiso:					
Tierra Recebo Comp. Placa Concreto Madera Otro:					
8.- Placa de Entre Piso (Segundo Piso):					
Placa Maciza Concreto Vigüeta-Plaqueta Prefabricadas Concreto Nervios en concreto con Aligeramiento en Ladrillo Madera Otro					
9.- Cubierta					
Placa Similar al Entrepiso Asbesto Cemento Zinc Teja Cartón Teja de Barro Teja Plástica Otro					
10.- Tipo Sistema Estructural (Coloque una "X" en el Sistema correspondiente. Si es Mixto, señale adicionalmente los sistemas que lo componen)					
Aporticado una Dirección Aporticado Dos Direcciones Mampostería Estructural Muros Portantes Confinados					
Paneles de Madera Mixto Cuáles: Prefabricada Muros Portantes NO Confinados					
11.- Tipo de Cimentación. (Coloque una "X" en el Sistema correspondiente. Si es Mixto, señale adicionalmente los sistemas que lo componen)					
Inexistente Palafito en Concreto Ciclópeo Ciclópeo + Viga Amarre Placa Viga de Amarre Zapata Mixto					
12.- Caracterización Suelo de Fundación					
Relleno Roca Residual Depósitos Coluviales Depósitos Aluviales					
13.- Calidad General de la Construcción					
Mala Regular Buena					
C.- DAÑOS PRE EXISTENTES Y/O ACTUALES.					
14.- Daños Anteriores por:					
Deslizamiento Terreno No: Si: Asentamiento Otro: Hubo Reparación:					
15.- Daños Actuales					
Elementos Estructurales: Ninguno Leve Moderado Alto Parcial Alto Total Severo Parcial Severo Total					
Elementos No Estructurales: Ninguno Leve Moderado Alto Parcial Alto Total Severo Parcial Severo Total					
16.- Presencia de Filtraciones de Agua					
Permanentes Ocasionales En Invierno En Verano Aguas Negras Agua Corriente					

Figura 9-1 Primera parte del formato de inspección de viviendas

BARRIO YOPAL - USME, BOGOTÁ, D.C.		INGENIERIA Y GEORIESGOS / Edgar Rodriguez.		Hoja: 2/2																																																																																
EVALUACION Y DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL (Octubre /2009)		Mauricio Celis Pinilla Ing. Civil M. Sc.																																																																																		
Inspección Visual Sistema Estructural		Dirección:	Manzana:																																																																																	
D.- CONFORMACION ESTRUCTURAL /DIRECCION DE AMENAZA.																																																																																				
(Y) 	B= Ancho o Frente de la Vivienda (m) = L= Largo o Profundidad de la Vivienda (m)= H= Altura libre entre pisos (m) = Np= Número de Pisos incluido la Cub. = Nmx= # de Muros en X,long aprox (#,m) = Nmy= # de Muros en Y,long aprox (#,m) =	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </table>							Direcc y Sentido Remoción Masa General Direcc y Sentido Remoción Masa Local Direcc y Sentido Empuje Lateral Suelo																																																																											
Observaciones:		Foto Fachada Principal																																																																																		
E.- ESTADO DE LOS MUROS TIPICOS DEL PRIMER PISO.																																																																																				
Piso2 	Piso1 	Foto Típico Muro Longitudinal (X) Primer Piso.																																																																																		
Esquema Típico Muro Longitudinal (X) Primer Piso. <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Estado General:</td><td>M</td><td>R</td><td>B</td></tr> <tr><td>Verticalidad:</td><td>M(d>4)</td><td>R(2<d<4)</td><td>B(d<2mm)</td></tr> <tr><td>Confinamiento:</td><td>M</td><td>R</td><td>B</td></tr> <tr><td>Estado Juntas:</td><td>Sup: B R M Inf: B R M</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Izq: B R M Der: B R M</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fisuración:</td><td>No</td><td>Si</td><td></td></tr> <tr><td>Densidad: (Aisl-Gral)</td><td>1 2 3 4 5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Espesor: (Bajo-Alto)</td><td>1 2 3 4 5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Profundiad:</td><td>P P+L</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dirección:</td><td>V D H E</td><td></td><td></td></tr> </table>		Estado General:	M	R	B	Verticalidad:	M(d>4)	R(2<d<4)	B(d<2mm)	Confinamiento:	M	R	B	Estado Juntas:	Sup: B R M Inf: B R M				Izq: B R M Der: B R M			Fisuración:	No	Si		Densidad: (Aisl-Gral)	1 2 3 4 5			Espesor: (Bajo-Alto)	1 2 3 4 5			Profundiad:	P P+L			Dirección:	V D H E			Esquema Típico Muro Transversal (Y) Primer Piso. <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Estado General:</td><td>M</td><td>R</td><td>B</td></tr> <tr><td>Verticalidad:</td><td>M(d>4)</td><td>R(2<d<4)</td><td>B(d<2mm)</td></tr> <tr><td>Confinamiento:</td><td>M</td><td>R</td><td>B</td></tr> <tr><td>Estado Juntas:</td><td>Sup: B R M Inf: B R M</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Izq: B R M Der: B R M</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fisuración:</td><td>No</td><td>Si</td><td></td></tr> <tr><td>Densidad: (Aisl-Gral)</td><td>1 2 3 4 5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Espesor: (Bajo-Alto)</td><td>1 2 3 4 5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Profundiad:</td><td>P P+L</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dirección:</td><td>V D H E</td><td></td><td></td></tr> </table>		Estado General:	M	R	B	Verticalidad:	M(d>4)	R(2<d<4)	B(d<2mm)	Confinamiento:	M	R	B	Estado Juntas:	Sup: B R M Inf: B R M				Izq: B R M Der: B R M			Fisuración:	No	Si		Densidad: (Aisl-Gral)	1 2 3 4 5			Espesor: (Bajo-Alto)	1 2 3 4 5			Profundiad:	P P+L			Dirección:	V D H E			Foto Típico Muro Transversal (Y) Primer Piso.
Estado General:	M	R	B																																																																																	
Verticalidad:	M(d>4)	R(2<d<4)	B(d<2mm)																																																																																	
Confinamiento:	M	R	B																																																																																	
Estado Juntas:	Sup: B R M Inf: B R M																																																																																			
	Izq: B R M Der: B R M																																																																																			
Fisuración:	No	Si																																																																																		
Densidad: (Aisl-Gral)	1 2 3 4 5																																																																																			
Espesor: (Bajo-Alto)	1 2 3 4 5																																																																																			
Profundiad:	P P+L																																																																																			
Dirección:	V D H E																																																																																			
Estado General:	M	R	B																																																																																	
Verticalidad:	M(d>4)	R(2<d<4)	B(d<2mm)																																																																																	
Confinamiento:	M	R	B																																																																																	
Estado Juntas:	Sup: B R M Inf: B R M																																																																																			
	Izq: B R M Der: B R M																																																																																			
Fisuración:	No	Si																																																																																		
Densidad: (Aisl-Gral)	1 2 3 4 5																																																																																			
Espesor: (Bajo-Alto)	1 2 3 4 5																																																																																			
Profundiad:	P P+L																																																																																			
Dirección:	V D H E																																																																																			
F.- EMPUJE DEL TERRENO SOBRE MUROS ESTRUCTURALES.																																																																																				
Existe Empuje sobre Muros:		Si	No																																																																																	
Sobre Muro Longitudinal:		Si	No																																																																																	
Sobre Muro Transversal:		Si	No																																																																																	
Sobre Varios Muros:		Si	No																																																																																	
Observaciones:																																																																																				

M=Malio, R=Regular, B=Bueno, L=Ladrillo, V= Vertical, D= Diagonal, H= Horizontal, E= Escalonada, Aisl=Aislada, Gral= General, Sup=Superior, Inf=Inferior, Izq=Izquierda, Der=Derecha, P= Pañete, L= Ladrillo, d= Denia de Plomada para una cuerda de 1.0 m.

Figura 9-2 Segunda parte del formato de inspección de viviendas.

Como se puede apreciar en el Formulario de Evaluación y Diagnóstico Estructural de las Figuras 7-1 y 7-2, se establecieron seis Parámetros básicos para establecer el estado real y actual de las viviendas, a saber:

- Datos Generales.
- Conformación Sistema Estructural.
- Daños Pre Existentes y/o Actuales.
- Conformación Estructural /Dirección de Amenaza.
- Estado de los Muros Típicos del Primer Piso.
- Empuje del Terreno Sobre Muros Estructurales.

Todo este Formulario, viene complementado por medio de esquemas realizados a mano en el momento de la toma de información y con las Fotos pertinentes representativas de la Edificación que muestran un claro y preciso estado actual.

Para la implementación de éste Formulario y su respectiva toma de información, se realizó un proceso de acompañamiento y verificación inicial en la toma de la información por parte del Ingeniero Especialista en Estructuras a los Ingenieros de campo encargados de la realización del Formulario de Evaluación y Diagnóstico Estructural, con el propósito de establecer claridad y unidad de criterios y en consecuencia que los datos tomados fueran consistentes y representativos para todas y cada una de las viviendas analizadas.

Con la información recopilada, y su respectivo estudio y análisis se estableció un índice que refleja el grado de afectación, compromiso y funcionamiento de las viviendas bajo condiciones estructurales, sobre aspectos relacionados con el fenómeno de la remoción en masa.

En el ANEXO H se presentan las fichas de campo diligenciadas durante el inventario de viviendas realizado.

9.3 CALIFICACIÓN INDICE DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Como es sabido, se implementó un Formulario o “Encuesta” para establecer y determinar de alguna manera el Índice de Vulnerabilidad Estructural para las Viviendas en consideración, basado en cinco componentes representativos, como son:

- Conformación Sistema Estructural.
- Daños Pre Existentes y/o Actuales.
- Conformación Estructural /Dirección de Amenaza.
- Estado de los Muros Típicos del Primer Piso.
- Empuje del Terreno Sobre Muros Estructurales.

Después de haber evaluado todas las viviendas y tener un concepto claro del estado de afectación y las consideraciones estructurales con que cuentan los diferentes sistemas estructurales de soporte, se le asignó un peso o porcentaje de influencia a cada

componente, para finalmente tener la estimación real del valor de la vulnerabilidad estructural. (Ver Tabla 9-1.)

Tabla 9-1 Valoración de la vulnerabilidad estructural

COMPONENTE ESTRUCTURAL	% VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL
Conformación Sistema Estructural.	20.0
Daños Pre Existentes y/o Actuales.	15.0
Conformación Estructural /Dirección de Amenaza.	15.0
Estado de los Muros Típicos del Primer Piso.	20.0
Empuje del Terreno Sobre Muros Estructurales.	30.0

Como se puede apreciar en el valor correspondiente al porcentaje de vulnerabilidad estructural asignado, el valor más significativo pertenece al “Empuje del Terreno sobre los Muros Estructurales”, es decir, que se le dio un mayor valor, en consideración a que en general, los muros que componen los sistemas estructurales de soporte son en mampostería sin refuerzo interior y están actuando como “Muros de Contención” cuando existe influencia y afectación por empuje lateral del relleno o talud, siendo que no fueron diseñados ni construidos para tal propósito y su efecto sobre ellos y la vivienda, sí contribuye directamente a un empuje o movimiento lateral que afecta de forma directa y/o local a la estabilidad y resistencia estructural.

En consecuencia, las viviendas que son afectadas por empuje lateral del terreno se les asigna un valor de 25% (a las que no tienen efecto por empuje lateral del terreno se les asigna 0%), cuando la carga va en dirección perpendicular a un Muro Transversal (es decir, que finalmente quien soporta el empuje son los Muros Longitudinales, menos crítico) y un valor de 30%, cuando la carga va en dirección perpendicular a un Muro Longitudinal (es decir, que finalmente quien soporta el empuje son los Muros Transversales, más crítico).

En cuanto al componente estructural “Estado de los Muros del Primer Piso”, éste refleja el estado general de los muros representativos del primer piso, tanto en sentido longitudinal como en el sentido transversal, calificados como Bueno, Regular y Malo asignándoles un valor máximo del 3% (1.5% en cada sentido cuando es calificado como malo) y el grado de afectación referidos a los siguientes parámetros de calificación: Verticalidad 1%, Confinamiento del Muro 3%, Estado de las Juntas de Confinamiento 3% y el Estado de Fisuración 10%, valores que son establecidos tanto para el muro longitudinal como para el muro transversal típico.

En consecuencia, cada Muro sea Longitudinal o Transversal, va a tener una calificación máxima de afectación del 10% y por lo tanto un valor en conjunto del 20% como se especifica en la Tabla 9-1.

En cuanto al componente estructural “Conformación Sistema Estructural”, se le asignó un valor total del grado de afectación en un 20%, el cual se distribuye su valor en los siguientes parámetros de acuerdo con la calidad, tipo o estado en que se encuentre, a saber:

- Placa de Contrapiso 3%
- Placa de Entre Piso (Segundo Piso) 1%
- Cubierta 1%
- Tipo Sistema Estructural 5%
- Calidad General de la Construcción 10%

En cuanto al componente estructural “Daños Pre existentes y/o Actuales”, se le asignó un valor total del grado de afectación en un 15%, el cual se distribuye su valor en los siguientes parámetros de acuerdo con la calidad, tipo o estado en que se encuentre, a saber:

- Daños Anteriores 5%
- Daños Actuales 6%
- Presencia de Filtraciones de Agua 4%

En cuanto al componente estructural “Conformación Estructural/Dirección de Amenaza”, se le asignó un valor total del grado de afectación en un 15%, el cual se distribuye su valor en los siguientes parámetros de acuerdo con el número de pisos de la edificación (si tiene 3 pisos o más se le asigna 5%, para dos pisos el 2% y para un piso el 1%) y para considerar la longitud de muros se estableció un parámetro de acuerdo a un lote típico de 6.0m x 15.0m, que puede generar un área construida en el primer piso de alrededor de 72.0 m² y para una zona de amenaza sísmica intermedia como lo es Bogotá, un ancho de muro promedio de 150mm y un factor de M_o (Ver Tabla NSR-98, E.2-2) igual a 17, el valor mínimo de longitud de muros para una vivienda de un piso es de 8.16m, para dos pisos de 16.4m y para tres pisos de 24.5m.

Cuando la longitud de muros aproximada en cada sentido, de acuerdo al número de pisos es mayor que los valores establecidos, el valor de afectación asignado es de 0% y por el contrario es del 5% para cada sentido.

Con los criterios y valores anteriormente definidos para cada uno de los Componentes Estructurales, se realizó con base en la información recolectada en el Formulario o Encuesta estructural realizada para las viviendas en cuestión, la matriz de calificación o de consolidación de calificación de los índices de vulnerabilidad estructural y se estableció los valores totales correspondientes para cada una de las viviendas. (Ver ANEXO H).

Adicionalmente, se realizó un análisis de sensibilidad para la calificación final de vulnerabilidad estructural estableciendo el siguiente orden o jerarquía de acuerdo con el estado real de afectación y vulnerabilidad de las viviendas:

- Viviendas con un índice menor a 35%, se califica como Incidencia Baja.
- Viviendas con un índice menor a 45%, y mayor a 35% se califica como Incidencia Media - Baja.
- Viviendas con un índice menor a 55%, y mayor a 45% se califica como Incidencia Media.
- Viviendas con un índice menor a 65%, y mayor a 55% se califica como Incidencia Media - Alta.
- Viviendas con un índice mayor a 65%, se califica como Incidencia Alta.

Finalmente, para estimar el valor Riesgo de las viviendas es recomendable establecer el valor estructural en un rango aproximado del 40% del valor total del riesgo, el cual simplemente se establece multiplicando el valor obtenido del índice de afectación o de vulnerabilidad estructural por el respectivo 40%.

Analizando los resultados del índice de vulnerabilidad estructural, se nota que es consecuente con la realidad y representa un valor real de calificación de la vulnerabilidad de las viviendas, teniendo en cuenta la calidad de la construcción, la efectividad de los sistemas estructurales de soporte y las acciones de cargas y efectos actuantes sobre las edificaciones.

10 GESTIÓN SOCIAL

El desarrollo de cualquier estudio de riesgo y de las posibles obras de mitigación, debe ejecutarse teniendo en cuenta a la comunidad asentada en el área de influencia y las interrelaciones de ésta con su hábitat a través de un plan de acompañamiento social, fundamentado en la interacción permanente con cada uno de los habitantes. Por lo tanto, la participación de la comunidad en la gestión social de estudios y obras, se debe analizar como un elemento proactivo para ayudar a prevenir, mitigar, controlar y compensar las afectaciones que con mayor frecuencia repercuten en la calidad de vida de las comunidades y su entorno.

Teniendo como premisa los aspectos citados, la gestión social adelantada para el estudio se realizó a partir de las siguientes etapas o actividades específicas:

- Reunión con la Junta de Acción Comunal (JAC)
- Reuniones con la Comunidad.
- Diseño de formato para recolección de información.
- Visitas a las casas y aplicación del formato.
- Análisis de la información.

A continuación se describen en detalle las actividades desarrolladas en interacción con la comunidad de la zona.

10.1 Divulgación e interacción con la comunidad

Se realizaron tres reuniones con la comunidad durante el mes de octubre y noviembre; estas reuniones tuvieron el objetivo de informar a la comunidad el inicio, alcance y resultados esperados del estudio; así como las actividades contempladas en el mismo y los trabajos y fechas de realización en terreno.

Las reuniones buscaron también conocer las expectativas de los representantes y habitantes y concertar mecanismos de relación e información.

Dentro del plan de divulgación e interacción con la comunidad de la zona, se destacan los encuentros que citan a continuación.

10.1.1 Reunión con la Junta de Acción Comunal barrio San Juan

Los datos de esta reunión son:

- **Fecha:** 23 de octubre de 2009.
- **Asistentes:** 12, dos de los asistentes no firmaron el acta.

Esta reunión fue coordinada por el funcionario Wilmer Jiménez de la DPAE acordando con el presidente de la Junta de Acción comunal el apoyo para la realización de las labores de inventario de viviendas en este barrio. Se acordó también realizar una reunión el día 25 de octubre con la comunidad para explicar y facilitar el acceso de la Ingeniera Danixa López a las viviendas del barrio San Juan de Usme y la aplicación de los formatos.

10.1.2 Reunión con la comunidad en general

Los datos de esta reunión son:

- **Fecha:** 25 de octubre de 2009.
- **Lugar:** Barrio San Juan de Usme.
- **Asistentes:** 25, se registran en acta, sin embargo asistieron más personas que no firmaron el acta.

De esta reunión se destaca:

- Se informó a los asistentes sobre actividades del proyecto.
- Se informó las actividades realizadas a la fecha: estudio topográfico, desarrollo de la exploración geotécnica mediante perforaciones.
- Se dio inicio a las visitas a las viviendas para el inventario de daños y aplicación de la encuesta social, se continuará con las visitas y se solicita el apoyo para las mismas y el permitir acceso a las viviendas. Se aclara la importancia de esta actividad.

Los asistentes realizan las siguientes observaciones:

- Se sugiere que se tenga en cuenta en el estudio los reservorios de las ladrilleras, informan que el agua baja y está afectando las viviendas con humedad.
- El presidente de la JAC informa que él hará el acompañamiento a la Ingeniera que visitara las viviendas y que si hay alguien más que quiera hacerlo lo puede hacer. Al presidente de la JAC le parece importante el acompañamiento por seguridad.
- Se informa igualmente que el proyecto contempla una importante labor con los habitantes de las casas: La identificación del estado de cada una de las viviendas, las condiciones socio-económicas de los habitantes para evaluar la vulnerabilidad social y determinar el impacto que puedan generar las alternativas de solución que se propongan, y la participación de la comunidad sobre las soluciones propuestas. Se solicita el apoyo de los residentes y de los dueños de las casas en esta actividad.

En el Anexo I se presentan las actas de reunión con la comunidad

10.2 Recolección de información

10.2.1 Diseño del formato de recolección de información

En el formulario único de encuesta para inspección de las viviendas, se establecieron las preguntas necesarias para identificar las condiciones socio-económicas más importantes de los habitantes de la zona en estudio, formato que se estableció en coordinación con la profesional en gestión de calidad (ver Anexo I).

10.2.2 Visitas y aplicación del formato

Con el fin de determinar el grado de vulnerabilidad social de los habitantes en la zona de estudio, se realizaron vistas de inspección a 133 viviendas de un total de 242 viviendas por inventariar.

A continuación en el siguiente aparte se presentan los resultados de las visitas y las conclusiones que de esta información se pueden obtener.

10.3 Análisis e interpretación

10.3.1 Visitas e inspecciones realizadas

Se realizaron 125 visitas correspondientes de 242 viviendas equivalente al 51% de la totalidad de las viviendas, lo que representa un buen porcentaje y confiabilidad aceptable de la información suministrada. En la siguiente figura se esquematizan estos resultados. Es importante mencionar que en algunos predios no se pudo realizar la entrevista porque no se encontró a un adulto o porque los habitantes no permitieron la inspección y tampoco ofrecieron la información para el estudio.

Tabla 10-1 Visitas realizadas.

Visitas realizadas		
Visitas	Porcentaje	Frecuencia
Realizadas	55%	132
No permitieron ingreso	5%	13
Evacuadas	6%	14
Demolida	16%	38
No se encontró propietario	15%	37
No visitados	3%	8
Total	100%	242

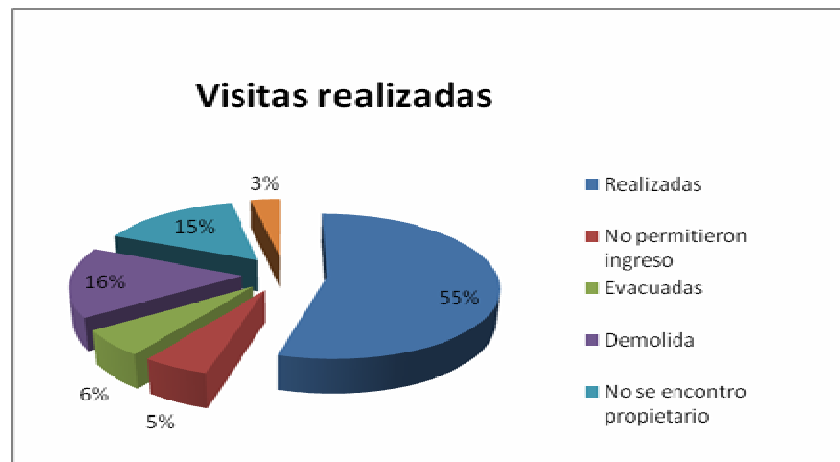


Figura 10-1 Porcentaje de viviendas inspeccionadas para evaluación social

10.3.2 Número de habitantes

Uno de los datos importantes para determinar la vulnerabilidad social es saber cuántas personas viven en cada vivienda pues entre mayor número de habitante mayor es la afectación, pues se afectan más personas y la búsqueda de solución en caso de evacuación o traslado es mayor. Es importante también identificar las edades de los habitantes, pues con esta se incrementa la vulnerabilidad dependiendo su dependencia o no a otra persona por la edad.

Se destaca que un porcentaje importante 35% es menor de edad y un porcentaje menor 9%, pero no menos importante son adultos mayores; siendo un 44% de población clasificada como de mayor vulnerabilidad.

En las viviendas visitadas en total habitan 754 personas, distribuidas por edad de la siguiente manera:

Tabla 10-2 Distribución por edades de los habitantes de la zona de estudio.

Edades de los habitantes		
Edad (años)	Porcentaje	Frecuencia
1 a-12 meses	2%	12
1 – 10	17%	130
11 – 17	17%	125
18 – 25	17%	128
26 – 35	14%	107

Edades de los habitantes		
Edad (años)	Porcentaje	Frecuencia
36 – 55	22%	163
56 – 69	7%	51
70-86	2%	16
No reporta	3%	22
Total	100%	754

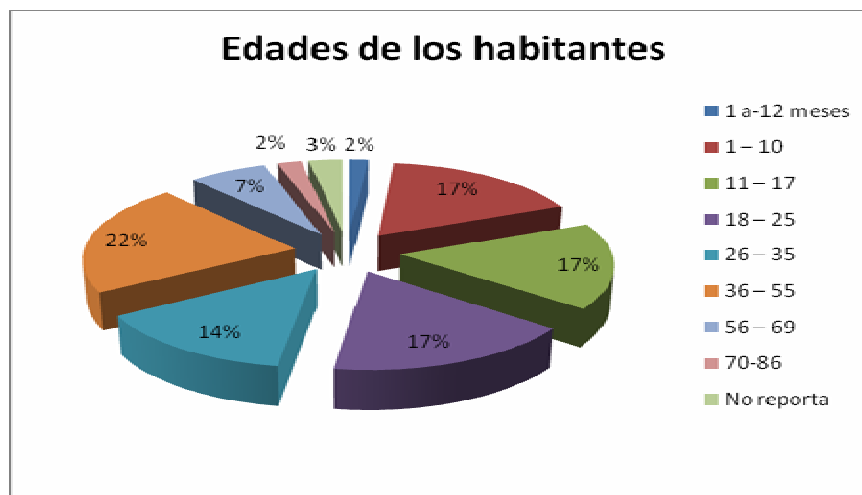


Figura 10-2 Porcentajes de distribución de edades de los habitantes de la zona de estudio.

Es importante mencionar que aproximadamente un 50% de la población está en edad productiva y tiene personas a cargo, por lo que el riesgo latente si se presenta algún proceso de inestabilidad o accidente relacionado es alto

Frente a los habitantes por vivienda el mayor porcentaje 55% se encuentra en el rango de 5- 8 habitantes, número importante frente al riesgo que pueda tener su casa.

A continuación se muestra en la tabla el número de habitantes por viviendas:

Tabla 10-3 Número de habitantes por vivienda.

Habitantes por vivienda		
Nº de habitantes	Porcentaje	Frecuencia
1-4	38%	48
5-8	55%	69
9-12	10%	12
13-16	2%	2
17-20	1%	1
Total	106%	132

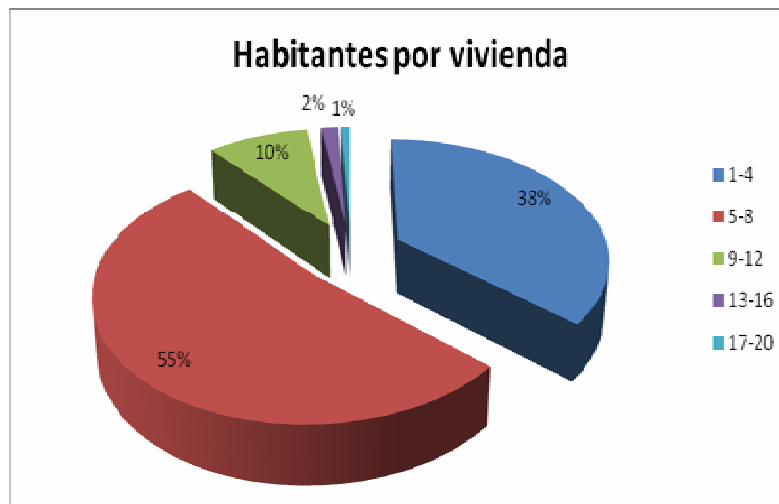


Figura 10-3 Porcentajes Habitantes por vivienda.

10.3.3 Ocupación

Frente a las ocupaciones hay 229 estudiantes en las viviendas, equivalente a un 30%. 262 personas, equivalentes a un 35% reportaron como su actividad principal el trabajo en diferentes ocupaciones.

A continuación se muestra en la tabla el porcentaje de las ocupaciones

Tabla 10-4 Distribución por ocupación de los habitantes.

Ocupación de los habitantes		
Ocupación	Porcentaje	Frecuencia
Estudiantes	30%	229
Ama de casa	16%	119
Servicio militar fuerzas armadas	1%	4
Trabaja	35%	262
Desempleado	3%	19
Discapacitado	1%	5
Madre comunitaria	0%	3
No reportan	15%	113
Total	100%	754

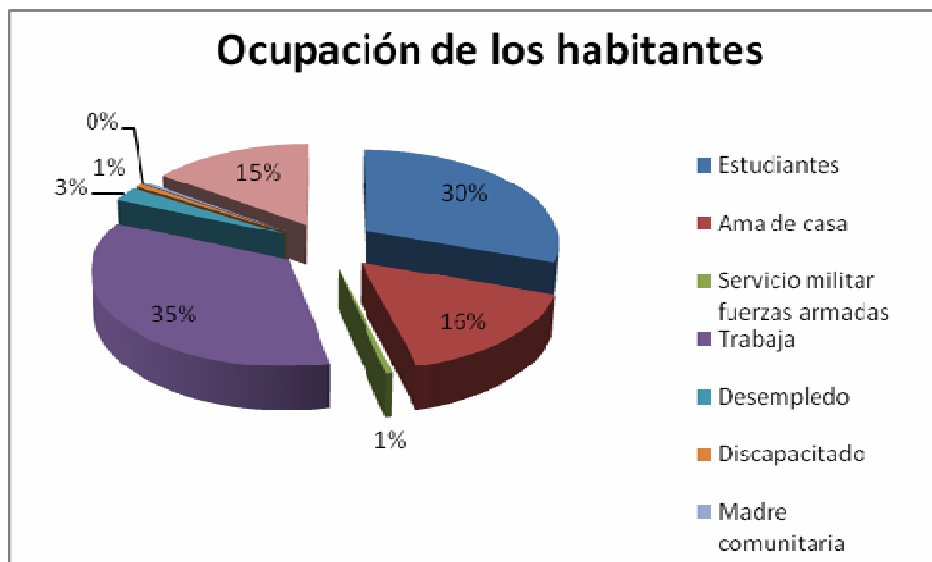


Figura 10-4 Porcentajes de distribución de ocupación de los habitantes.

10.3.4 Ingresos

Otro dato importante y determinante en la vulnerabilidad son los ingresos de los cuales dependen los habitantes de la vivienda, pues este afecta directamente las decisiones como movilidad, pago de arriendo, traslados, etc.

De las 262 personas que reportan estar vinculadas laboralmente el 56% informa que gana menos de un salario mínimo, porcentaje importante que muestra un grado importante de vulnerabilidad económica de los habitantes de la zona de estudio.

Tabla 10-5 Ingresos por trabajador.

Ingresos por trabajador		
Ingresos	Porcentaje	Frecuencia
< \$496.900	53%	147
\$496.000	10%	28
\$501000- \$800000	10%	28
\$801000- \$100000	2%	5
\$1001000- \$1500000	3%	7
\$1501000- \$2000000	5%	13
\$2001000- \$2500000	0%	0
> \$2500000	1%	2
No responde	16%	45
Total	100%	275

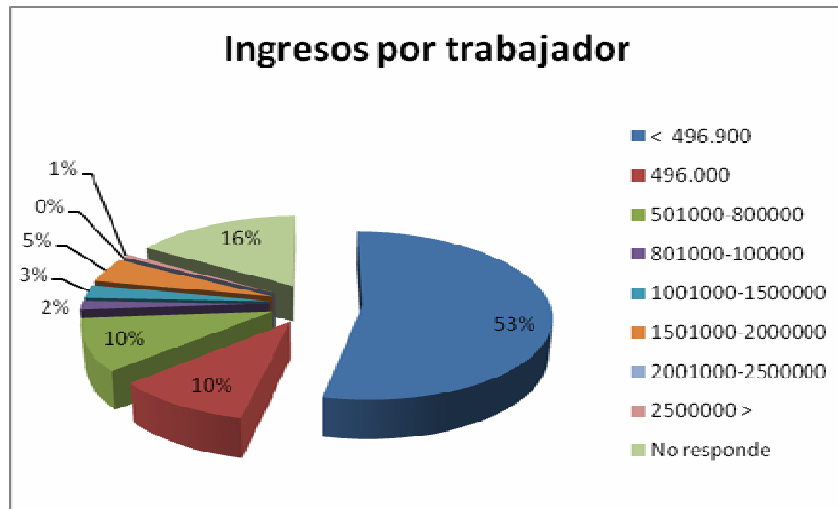


Figura 10-5 Porcentajes de distribución de ingresos mensuales por trabajador

En lo referente a ingresos por vivienda, es decir sumando los ingresos de las personas que laboran en cada una de las viviendas se encontró que el 34% gana de un salario mínimo a \$800,000, dato que también muestra un importante grado de vulnerabilidad, pues en promedio en cada vivienda viven 6 personas.

A continuación se muestran los resultados de los ingresos por vivienda.

Tabla 10-6 Ingresos por vivienda

Ingresos por vivienda		
Ingresos	Porcentaje	Frecuencia
< \$496.900	3%	4
\$496.000	22%	28
\$500,000-\$800000	14%	18
\$801,000-\$100,000	20%	25
\$1'001,000-\$1'500,000	13%	16
\$1'501,000-\$2'000,000	11%	14
\$2'001,000-	2%	3

Ingresos por vivienda		
Ingresos	Porcentaje	Frecuencia
\$2'500,000		
> \$'2500,000 >	5%	6
No responde	14%	18
Total	106%	132

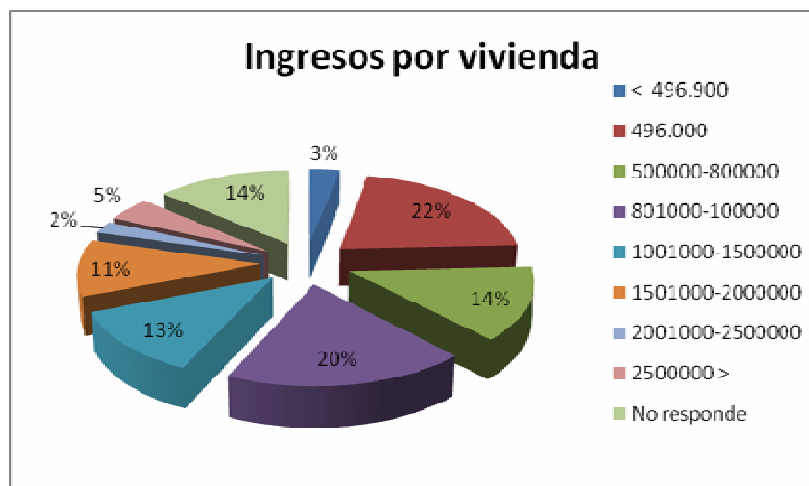


Figura 10-6 Porcentajes de distribución de ingresos por vivienda

10.3.5 Problemáticas del barrio

Con el propósito de identificar si la inestabilidad del terreno y de riesgo en las viviendas es de importancia para sus habitantes, se les consultó de manera general por los problemas del barrio, pregunta a la que respondieron 65 de los entrevistados; de los cuales 24 reportan la inestabilidad del terreno y las grietas de su casa como un problema, correspondiente a un 37%, porcentaje importante para el total, el siguiente problema que reportan como importante es la inseguridad en un 32%.

Aunque no todos los entrevistados respondieron el porcentaje de percepción de los daños de sus casas y el terreno como un problema o riesgo es importante, pues muestra que este es de importancia para los habitantes de las casas.

Tabla 10-7 Problemáticas del barrio

Problemas del barrio		
Ingresos	Porcentaje	Frecuencia
Agrietamiento de las viviendas	3%	2
Deslizamiento, inestabilidad del terreno	34%	22
Calles sin pavimentar	12%	8
Conflictos comunidad	3%	2
Desempleo	5%	3
Problemas de infraestructura del barrio	11%	7
Inseguridad	32%	21
Total	100%	65

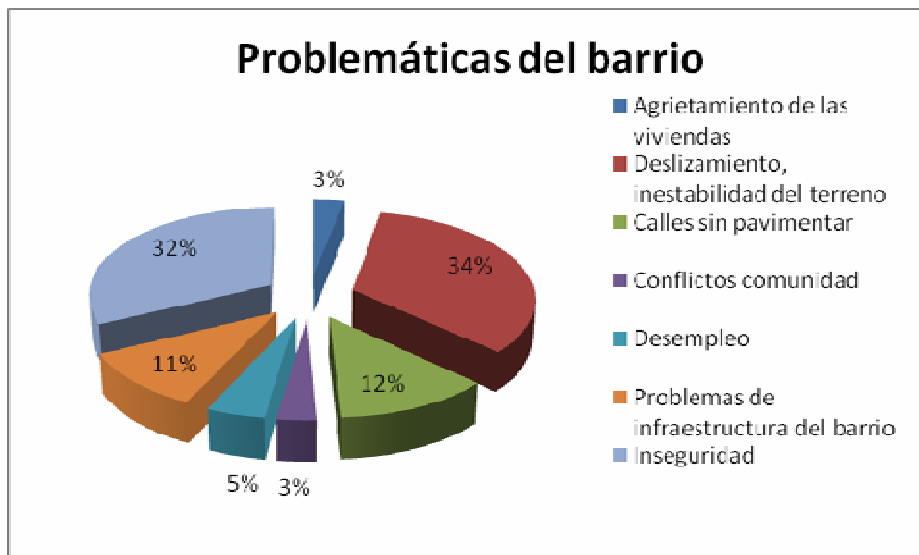


Figura 10-7 Porcentajes sobre el interés de pertenecer a algún grupo comunitario.

De manera general los barrios se encuentran en un grado importante de riesgo, teniendo en cuenta los datos antes mencionados y vistos de manera general se identifica un panorama de riesgo importante, ya que en los barrios habitan un número importante de menores de edad y adultos mayores, el número de habitantes por vivienda en general es alto (promedio 5 personas), y los ingresos son bajos en un porcentaje importante. Lo que muestra que en caso de emergencia o decisión de traslado la movilidad de los habitantes se ve afectada por estos factores.

Otros aspecto a destacar aunque no se consultó en la entrevista, pero se identificó en conversaciones informales y comentarios y solo salió en un 3% en las problemáticas es un bajo nivel de organización y participación de la comunidad para resolver las problemáticas generales del barrio, dejando esta labor a unos pocos, como los miembros de la Junta de Acción Comunal.

Se les preguntó si pertenecían a algún grupo comunitario obteniendo que un número importante (108) no hace parte de un grupo y solamente 18 responden que si pertenecen a la Junta de Acción Comunal; situación que incrementa la vulnerabilidad de los barrios.

10.4 Afectación social de la comunidad

Con el propósito de dar una visión más clara de la Vulnerabilidad social de las viviendas y la comunidad, se estableció con base en algunos de los criterios de la entrevista una escala de puntuación para clasificar las casas según el posible grado de afectación social. La puntuación se dio sobre tres criterios socio-económicos que consideramos importantes en el caso de un riesgo o en la toma de una decisión como respuesta a ello. Los criterios son: los Ingresos, el Número de personas que habitan la casa y el Número de menores que habitan la vivienda, En la siguiente Tabla se presenta la escala de puntuación mencionada según el criterio de socio-económico considerado.

Tabla 10-8 Escala definida para evaluación de la afectación social de la comunidad.

Criterio / Frecuencia	Puntuación	
<u>Ingresos</u> (Salario Mínimo)	> 1	4
	1 – 2	3
	3 – 4	2
	5 – 6	1
<u>Integrantes de la Vivienda</u>	7 >	4
	5 – 6	3
	4 – 3	2
	2 – 1	1
<u>Menores de Edad</u>	1 – 2	1
	3 – 4	2
	5 – 6	3
	7 – 8	4
	NO	0

A partir de la escala y criterios indicados, se le asignó un puntaje a cada una de las viviendas que tenían los datos mencionados, las cuales fueron en total 132 casas. Las puntuaciones oscilaron entre 10, el valor más alto, y 3, el más bajo.

Para lograr la clasificación de las viviendas mediante un grado de vulnerabilidad socio-económico Alto, Medio o Bajo, se asignaron los siguientes intervalos:

- ✓ Vulnerabilidad Alta: 9-10
- ✓ Vulnerabilidad Media: 7-8
- ✓ Vulnerabilidad Baja: 5-6

De las 132 viviendas visitadas se encontró que en vulnerabilidad social alta se encuentra un porcentaje bajo 7%, en vulnerabilidad media y baja se encuentra el porcentaje mayor distribuidos casi en el mismo porcentaje. Se destaca que existe un 7% que no se calificó pues no tenía la información completa de número de habitantes, menores de edad e ingresos por lo que no se considero pertinente darle una calificación.

A continuación se presentan los datos de la clasificación de vulnerabilidad.

Tabla 10-9 Clasificación vulnerabilidad social

Vulnerabilidad social		
Visitas	Porcentaje	Frecuencia
Alta	7%	16
Media	21%	51
Baja	20%	48
Datos incompletos	7%	17
<u>Total</u>	55%	132

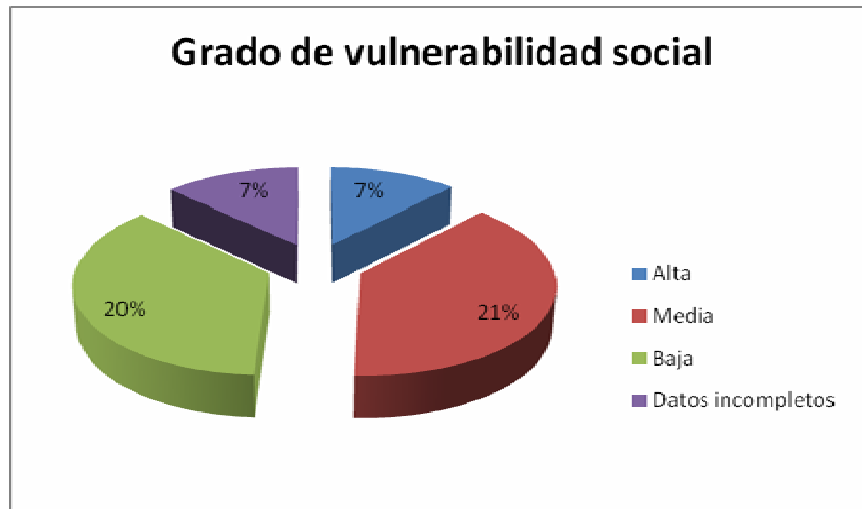


Figura 8. Porcentajes clasificación vulnerabilidad social.

En la siguiente tabla se presentan los tres datos mencionados para la clasificación de la vulnerabilidad social, del total de 132 viviendas visitadas.

Tabla 10-10 Evaluación de vulnerabilidad social

MANZANA/PREDIO	NUMERO DE HABITANTES	MENORES DE EDAD	INGRESOS	PUNTAJE	VULNERABILIDAD SOCIAL
2/2	4	2	\$796 900	6	BAJA
2/3	7	4	\$1 100 000	9	ALTA
2/7	6	3	\$993 800	8	MEDIA
3/9	7	1	\$993 800	8	MEDIA
3/12	3	1	\$993 800	8	MEDIA
3/13	3	1	\$496 900	6	BAJA
5/3	5	2	\$745 350	7	MEDIA
5/4	5	3	\$745 350	8	MEDIA
5/4B	8	4	\$993 800	9	MEDIA
5/6	7	3	\$2 530 000	7	MEDIA

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

MANZANA/PREDIO	NUMERO DE HABITANTES	MENORES DE EDAD	INGRESOS	PUNTAJE	VULNERABILIDAD SOCIAL
6/1	8	1	\$ 796 900	7	MEDIA
06/03	15	7	\$ 1 100 000	10	ALTA
06/04	8	2	\$ 993 800	5	BAJA
06/05	6	3	\$ 993 800	8	MEDIA
06/07	8	5	\$ 993 800	10	ALTA
06/08	7	4	\$ 496 900	9	ALTA
07/02	4	1	\$ 745 350	6	BAJA
07/04	4	2	\$ 745 350	6	BAJA
07/05	12	5	\$ 993 800		
07/07	4	2	\$ 2 530 000	6	BAJA
07/10	4	0	\$ 496 900	5	BAJA
08/06	3	0	\$ 1 987 600	4	BAJA
09/03	6	2	\$ 1 696 900	6	BAJA
09/04	3	1	\$ 496 900	6	BAJA
09/05	4	2	\$ 496 900	5	BAJA
09/07	5	2	\$ 496 900	7	MEDIA
09/08	7	3	\$ 993 800	9	ALTA
09/09	3	3	\$ 496 900	7	MEDIA
10/01	6	3	\$ 496 900	8	MEDIA
10/02	6	4	\$ 496 900	8	MEDIA
10/03	3	1	\$ 993 800	6	BAJA

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

MANZANA/PREDIO	NUMERO DE HABITANTES	MENORES DE EDAD	INGRESOS	PUNTAJE	VULNERABILIDAD SOCIAL
10/04	6	3	\$ 600 000	8	MEDIA
10/05	7	3	\$ 496 900	9	ALTA
11/04	6	3	\$ 646 900	8	MEDIA
11/05	4	2	NR		
11/09	4	2	NR		
11/11	5	0	\$ 2 981 400	4	BAJA
11/12	6	1	\$ 993 800	7	MEDIA
11/13	7	3	\$ 745 350	9	ALTA
11/14	3	0	\$ 993 800	5	BAJA
12/02	5	3	\$ 800 000	8	MEDIA
13/01	3	1	\$ 746 900	6	BAJA
13/05	10	4	\$ 1 490 700	8	MEDIA
13/06	3	0	NR		
13/07	3	0	\$ 1 490 700	4	BAJA
13/08	6	4	\$ 100 000	9	ALTA
13/09	6	2	\$ 1 060 000	7	MEDIA
14/03	5	1	\$ 1 490 700	6	BAJA
15/08	3	0	NR		
15/17	6	1	\$ 496 900	7	MEDIA
15/18	7	2	\$ 1 493 800	7	MEDIA
15/22	4	2	\$ 496 900	6	BAJA

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

MANZANA/PREDIO	NUMERO DE HABITANTES	MENORES DE EDAD	INGRESOS	PUNTAJE	VULNERABILIDAD SOCIAL
15/23	4	1	\$ 993 800	6	BAJA
15/24	4	0	\$ 1 800 000	4	BAJA
15/26	3	1	\$ 993 800	6	BAJA
15/28	4	1	\$ 496 900	6	BAJA
15/29	5	3	\$ 993 800	7	MEDIA
15/30	5	2	\$ 1 196 900	7	MEDIA
15/31	8	1	\$ 1 987 600	7	MEDIA
15/34	6	3	NR		
16/03	6	4	\$ 496 900	8	MEDIA
16/04	5	3	\$ 496 900	8	MEDIA
16/05	4	1	\$ 496 900	6	BAJA
16/06	2	0	NR		
15/08	5	3	\$ 776 900	8	MEDIA
16/10	9	2	NR		
17/02	5	1	\$ 1 987 600	6	BAJA
17/05	7	4	NR		
17/06	6	3	\$ 496 900	8	MEDIA
17/08	5	2	\$ 496 900	7	MEDIA
17/10	5	2	\$ 496 900	7	MEDIA
17/14	3	1	NR		
17/15	4	2	\$ 745 350	6	BAJA

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

MANZANA/PREDIO	NUMERO DE HABITANTES	MENORES DE EDAD	INGRESOS	PUNTAJE	VULNERABILIDAD SOCIAL
17/16	4	1	\$ 496 900	6	BAJA
17/19	10	3	\$ 2 193 800	6	BAJA
17/20	4	1	NR		
17/25	7	1	\$ 2 484 500	6	BAJA
17/26	2	0	\$ 248 450	5	BAJA
17/27	3	0	\$ 496 900	4	BAJA
17/28	9	5	\$ 1 490 700	9	ALTA
17/29	6	2	\$ 993 800	7	MEDIA
17/30	4	1	\$ 993 800	6	BAJA
17/31	3	1	\$ 600 000	6	BAJA
17/46	6	3	\$ 1 987 600	7	MEDIA
17/47	9	5	\$ 1 490 700	9	ALTA
17/48	2	1	NR		
17/49	5	1	\$ 1 987 600	6	BAJA
17/52	7	2	\$ 496 900	8	MEDIA
17/53	1	0	NR		
17/54	4	2	\$ 1 693 800	5	BAJA
18/01	5	2	\$ 993 800	7	MEDIA
18/02	6	1	\$ 1 987 600	6	BAJA
18/05	4	2	\$ 993 800	6	BAJA
18/08	4	1	\$ 993 800	6	BAJA

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

MANZANA/PREDIO	NUMERO DE HABITANTES	MENORES DE EDAD	INGRESOS	PUNTAJE	VULNERABILIDAD SOCIAL
18/12	7	5	\$ 844 900	10	ALTA
18/15	6	3	\$ 745 350	9	ALTA
18/17	5	2	NR		
81/01	3	0	\$ 993 800	5	BAJA
81/03	5	0	\$ 993 800	6	BAJA
81/05	5	3	\$ 993 800	8	MEDIA
92/02	6	2	\$ 80 000	8	MEDIA
92/04	4	2	\$ 526 900	8	MEDIA
92/10	9	3	NR		
92/04	3	0	\$ 850 000	6	MEDIA
92/13	10	3	\$ 2 287 600	8	MEDIA
92/18	4	0	\$ 496 900	5	BAJA
92/20	6	1	\$ 1 996 900	6	BAJA
92/21	4	2	\$ 993 800	6	BAJA
92/22	8	2	\$ 1 053 800	6	BAJA
92/26	5	2	\$ 800 000	7	MEDIA
92/27	4	1	\$ 496 900	6	BAJA
93/01	8	2	\$ 1 490 700	8	MEDIA
93/05	5	2	\$ 496 900	7	MEDIA
93/07	8	2	\$ 2 770 000	8	MEDIA
93/09	6	1	\$ 1 490 700	7	MEDIA

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

MANZANA/PREDIO	NUMERO DE HABITANTES	MENORES DE EDAD	INGRESOS	PUNTAJE	VULNERABILIDAD SOCIAL
93/10	6	1	\$ 1 211 900	7	MEDIA
93/11	15	7	\$ 2 737 600	10	ALTA
93/12	5	3	\$ 500 000	8	MEDIA
93/14	7	4	NR		
94/01	17	8	\$ 1 987 600	10	ALTA
94/02	9	6	\$ 1 987 600	9	ALTA
94/04	7	2	\$ 896 900	8	MEDIA
94/05	3	0	\$ 4 600 000	3	BAJA
94/06	6	1	\$ 700 000	7	MEDIA
94/07	3	0	>496900	5	BAJA
95/01	10	2	\$ 1 490 700	7	MEDIA
95/02	8	3	\$ 996 900	9	ALTA
95/03	5	2	\$ 496 900	7	MEDIA
95/04	5	1	\$ 1 696 900	6	BAJA
95/05	12	4	NR		
95/06	10	4	\$ 1 987 600	8	MEDIA
95/07	3	1	\$ 1 000 000	6	BAJA

11 AMENAZA

11.1 INTRODUCCION

La amenaza se debe entender como la probabilidad de que ocurra la falla para cualquier mecanismo en un determinado lapso de tiempo. Esta amenaza se relaciona con el sitio puntual según el tipo de movimiento o mecanismo de falla. En este capítulo se obtienen los factores de seguridad asociados con la falla de los materiales y sus condiciones de amenaza.

Se puede definir para las condiciones del suelo el siguiente modelo de análisis:

- Se definen la o las secciones típicas para análisis, la configuración o perfil geotécnico y sus propiedades mecánicas.
- Posterior a esto se define el mecanismo de falla y los niveles de amenaza, que son función del factor de seguridad FS para las combinaciones de variables aleatorias extremas y la probabilidad de ocurrencia como son: parámetros geomecánicos (c y ϕ) e influencia de los sismos y las lluvias.
- Se desarrolla el análisis probabilístico de amenaza para tres escenarios: en condiciones actuales, mediano plazo a 10 años y a largo plazo para 50 años.
- Se definen cada uno de los sectores asociados de probabilidad y se consolida a través del plano geomorfología, con el fin de mantener asociado los procesos a las definiciones de amenaza.

Para el análisis se definieron ocho secciones de análisis, la sección No. A-A, B-B, C-C, D-D, E-E, F-F, G-G y H-H, que se presentan en el Plano 2 y su localización en el Plano 1, en las cuales en el marco de interrelación geológica y geotécnica se identificaron los espesores de materiales y sus características.

Estas secciones presentan las condiciones más críticas de espesor de materiales y pendiente, y dada su longitud y disposición se tienen en cuenta la totalidad de la zona de estudio.

11.2 CONDICIONES DEL MECANISMO DE FALLA DE LA ZONA

Las condiciones de suelo contempla en general los siguientes espesores de material:

- Depósitos de ladera y rellenos antrópicos con espesores variables y máximo de 4.00 m.
- Formación Marichuela con espesor variable y de máximo 5.00 m
- Suelo residual de arcillolita perteneciente a la Formación Usme con un espesor de máximo 3.00 m.
- Formación Usme. Con prevalencia de arcillolita con intercalaciones de lentes de arenisca
- En las zonas bajas se presenta materiales aluviales pertenecientes a la Quebrada Santa Librada en contacto con la Formación Marichuela y Usme.

Los mecanismos de falla presente en el área de trabajo son de tipo compuesto con componente principal traslacional y hacia los bordes tipo rotacional. La componente traslacional se desarrolla a lo largo de la pendiente estructural de la Formación Usme, sobre los suelos residuales de la misma. Para el análisis y en sentido práctico se adelanta con superficies circulares de radio amplio las cuales generan dentro del plano de falla condiciones traslacionales. No obstante para las zonas más críticas se desarrolló falla traslacional utilizando la herramienta del Slide como búsqueda de bloques y falla compuesta la cual simula el mecanismo de falla planteado.

De acuerdo con lo observado en campo no se esperan fallas locales de espesores de la Formación Marichuela, pero en los rellenos o depósitos antrópicos es posible que se generen superficies más cortas. El proceso de falla principal esta asociado directamente con el contacto de los materiales con los suelos residuales de la Formación Usme, los cuales son con predominio arcilloso y con pendiente estructural favorable al movimiento. Hoy en día estas fallas son predominantemente locales, pero se observa tendencias progresivas de falla en bloque generando zonas de deformaciones por alivio y por presión especialmente en el sector bajo.

Dentro del desarrollo de este proyecto se instalaron inclinómetros los cuales se observan pequeños desplazamientos. Estas velocidades hoy en día pueden ser clasificados como reptamiento o flujo lento (creep) con valores menores a 6 mm al mes (<0,6 m/año).

El informe de monitoreo anterior no obstante determinó tasas de movimiento del orden de 3,5 mm al día demostrando tasas tipo flujo lento (1,5 m/año – 1,5 m/mes). Estas condiciones de cambios de velocidad demuestran la importancia del agua dentro del proceso de ablandamiento de la masa de suelo incidiendo en la estabilidad.

11.3 VARIABLES ALEATORIAS: LÍMITES

Se consideran como variables aleatorias o fuentes de incertidumbre: la cohesión, el ángulo de fricción, el grado de reblandecimiento de los materiales (relacionado con la lluvia o la presencia de presiones de agua) y la aceleración sísmica.

11.3.1 Variables geotécnicas estudios previos

Los valores de cohesión y ángulo de fricción se obtuvieron del análisis de la información de referencia, de ensayos de laboratorio (cortes directos), el ensayo de penetración estándar y de un análisis retrospectivo utilizando el programa SLIDE.

La información geotécnica existente tiene además como base la presentada en el Estudio Geotécnico sector El Pedregal Fase II realizado por el INGEOMINAS, la información del estudio realizado por IEH- GRUCON Ltda. y la información de los ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ASESORIAS EN GEOTECNIA Y DISEÑOS ESTRUCTURALES contratado por el ACUEDUCTO DE BOGOTA a C.I.C. Consultores de Ingeniería y Cimentaciones.

Los resultados de propiedades de los materiales para estos estudios se indican en la Tabla 11-1:

11.3.2 Variables geotécnicas estudio actual

De los cortes directos realizados para el presente estudio se tomaron dos muestras que pertenecen a los suelos residuales de la arcillolita:

- Sondeo 1 muestra 10
- Cohesión 0.20 Kg/cm^2
- Angulo de fricción 15.9°

- Sondeo 8 muestra 7
- Cohesión 0.08 Kg/cm^2
- Angulo de fricción 19.3°

Los parámetros obtenidos de la correlación del ensayo de penetración estándar para este estudio se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 11-1 Parámetros de resistencia obtenidos del SPT

Material	Límite	C (t/m^2)	ϕ
Rellenos	Limite superior (LS)	0,20	33
	Media (M)	0,00	30
	Limite inferior (LI)	0,00	22
Formacion marichuela	Limite superior (LS)	0,94	41
	Media (M)	0,63	34
	Limite inferior (LI)	0,49	24
Residual de arcillolita	Limite superior (LS)	0,35	45
	Media (M)	0,00	45
	Limite inferior (LI)	0,00	27
Formacion usme	Limite superior (LS)	0,80	45
	Media (M)	0,00	45
	Limite inferior (LI)	0,32	29

11.3.3 Análisis retrospectivo

Para el modelo de calibración de los parámetros de resistencia por el método retrospectivo para la estabilidad del sector de análisis, se hace la presunción que los materiales con condiciones críticas y asociados a la emergencia reportada fueron los depósitos superficiales incluyendo la Formación Marichuela en estado de saturación. Por lo que se toma como una sola unidad los depósitos de ladera y rellenos antrópicos, el espesor de la formación Marichuela y el lente de residual de arcillolita. Se analiza el modelo para obtener los parámetros de resistencia dependiendo de la superficie de falla en contacto con la formación Usme.

Para el análisis por modelo retrospectivo se consideraron dos tipos de modelo:

- Saturación por el aumento del nivel piezométrico.
- Análisis con el parámetro ru.

Se analizó la sección A-A' como sección crítica ya que sobre ella se encuentra una zona ya evacuada de las viviendas y se presenta a lo largo de ella diferentes procesos de remoción. De la misma manera se analizó la sección B-B' en la zona donde se identificó en campo un proceso, cerca de donde ocurrió la ruptura del tubo.

11.3.4 Análisis nivel piezométrico máximo sección A-A'

El nivel piezométrico considera que el suelo estado saturado al momento de generarse la falla, colocando este nivel muy cerca de la superficie del suelo. Se analizaron 4 tipos de opciones para la calibración. Un modelo de orden general cubriendo toda la sección, un modelo en la parte baja de la sección, un modelo en la parte media y otro en la parte alta de la sección, con el fin de obtener los mejores resultados.

Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 11-2 Valor de los parámetros calibrados nivel piezométrico alto y factores de seguridad

SECCION A	ZONA	FS	C KN/m ²	ϕ
	BAJO	1,03	11	18
	MEDIO	1,01	18	21
	ALTO	0,98	9	17
	GENERAL	1,01	15	20

11.3.5 Análisis parámetro ru del talud

Se realizó la valoración de parámetro ru para obtener un valor de factor de seguridad cercano a 1. De igual forma se consideraron las tres instancias de análisis general, parte baja del talud; media y alta. Los resultados luego de diferentes corridas para las dos secciones A –A' y B-B' y con el valor de ru final se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 11-3 valor de lo parámetros calibrados ru y factores de seguridad

SECCION	ZONA	FS	C KN/m ²	ϕ	ru
SECCION A	BAJO	1,009	12	24	0,4
	MEDIO	1,018	18	24	0,4
	ALTO	1,011	11	20	0,4
	GENERAL	1,012	19	20	0,4
SECCION B	BAJO	0,981	13	22	0,4
	MEDIO	1,004	14	23	0,4
	ALTO	0,996	7,5	18	0,4
	GENERAL	1,005	13	23	0,4

11.3.6 Análisis sección B-B' con diferentes modelos de calibración de agua para la zona de evento por ruptura de tubería.

Se analiza la sección B-B' en la parte alta de la ladera donde sucedió el evento con la ruptura del tubo. El análisis busca determinar para diferentes condiciones de agua los

valores geotécnicos que brindan un factor de seguridad cercanos a 1.0 asociado a la falla que se presentó. Este análisis se realiza para:

- Valores diferentes de r_u
- Nivel de agua al 60% del nivel piezométrico máximo (nivel del terreno).
- Nivel de terreno
- Para la precipitación máxima esperada.
- Análisis con Groundwater de la tabla de agua según piezómetros de campo

Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 11-4 Valor de los parámetros calibrados sección B-B' y factores de seguridad

SECCION B FALLA	CONSIDERACION	FS	C KN/m ²	ϕ
	ru de 0,20	0,970	10	20
	nivel de agua a 60%	0,950	12	18
	nivel de agua máximo	0,870	13	22
	precipitación	0,980	15	18
Elementos finitos	0,996	12	16	

11.3.7 Análisis estabilidad sección A-A' con datos reales de corte directo estudio

Con la sección A-A' y los valores medios de corte directo obtenidos para este estudio se realizó una calibración del valor de r_u para un factor de seguridad cercano a 1.0. Esto permite determinar a lo largo de la ladera con que condición de agua se generaría problemas de inestabilidad. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 11-5 Estabilidad sección A-A' con datos de corte directo estudio

SECCION A	ZONA	FS	C KN/m ²	ϕ	r_u
	BAJO	0,980	14	18	0,40
	MEDIO	1,000	14	18	0,12
	ALTO	1,020	14	18	0,50
	GENERAL	1,000	14	18	0,12

11.3.8 Análisis estabilidad sección A-A' con evolución retrogresiva de falla de ladera

Con la sección A-A' se realizó la valoración de estabilidad de la ladera para un factor de seguridad cercano a 1,0 con suelos en condición residual a la falla, es decir sin cohesión, calibrando el valor del parámetro de presión de poros r_u .

Esto se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 11-6 Evolución retrogresiva de falla de ladera

SECCION A	ZONA	FS	ϕ	ru
	BAJO	0,990	31	0,0
	MEDIO	1,004	38	0,0
	ALTO	1,007	36	0,2
	GENERAL	1,039	32	0,0

11.3.9 Análisis de parámetros

De los parámetros obtenidos anteriormente de las diferentes fuentes se realizan y se analizan las graficas para obtener los parámetros definitivos de análisis para cada material. Se identifican con las siguientes convenciones:

IE: Información existente de referencia

CIC: Informe CIC

LS/M/LI: Límite superior, medio y límite inferior respectivamente

CD: Corte directo

AR: Análisis retrospectivo

Para cada valor se obtuvieron los siguientes datos, determinado con un recuadro el valor a utilizar en el modelo de análisis:

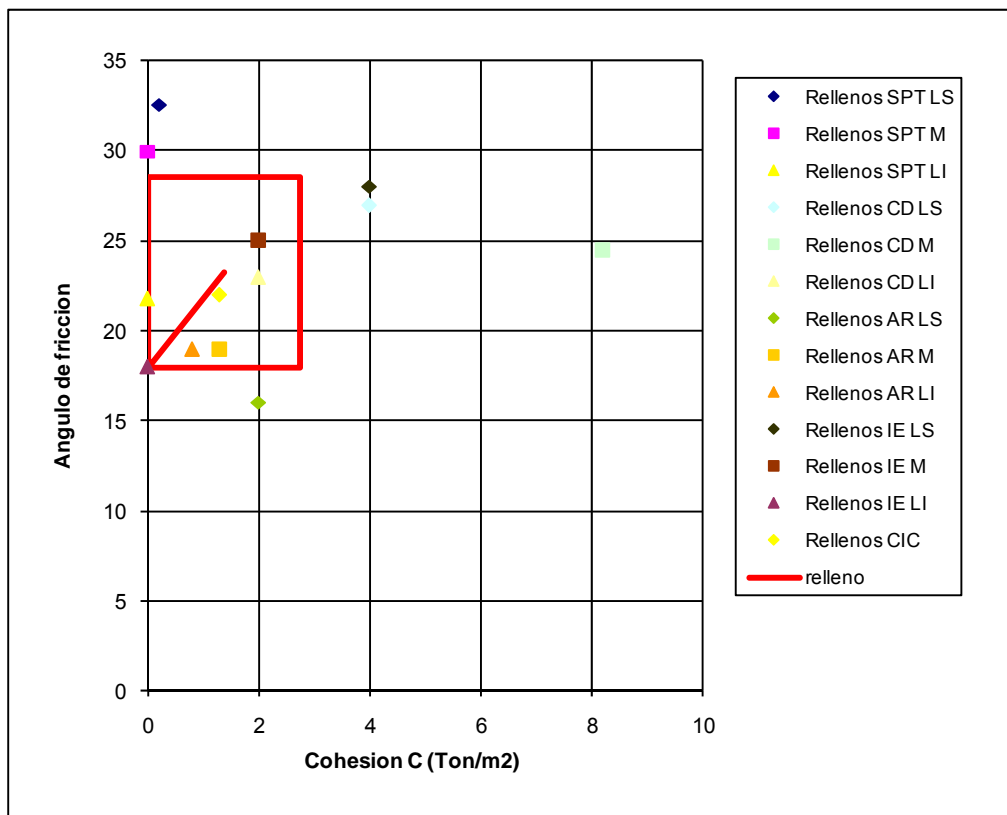


Figura 11-1 Parámetros geomecánicos Relleno

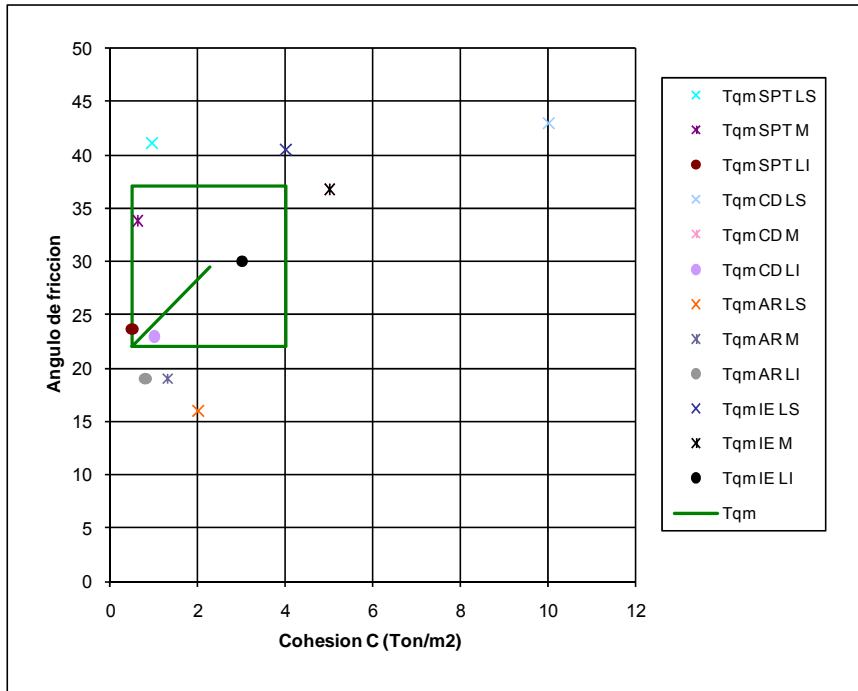


Figura 11-2 Parámetros geomecánicos Formación Marichuela Tqm

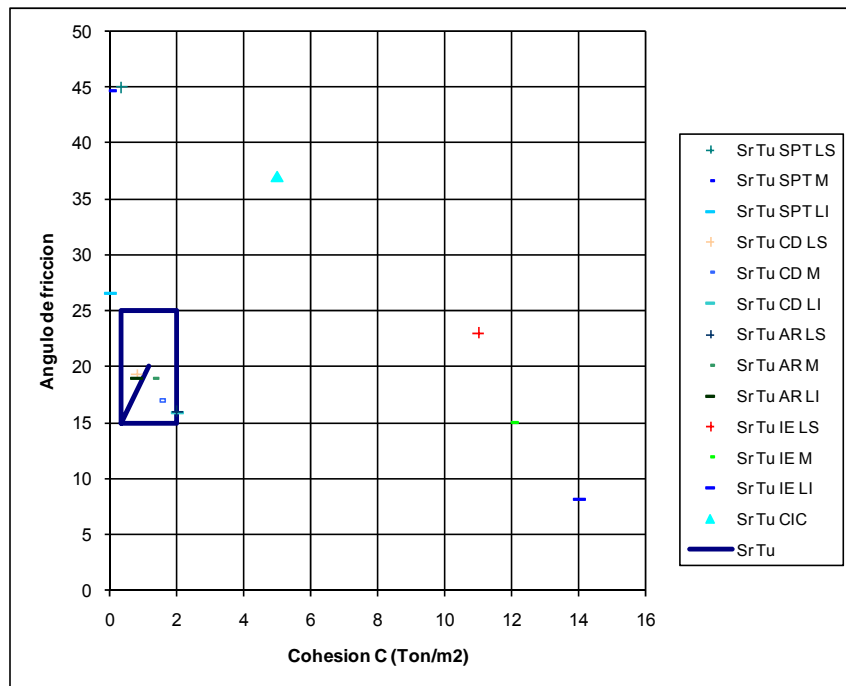


Figura 11-3 Parámetros geomecánicos residual de arcillolita (Formación Usme) Sr Tu

11.3.10 Parámetros geomecánicos definitivos de análisis

Para el análisis de amenaza se contempló un modelo de comportamiento uniforme, en donde existe un valor medio y dos límites máximo y mínimo. El modelo contempla la combinación de cada valor dentro de estos límites en forma proporcional sin brindar un mayor peso dentro del modelo a un valor específico. Esto permite determinar un modelo conservador teniendo en cuenta la alta variabilidad obtenida de parámetros ya se sea de información secundaria y directa.

Teniendo en cuenta las condiciones de inestabilidad existentes en la zona de acuerdo con los reportes de emergencias, viviendas evacuadas y demolidas, grietas determinadas en el informe de monitoreo, se ajustaron las propiedades geomecánicas condicionando a valores bajos a nulos de cohesión y ángulo de fricción coherentes dentro de procesos residuales de falla. Estas propiedades son definidas como críticas.

Los parámetros definitivos de análisis para la estabilidad son los siguientes:

Tabla 11-7 Propiedades definitivas de análisis

Material	Borde de análisis	C Ton/m ²	Angulo de fricción ϕ
Relleno	Máximo	2.75	29
	Medio	1.37	23
	Mínimo	0.00	18
Tqm Formación Marichuela	Máximo	4.00	25
	Medio	2.25	20
	Mínimo	0.50	15
Sr Tu Residual de arcillolita	Máximo	2.00	25
	Medio	1.17	20
	Mínimo	0.35	15
Formación Usme	Máximo crítico	0,4	20
	Medio crítico	0,2	18
	Mínimo crítico	0,0	16

11.3.11 Análisis de agua en el sector

Se realizó la calibración del nivel de agua en condiciones actuales con los resultados de los piezómetros ubicados en la zona para este estudio. Para el análisis se utilizó el modulo de Groundwater del programa Slide que utiliza elementos finitos. Es importante

tener en cuenta los órdenes de magnitud de permeabilidad, para lo cual se incluye la siguiente tabla (Bowles):

Tabla 11-8 Orden de magnitud de valores de permeabilidad (m/s)

1x10e0	1x10e-2	1x10e-5	1x10e-9	1x10e-11
	Gravas limpias GW, GP	Gravas limpias y arenas mezcladas GW, GP, Sw, SP, GM	Arenas y Limos SM, SL, SC	Arcillas

La red de elementos finitos para la sección A-A' se muestra en la siguiente figura:

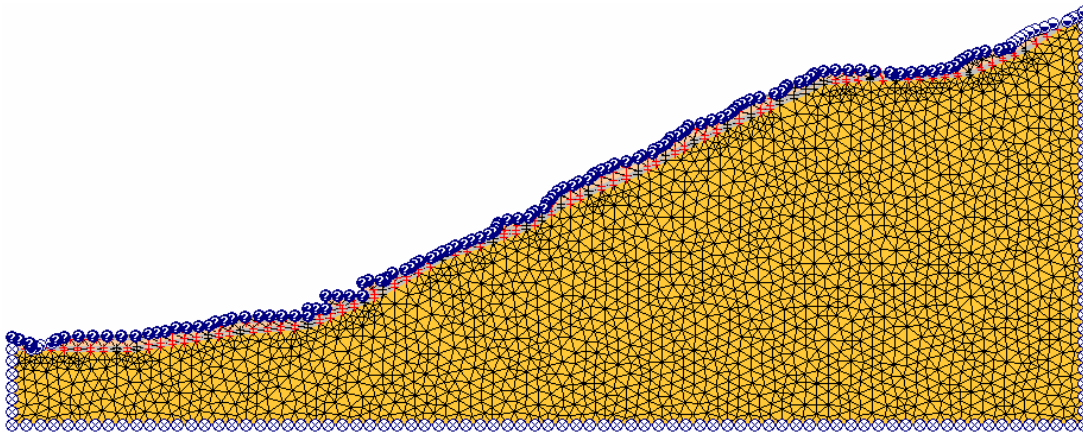


Figura 11-4 Red de elementos finitos sección A-A' calibración de agua

Se analizó los parámetros de permeabilidad del suelo con una red de flujo natural, en donde con el apoyo de los piezómetros y niveles freáticos del sector se calibraron los parámetros de permeabilidad del suelo.

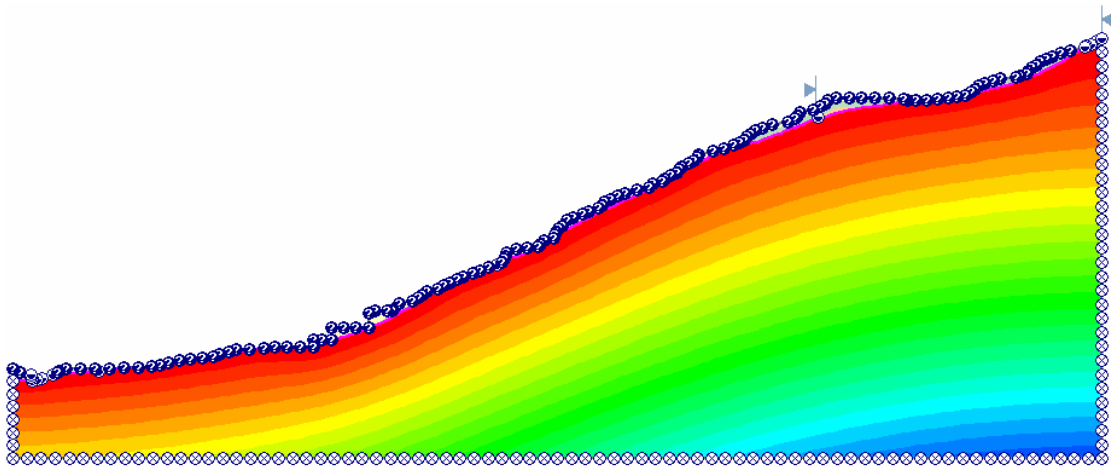


Figura 11-5 Tabla de agua obtenida de los piezómetros

De lo anterior se tiene que la permeabilidad de los diferentes estratos de materiales presentes en la zona de estudio son: a) para los materiales superficiales, rellenos formación Marichuela y el residual de arcillolita se calcula un valor de permeabilidad de 1×10^{-5} m/s. Para el material Tu formación Usme una permeabilidad de 1×10^{-10} m/s.

Con este modelo se realiza la calibración de las demás secciones para el análisis de amenaza.

11.3.12 Condiciones de sismo

Para los análisis se contempla un valor de 0,30 g que corresponde a zona II Piedemonte.

11.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Para el análisis se sectorizó la zona de estudio dadas las condiciones geológicas y morfológicas, donde se encontraron límites estructurales o de materiales. Se realizó una división de las secciones en 6 zonas de análisis. Esto se muestra en la siguiente figura:

- Zona uno que comprende Ladera estructural denudacional-Dura.
- Zona dos que comprende Ladera depositacional denudacional antigua.
- Zona tres que comprende Ladera coluvial denudacional sobre arcilla.
- Zona cuatro que comprende Ladera depositacional-antrópica-intervenida.
- Zona cinco que comprende Laderas explanada-intervenida y estructural denudacional-Intervenida.
- Zona seis que comprende Ladera depositacional-aluvio torrencial- intervenida.

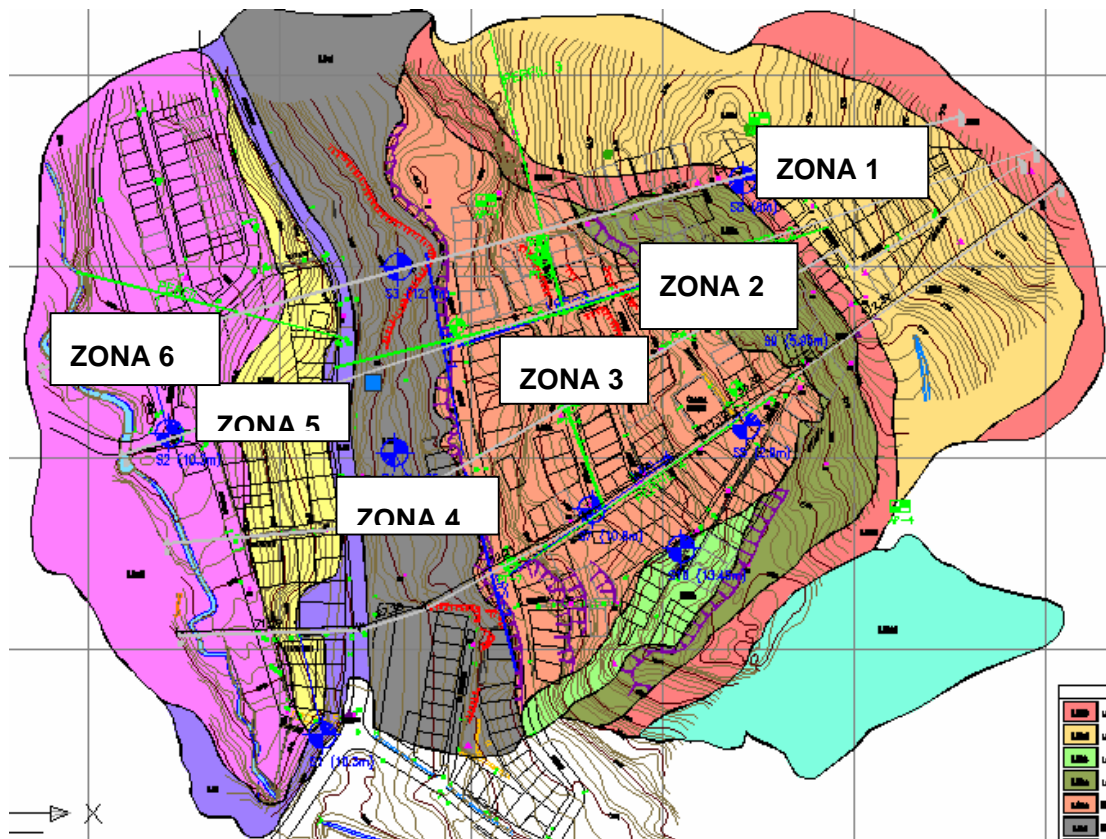


Figura 11-6 zonas de análisis de estabilidad

Se analizaron las 8 secciones para los siguientes variables de evaluación de amenaza las siguientes condiciones.

- En condiciones normales se analizó con el nivel de agua actual registrado por los piezómetros.
- Con sismo se analizó un sismo de 0.30 g aceleración máxima de la zona de estudio según la Microzonificación Sísmica de Bogotá.
- En condiciones extremas de agua. Se dispone una tabla de agua muy cerca de la superficie.
- En condiciones con un sismo de 0.3 g, aceleración máxima de la zona y el nivel de agua máximo.

A partir de las secciones A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', G-G' y H-H' en las cuales se obtuvieron los perfiles geotécnicos se realizó un análisis de estabilidad empleando como herramienta de software el programa Slide5.0. Se calcularon los factores de seguridad y

probabilidad de falla en cada uno de los tramos en los que se dividió cada una de las secciones.

Cada tramo a su vez fue evaluado en función de las diferentes superficies de falla que pudiera llegar a presentar con lo cual todo el tramo queda dentro de un determinado valor de factor de seguridad lo cual permitirá generar una zonificación mas acertada.

Cada análisis de estabilidad realizado sobre cada uno de los tramos considero la ocurrencia de cada uno de los siguientes escenarios:

- Condición normal: este escenario considera la ladera con nivel de agua calibrado por medio de los piezómetros ubicados en la zona y empleando el modelo Groundwater del programa Slide5.0
- Condición normal mas sismo: este escenario considera el nivel de agua igual que en el escenario anterior mas la ocurrencia del evento sísmico
- Condición agua extrema: este escenario considera un nivel de agua muy cercano al nivel del terreno natural.
- Condición agua extrema mas sismo: este escenario considera el nivel de agua igual que en el escenario anterior mas la ocurrencia del evento sísmico

Los parámetros de resistencia para cada uno de los materiales involucrados en el modelo son los descritos anteriormente.

Los sectores para cada una de las secciones y aquellas cuyo análisis fue general se presentan a continuación:

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

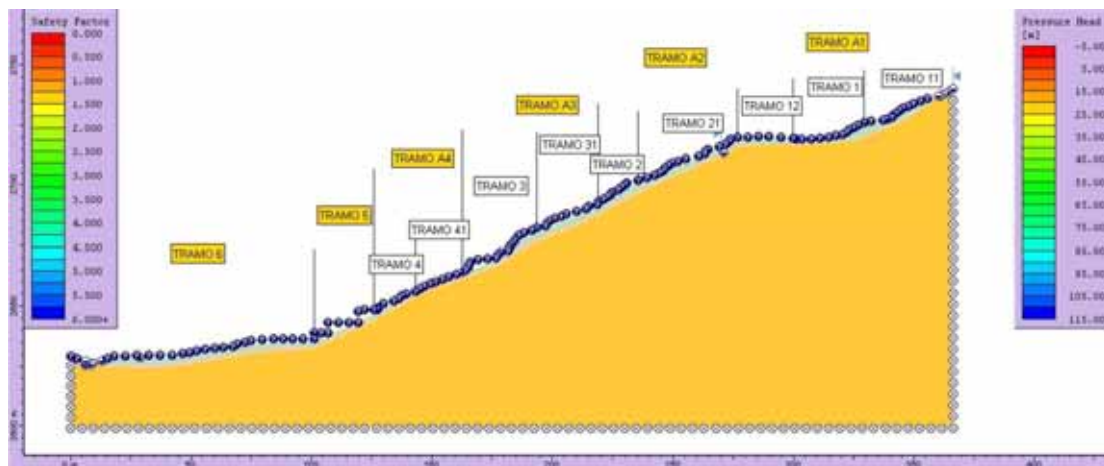


Figura 11-7 Sectores sección A-A'

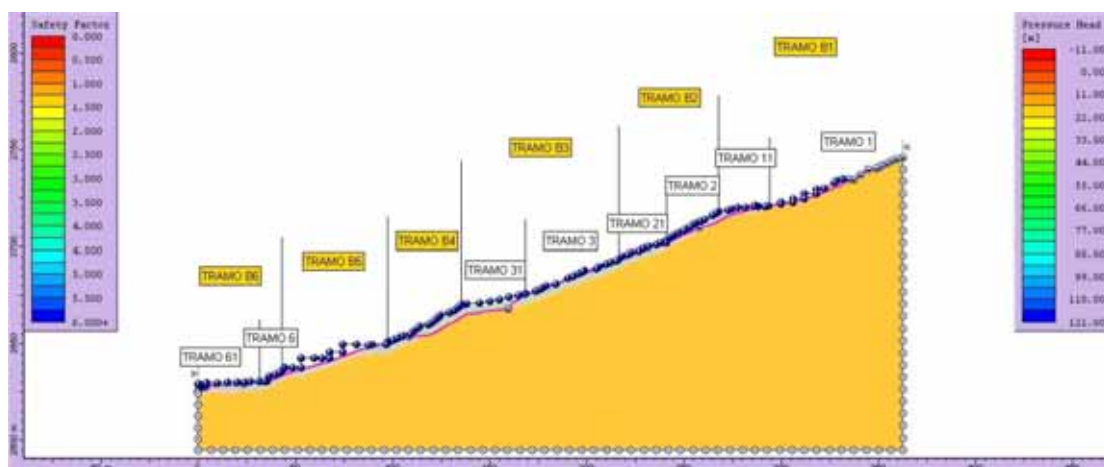


Figura 11-8 Sectores sección B-B'

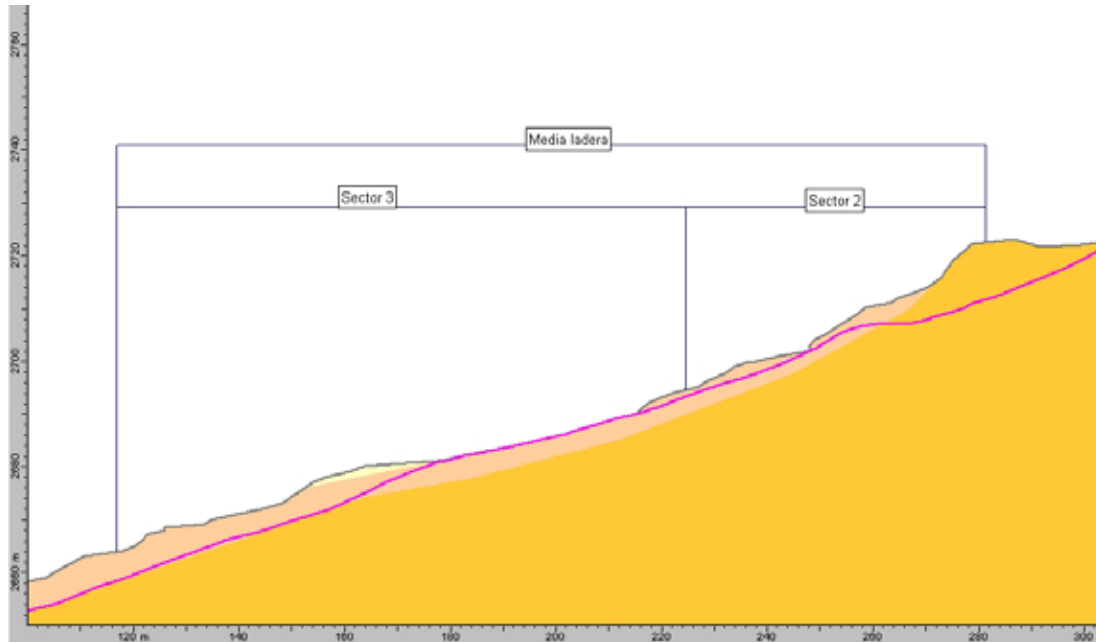


Figura 11-9 Sectores sección C-C'

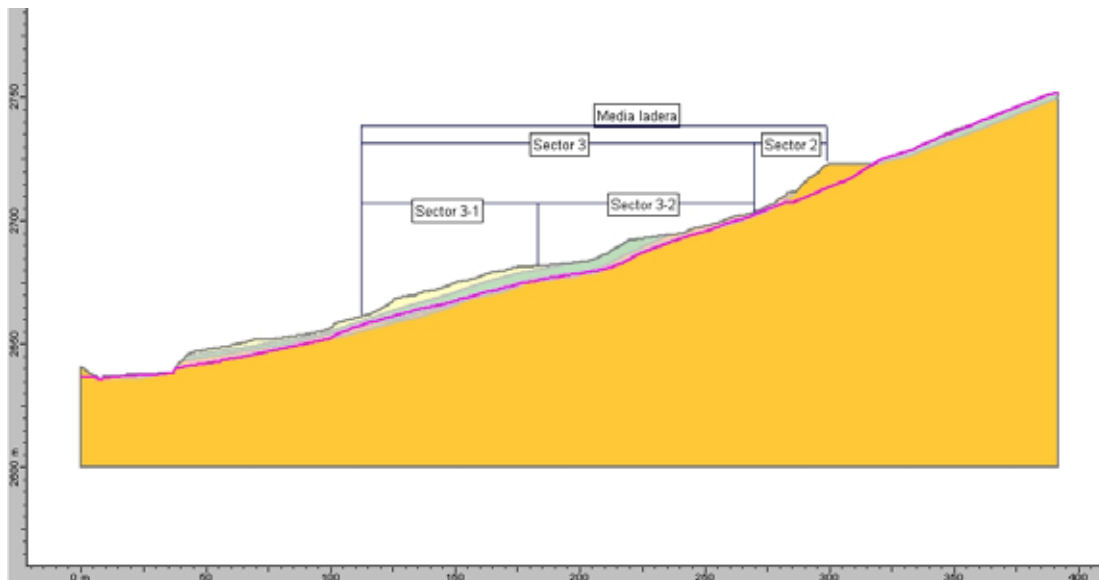


Figura 11-10 Sectores sección D-D'

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.



Figura 11-11 Sección E-E'

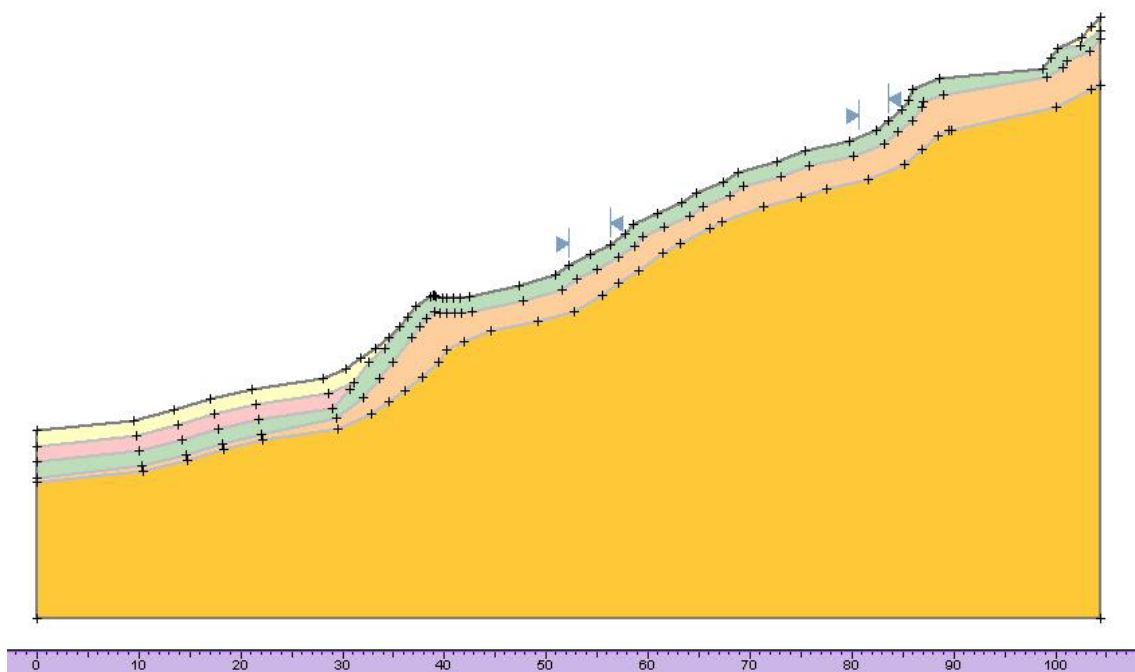


Figura 11-12 Sección F-F'

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

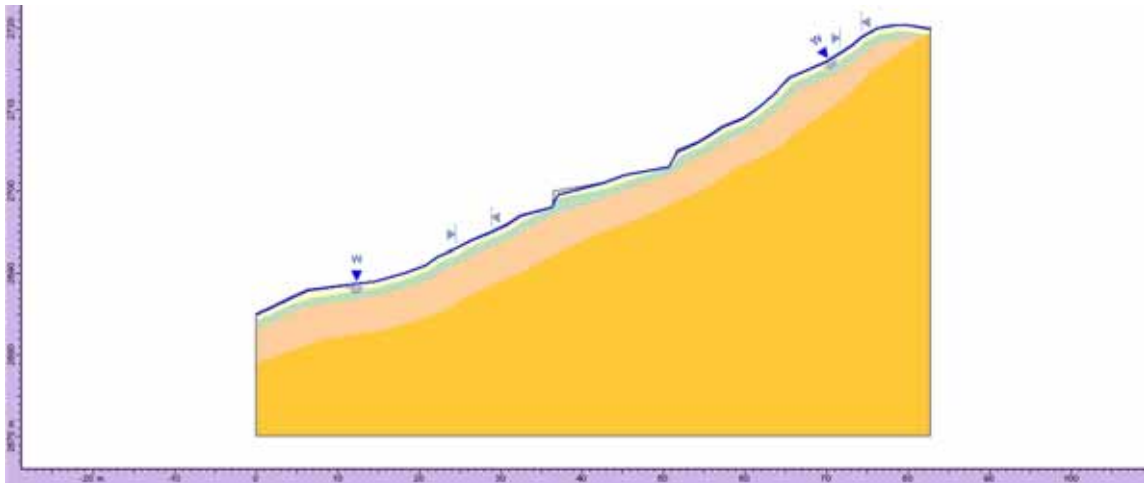


Figura 11-13 Sección G-G'

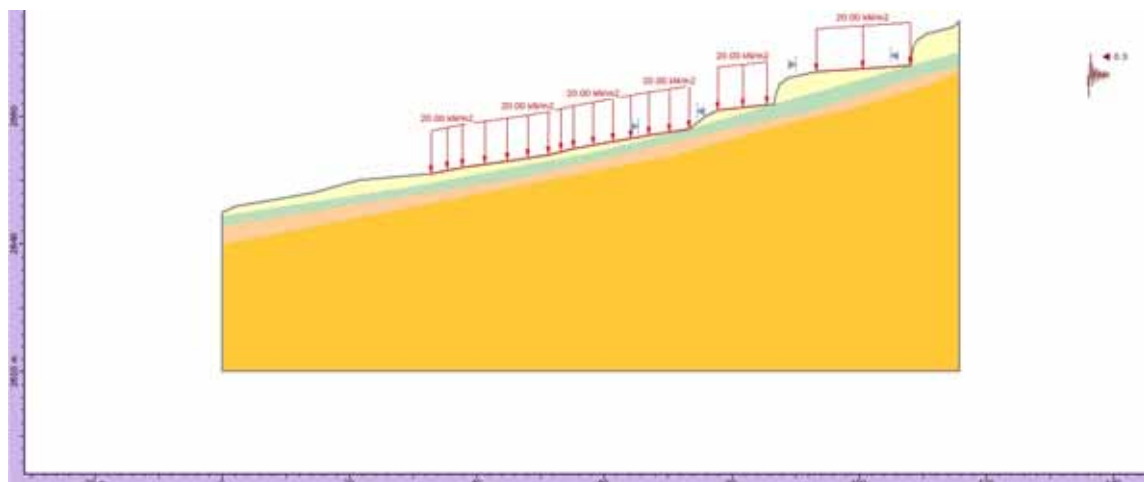


Figura 11-14 Sección H-H'

Un modelo de análisis de estabilidad se presenta en las siguientes figuras:

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

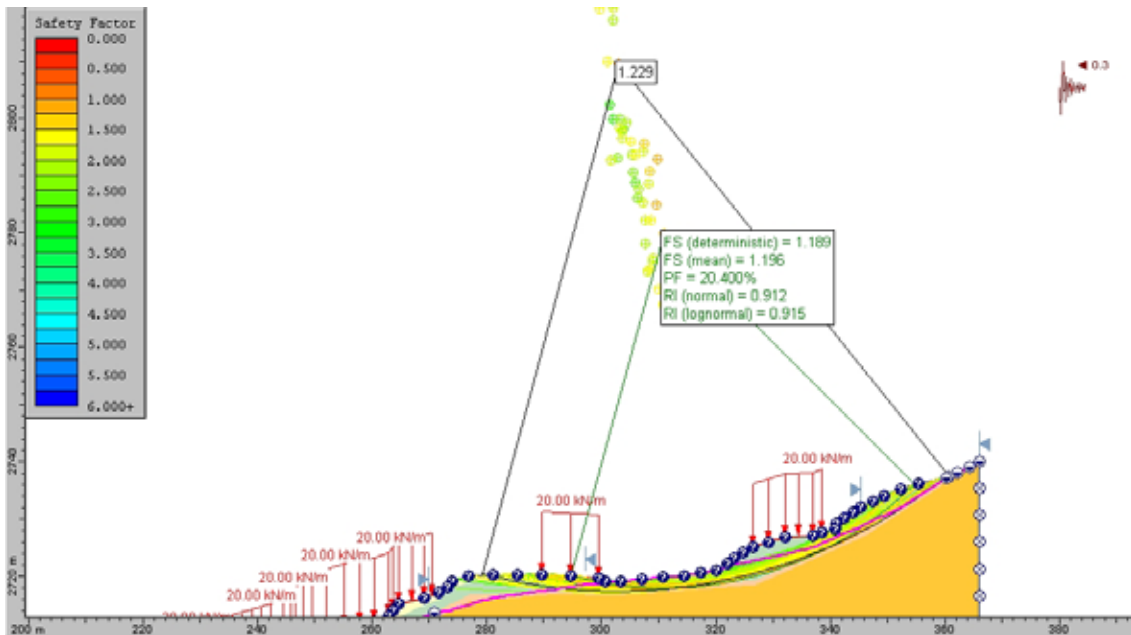


Figura 11-15 Modelo de falla sección A-A' – sector 1 con agua nivel actual y sismo



Figura 11-16 Modelo de falla sección B-B' – sector 3 con agua extrema y sismo

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

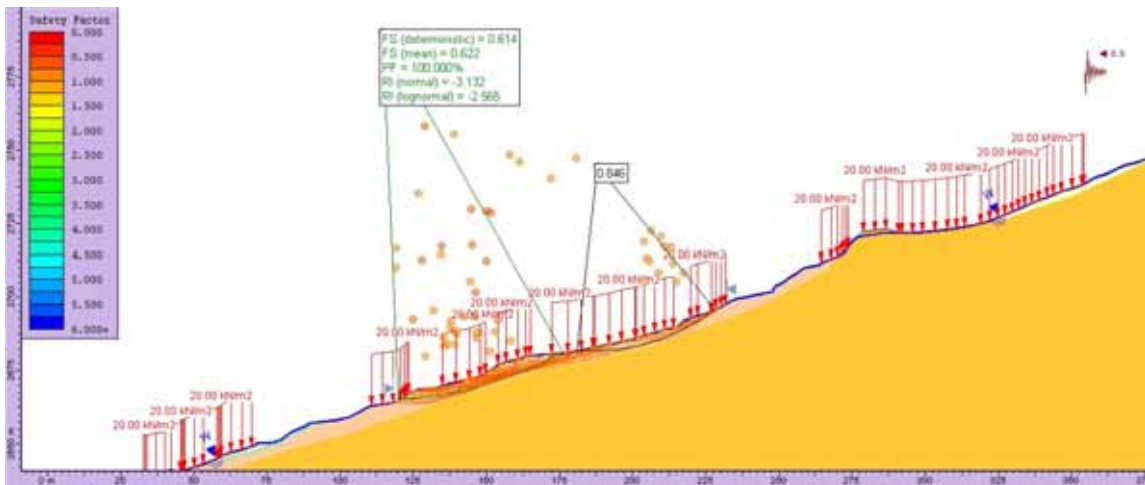


Figura 11-17 Modelo de falla sección C-C' – sector 2 y 3 con agua extrema y sismo

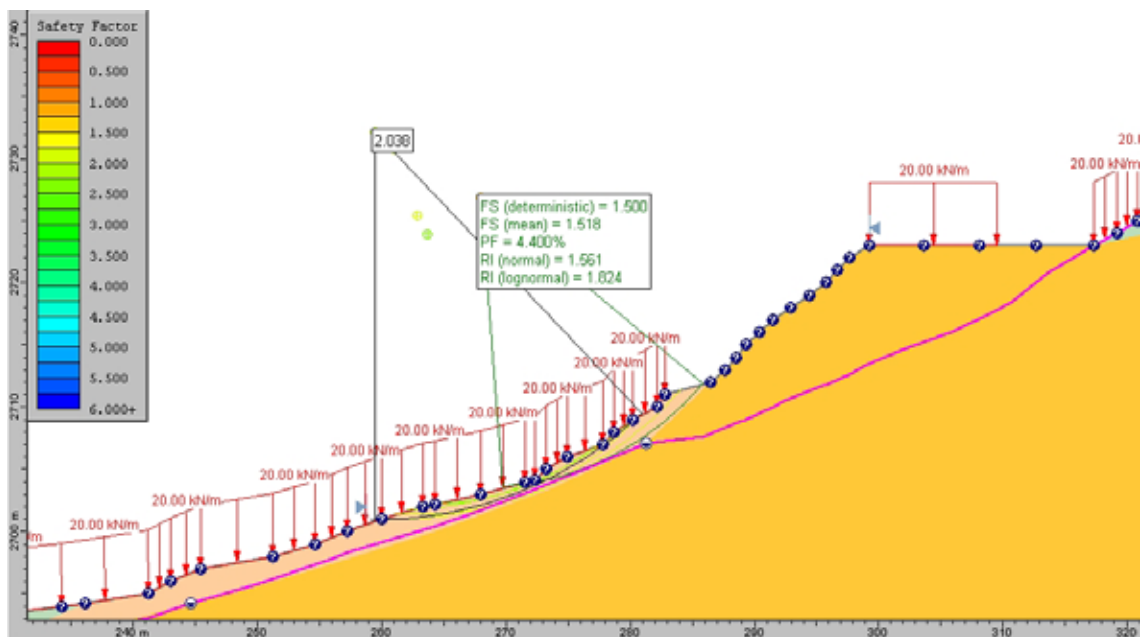


Figura 11-18 Modelo de falla sección D-D' – sector 2 y 3 condiciones geotécnicas altas y agua actual sin sismo

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

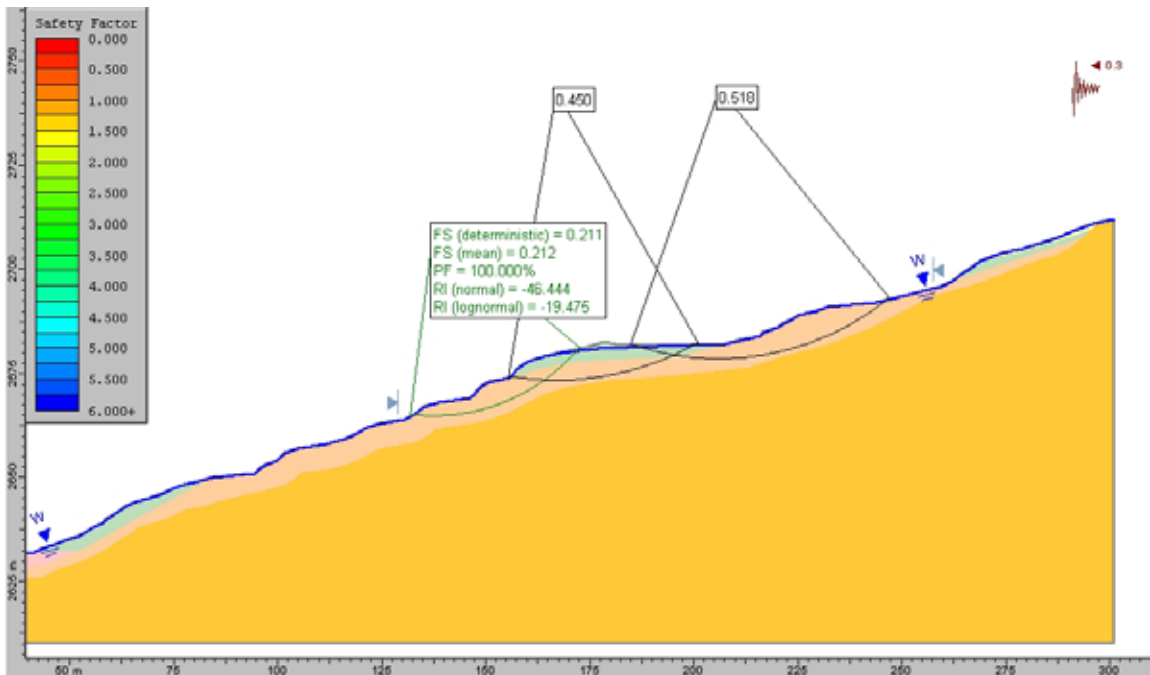


Figura 11-19 Modelo de falla sección E sector 3 – agua extrema y sismo

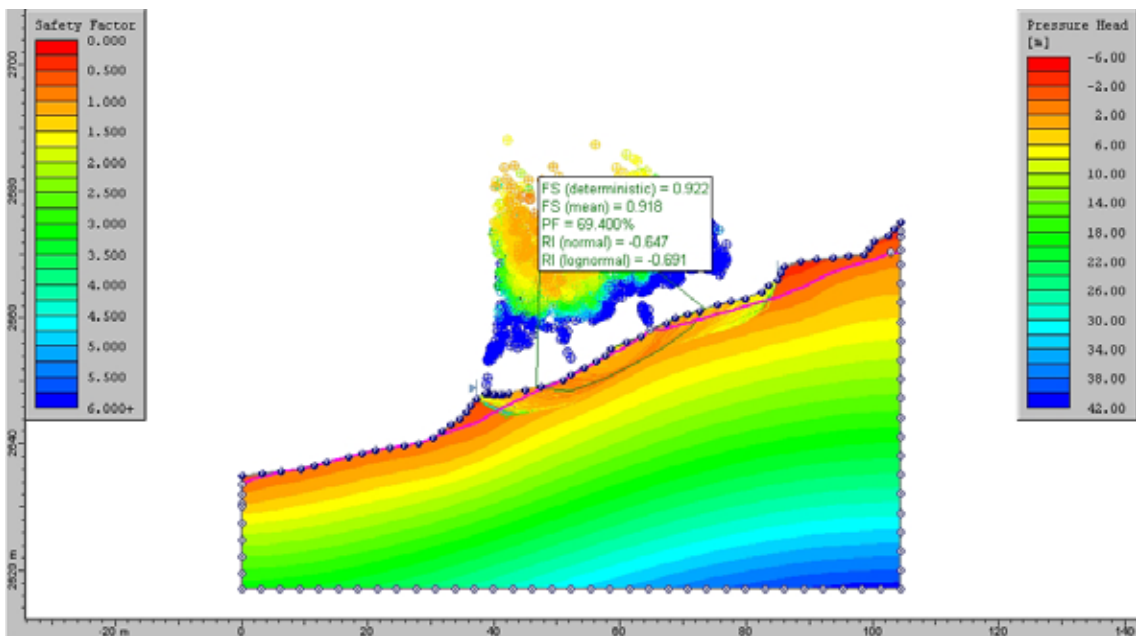


Figura 11-20 Modelo de falla traslacional sección F-F' – agua actual

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

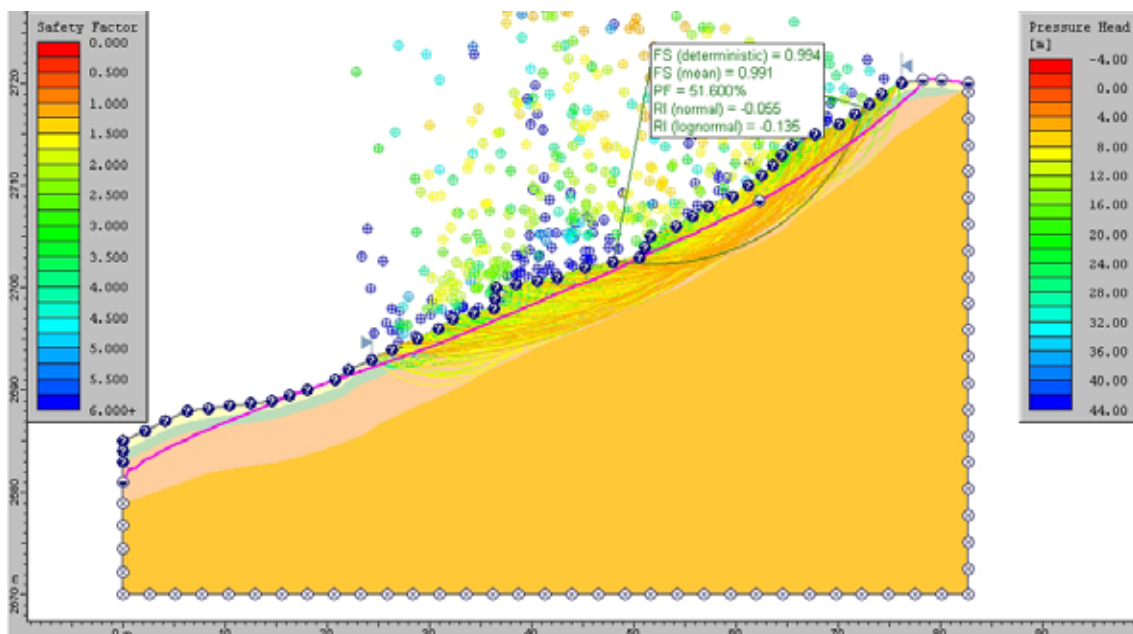


Figura 11-21 Modelo de falla Sección G-G' agua actual

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

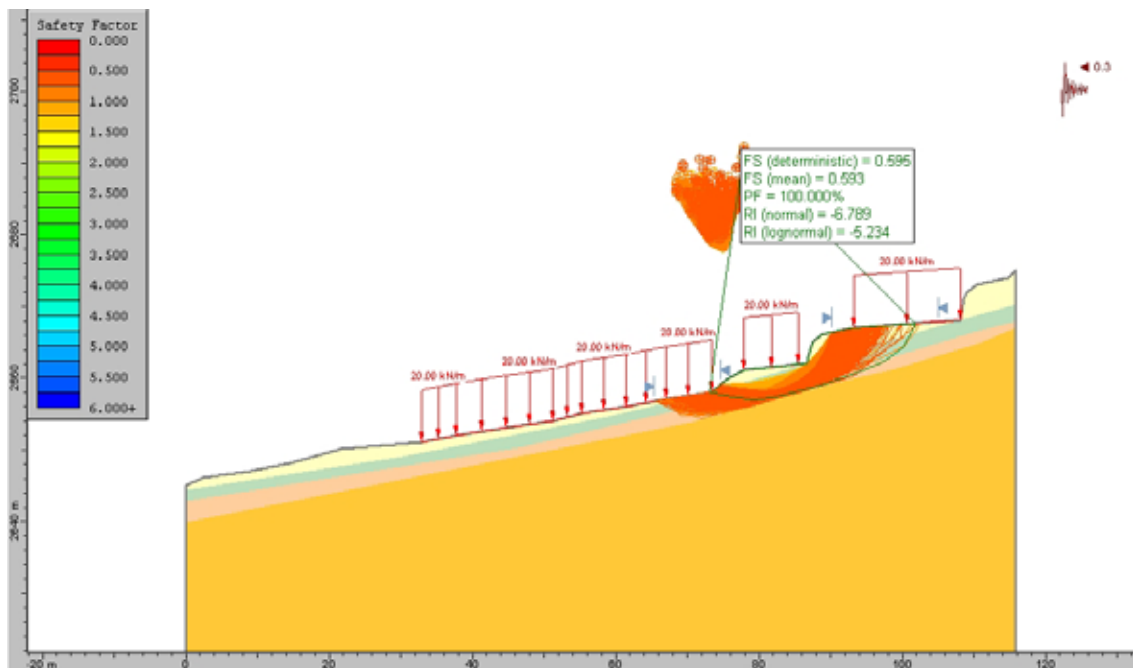


Figura 11-22 Sección H-H' agua actual con sismo

A continuación se presenta la tabla de factores de seguridad obtenidos para las secciones y tramos analizados:

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

Tabla 11-9 Factores de seguridad - sección – sector

SECCIÓN	SECTOR	SUB.	COD.	CONDICION NORMAL		CONDICION NORMAL SISMO		CONDICION AGUA EXTREMA		CONDICION SISMO AGUA EXTREMA	
				FS Determ	F.S Medio	FS Determ	F.S Medio	FS Determ	F.S Medio	FS Determ	F.S Medio
A	G			1,052	1,057	0,687	0,688	0,85	0,854	0,558	0,558
A	1		A1	1,666	1,66	0,918	0,914	1,369	1,361	0,748	0,742
A	1	1	A11	1,776	1,772	1,189	1,196	1,533	1,524	0,807	0,802
A	1	2	A12	3,976	4,001	1,729	1,736	3,301	3,286	1,398	1,398
A	2		A2	1,169	1,171	0,657	0,662	0,841	0,847	0,503	0,507
A	2	1	A21	1,075	1,084	0,589	0,594	0,759	0,766	0,385	0,389
A	3		A3	1,017	1,021	0,632	0,633	0,802	0,804	0,480	0,481
A	3	1	A31	1,112	1,117	0,632	0,633	0,979	0,977	0,480	0,481
A	4		A4	1,435	1,438	0,807	0,807	1,114	1,114	0,611	0,611
A	4	1	A41	1,772	1,775	0,979	0,98	1,114	1,114	0,804	0,806
A	5		A5	1,507	1,546	1,001	1,028	1,384	1,42	0,906	0,930
A	5	1	A51	3,622	3,72	1,001	1,028	1,384	1,42	0,906	0,930
A	6		A6	2,467	2,472	1,037	1,038	2,425	2,43	1,031	1,032
A	6	1	A61	2,902	2,912	1,185	1,182	2,425	2,43	1,172	1,169
A	ML			0,984	0,989	0,597	0,599	0,788	0,788	0,469	0,469
B	G			1,423	1,424	0,828	0,828	1,018	1,017	0,584	0,583
B	1	1	B11	5,871	5,982	2,09	2,128	4,812	4,923	1,834	1,872
B	2		B2	1,111	1.1.09	0,65	0,649	0,774	0,774	0,438	0,439
B	2	1	B21	1,108	1,107	0,647	0,647	0,904	0,903	0,523	0,523
B	3		B3	1,512	1,512	0,884	0,883	1,382	1,381	0,72	0,722
B	3	1	B31	2,019	2,044	0,884	0,883	1,382	1,381	0,72	0,722
B	4		B4	1,509	1,507	0,866	0,864	0,994	0,994	0,574	0,574
B	5		B5	1,528	1,568	0,931	0,933	1,277	1,279	0,732	0,735
B	6		B6	1,509	1,512	0,951	0,953	1,184	1,184	0,787	0,79
B	6	1	B61	2,683	2,696	1,263	1,285	2,576	2,636	1,058	1,078
B	ML			1,32	1,327	0,787	0,789	1,053	1,051	0,678	0,68
C	2		C2	1,176	1,192	0,708	0,718	0,854	0,869	0,498	0,508
C	2	1	C21	1,227	1,246	0,757	0,769	1,031	1,049	0,537	0,55
C	3		C3	1,452	1,472	0,828	0,839	1,191	1,207	0,614	0,622
C	ML			1,223	1,24	0,745	0,756	0,919	0,936	0,547	0,559
C	ML1			1,223	1,24	0,745	0,756	1,267	1,283	0,547	0,559
D	G			1,582	1,603	0,828	0,829	1,172	1,19	0,683	0,683
D	1			2,354	2,314	1,296	1,266	2,332	2,292	1,247	1,217
D	2		D2	1,06	1,074	0,673	0,683	0,801	0,813	0,505	0,514
D	2	1	D21	1,138	1,153	0,714	0,723	0,907	0,919	0,57	0,579
D	3		D3	0,993	0,99	0,583	0,582	0,943	0,94	0,545	0,544
D	3	1	D31	2,318	2,316	1,094	1,093	1,725	1,719	0,801	0,797
D	3	2	D32	1,007	1,012	0,573	0,576	0,952	0,957	0,531	0,534
D	4			1,163	1,173	0,6	0,605	0,989	0,997	0,513	0,518
D	ML			1,153	1,168	0,753	0,762	0,861	0,873	0,555	0,563
E	G			1,109	1,105	0,572	0,57	0,839	0,834	0,427	0,424
E	2			1,309	1,3	0,734	0,729	0,979	0,969	0,556	0,551
E	3			1,162	1,159	0,617	0,615	0,885	0,85	0,447	0,44
E	3	1		1,558	1,553	0,7991	0,79	1,12	1,113	0,554	0,55
E	3	2		1,384	1,79	0,613	0,611	0,918	0,913	0,426	0,422
E	4			1,391	1,385	0,688	0,685	1,043	1,036	0,503	0,499
E	5			1,025	1,021	0,555	0,552	0,681	0,677	0,343	0,341
E	6			1,776	1,782	0,829	0,834	1,706	1,714	0,799	0,803
E	6	1		3,842	3,847	1,084	1,086	3,623	3,625	1,002	1,003
E	ML			1,175	1,171	0,641	0,639	0,866	0,861	0,467	0,464
F	4			0,922	0,918	0,534	0,531	0,745	0,748	0,433	0,43
F	4	1		1,512	1,509	0,814	0,811	1,25	1,245	0,659	0,656
G	2			0,994	0,991	0,595	0,593	0,704	0,701	0,431	0,428
G	2	1		1,015	1,012	0,595	0,593	0,753	0,749	0,431	0,428
H	4			1,047	1,044	0,595	0,593	0,91	0,908	0,514	0,513

11.5 PROBABILIDAD DE FALLA TOTAL

La amenaza, entendida como la probabilidad de excedencia de un parámetro específico durante un tiempo de exposición determinado, puede describirse en el caso de fenómenos de remoción en masa, mediante la evaluación del Factor de Seguridad FS como parámetro específico de estabilidad (Sánchez, 2000).

Pero para estimar la probabilidad de falla es necesario conocer la distribución estadística del factor de seguridad (González, 2001). La solución a la relación existente entre estas dos variables y la obtención de las mismas, se plantea aquí siguiendo los lineamientos metodológicos de los Estimativos Puntuales, PEM (Rosenblueth, 1975 y Harr, 1987).

Por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia de un evento particular (FRM) se evalúa en términos de sus eventos condicionantes a través de la ley de probabilidades totales, en donde la probabilidad de ocurrencia de un FRM está definida por la siguiente ecuación:

$$p(D) = P(D/LS)p(LS) + P(D/L\bar{S})p(L\bar{S}) + P(D/\bar{L}S)p(\bar{L}S) + P(D/\bar{L}\bar{S})p(\bar{L}\bar{S})$$

Dicha probabilidad, como lo expresan sus términos, es función de las probabilidades condicionales de que se presente el FRM para todas las posibles combinaciones de lluvia y sismo, así:

$p(D)$: Es la probabilidad de ocurrencia de un FRM.

$P(D/LS)$: Es la probabilidad condicional de que tenga lugar el FRM dado que haya lluvia y sismo.

$p(LS)$: Es la probabilidad de que se presenten la lluvia y el sismo simultáneamente.

$P(D/L\bar{S})$: Es la probabilidad condicional de que se genere el FRM dado que haya lluvia y no se presente sismo.

$p(L\bar{S})$: Es la probabilidad de que haya lluvia y no se produzca sismo.

$P(D/\bar{L}S)$: Es la probabilidad condicional de que ocurra el FRM dado que se presente el sismo y que no haya lluvia.

$p(\bar{L}S)$: Es la probabilidad de que se presente sismo, pero no lluvia.

$P(D/\bar{L}\bar{S})$: Es la probabilidad condicional de ocurra el FRM dado que no haya lluvia ni sismo.

$p(\bar{L}\bar{S})$: Es la probabilidad de que no se presenten ni el sismo ni la lluvia.

El PEM permite, conocidas las distribuciones estadísticas de los n parámetros que intervienen en el problema combinados en un algoritmo que resulta en un factor de seguridad, obtener el promedio y la desviación estándar de dicho FS y por ende, la probabilidad condicional.

Bajo el marco teórico expuesto, la evaluación de amenaza requiere entonces como insumos: los mecanismos de falla; en este sentido, se recurre a los tratados en el numeral anterior y a la probabilidad de las variables involucradas como sismo y lluvia tratado también anteriormente. Estos elementos, coligados con los resultados del análisis de estabilidad para las distintas combinaciones permiten determinar las curvas de probabilidad de falla para cada uno de los taludes en estudio.

La probabilidad de falla de los distintos mecanismos, se obtiene mediante el cálculo del factor de seguridad para las diferentes combinaciones de variables extremas y su ajuste a funciones de probabilidad uniforme.

Finalmente, la probabilidad de ocurrencia y de no ocurrencia de todas las combinaciones de sismo y lluvia críticos se calculó con base en su periodo de retorno (T) únicamente y teniendo en cuenta dos escenarios, el actual (un año) y a largo plazo (50 años) según las expresiones que aparecen a continuación.

$$P^+ = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

$$P^- = 1 - P^+$$

Donde:

P^+ = probabilidad de ocurrencia del evento crítico
 P^- = probabilidad de no ocurrencia del evento crítico
 T = período de retorno
 n = período de análisis

Finalmente, para cada mecanismo de falla se calculó la probabilidad total para amenaza actual, a 10 años y largo plazo (50 años).

Los niveles de amenaza se definen de acuerdo al siguiente rango dado por la DPAE para estudios de amenaza:

- Amenaza alta: Probabilidad de falla entre 1.00 y 0.40
- Amenaza media: Probabilidad de falla entre 0.40 y 0.12
- Amenaza baja: probabilidad de falla entre 0.12 y 0.01

De acuerdo con los valores obtenidos de probabilidad se tienen en la siguiente tabla los valores de probabilidad total asociada a los diferentes eventos:

Tabla 11-10 Probabilidad de falla – tres escenarios

SECCIÓN	SECTOR	SUB.	COD.	Amenaza actual		Amenaza a 10 años		Amenaza a 50 años	
				p	Amenaza	p	Amenaza	p	Amenaza
A	G			0,39	media	0,52	alta	0,79	alta
A	1		A1	0,00	baja	0,03	baja	0,63	alta
A	1	1	A11	0,00	baja	0,02	baja	0,11	baja
A	1	2	A12	0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
A	2		A2	0,18	media	0,39	media	0,81	alta
A	2	1	A21	0,25	media	0,45	alta	0,84	alta
A	3		A3	0,47	alta	0,60	alta	0,83	alta
A	3	1	A31	0,26	media	0,35	media	0,53	alta
A	4		A4	0,03	baja	0,12	baja	0,31	media
A	4	1	A41	0,01	baja	0,10	baja	0,29	media
A	5		A5	0,08	baja	0,11	baja	0,16	media
A	5	1	A51	0,01	baja	0,05	baja	0,15	media
A	6		A6	0,00	baja	0,01	baja	0,04	baja
A	6	1	A61	0,00	baja	0,00	baja	0,02	baja
A	ML			0,56	alta	0,67	alta	0,87	alta
B	G			0,03	baja	0,17	media	0,45	alta
B	1	1	B11	0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
B	2		B2	0,19	media	0,41	alta	0,83	alta
B	2	1	B21	0,20	media	0,36	media	0,69	alta
B	3		B3	0,01	baja	0,03	baja	0,10	baja
B	3	1	B31	0,00	baja	0,02	baja	0,10	baja
B	4		B4	0,02	baja	0,17	media	0,47	alta
B	5		B5	0,08	baja	0,08	baja	0,13	media
B	6		B6	0,02	baja	0,07	baja	0,22	media
B	6	1	B61	0,00	baja	0,00	baja	0,03	baja
B	ML			0,04	baja	0,16	media	0,40	media
C	2		C2	0,26	media	0,38	media	0,62	alta
C	2	1	C21	0,23	media	0,30	media	0,45	alta
C	3		C3	0,05	baja	0,10	baja	0,23	media
C	ML			0,21	media	0,32	media	0,54	alta
C	ML1			0,20	media	0,19	media	0,20	media
D	G			0,03	baja	0,12	media	0,32	media
D	1			0,00	baja	0,01	baja	0,03	baja
D	2		D2	0,42	alta	0,52	alta	0,73	alta
D	2	1	D21	0,33	media	0,41	alta	0,58	alta
D	3		D3	0,58	alta	0,67	alta	0,82	alta
D	3	1	D31	0,00	baja	0,01	baja	0,08	baja
D	3	2	D32	0,47	alta	0,54	alta	0,68	alta
D	4			0,09	baja	0,21	media	0,46	alta
D	ML			0,31	media	0,41	alta	0,61	alta

SECCIÓN	SECTOR	SUB.	COD.	Amenaza actual		Amenaza a 10 años		Amenaza a 50 años	
				p	Amena:	p	Amena:	p	Amena:
E	G			0,39	media	0,47	alta	0,74	alta
E	2			0,15	media	0,26	media	0,49	alta
E	3			0,25	media	0,40	alta	0,70	alta
E	3	1		0,40	media	0,40	media	0,40	alta
E	3	2		0,03	baja	0,25	media	0,68	alta
E	4			0,07	baja	0,19	media	0,42	alta
E	5			0,47	alta	0,61	alta	0,89	alta
E	6			0,00	baja	0,02	baja	0,08	baja
E	6	1		0,00	baja	0,01	baja	0,04	baja
E	ML			0,23	media	0,38	media	0,68	alta
F	4			0,70	alta	0,78	alta	0,91	alta
F	4	1		0,04	baja	0,10	baja	0,23	media
G	2			0,53	alta	0,66	alta	0,90	alta
G	2	1		0,49	alta	0,62	alta	0,86	alta
H	4			0,40	media	0,50	alta	0,70	alta

11.6 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

Los pasos para realizar la zonificación son los siguientes:

1. Ubicar la zona de aferencia del talud de estudio.
2. Identificar el área de influencia de la superficie crítica de análisis.
3. Dentro del área inestable se considera con valor de amenaza de acuerdo al valor calculado anteriormente.
4. Hacia atrás de la corona de la superficie crítica de movimiento se determina las condiciones retrogresivas y su posible avance, para lo cual en este caso se realizó análisis de estabilidad que contemplara esta situación condicionando nuevas zonas por sector.
5. El mapa geomorfológico será límite del suelo en movimiento o crítico.
6. Se condicionan además los límites de grietas preexistentes, predios con procesos de evacuación por daños previos, o predios demolidos por daños previos.

Esta información fue trasladada al plano topográfico y según la ubicación de los taludes de estudio.

En los Planos 12a a 12c se presentan los resultados finales en donde se identifica en color rojo amenaza alta, en color amarillo amenaza media y en color verde amenaza baja, para los tres escenarios contemplados anteriormente.

Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 11-11 Numero de viviendas por grado de amenaza

Amenaza	Escenario Amenaza		
	Actual	10 Años	50 Años
BAJA	77	65	56
	32%	27%	23%
MEDIA	40	45	34
	16%	18%	14%
ALTA	127	134	154
	52%	55%	63%

Como se observa el número de viviendas en amenaza alta para los escenarios analizados son superiores al 50% del número total de predios. Para las condiciones futuras se alcanza el 55% para mediano plazo y superior del orden del 63% para la condición extrema.

En condiciones actuales menos del 35% de predios se encuentran en amenaza baja, para las condiciones futuras a mediano y largo plazo este porcentaje no alcanza el 25% de los predios.

La zona 1 o parte alta de la ladera, donde se ubica el barrio, se encuentra en zona amenaza baja en los tres escenarios analizados como se puede observar en los planos de amenaza. De igual manera la zona 6 parte baja de la ladera, que corresponde con los suelos aluviales se encuentran en amenaza baja. Estas dos zonas no presentan conectividad, quedando aisladas desde el punto de vista social.

En la manzana 7 y manzana 6 se localiza una zona de amenaza baja, debido a la baja pendiente que esta franja presenta y al escarpe estructural localizado en la zona baja de la zona 3, que marca la transición de zona.

En las zonas donde se evidenciaron grietas en las viviendas y donde se presentaron movimientos excesivos, se encuentran localizadas en amenaza media y alta.

12 VULNERABILIDAD

12.1 INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad se puede definir como una condición existente en la sociedad o un grupo social, implicando población, entorno urbano e infraestructura urbana los cuales pueden verse afectados y sufrir daño o pérdida en caso de materialización de una amenaza. La vulnerabilidad puede generarse como social, física, económica, institucional, etc.

La vulnerabilidad física de esta forma puede definirse en función del grado de exposición de cada uno de los elementos del entorno y de su nivel de resistencia ante la ocurrencia de un evento.

La evaluación de la vulnerabilidad tiene como objetivo analizar la condición de las viviendas frente a la amenaza por los fenómenos de remoción en masa existentes en la zona de estudio, conjugada con la evaluación de la amenaza y traducirla en riesgo. Este análisis permitirá determinar las medidas y tratamientos que se pretendan desarrollar en la zona, disminuyendo el grado de exposición o incrementando la resistencia de un elemento bajo la óptica de vulnerabilidad y/o reduciendo el nivel de amenaza del fenómeno ocurrido mediante obras de mitigación.

Las sociedades expuestas a diferentes eventos de origen natural pueden presentar problemas de índole social por su dificultad para recuperarse pues entre otros pierden sus lazos familiares, vecinales y de ciudad o hasta la vida; de índole institucional por la poca respuesta o la incapacidad de gobernar al generarse el problema; de carácter económico por la dificultad para volver a invertir o recuperar lo existente y de carácter físico que involucra las pérdidas tangibles y directas por la ocurrencia del evento.

Para este estudio el análisis estará enfocado a la vulnerabilidad física - VF: presentada por los elementos expuestos tales como viviendas. Es importante recordar que la vulnerabilidad es la respuesta a la exposición E o su sollicitación a una amenaza y a la resistencia frente a la misma R.

Para la evaluación de viviendas se aplicó el formulario incluido en el Anexo H y modificado análisis planteado en el capítulo 9.

La base de este formulario es el que se aplica para evaluación de vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Bogotá por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias – DPAE. En este caso fue ajustado de acuerdo a la realidad de la zona y teniendo en cuenta las condiciones estructurales de las viviendas.

12.2 TIPOLOGIA DE CONSTRUCCIÓN

La zona presenta alta variabilidad de tipologías constructivas con mezclas críticas de métodos y materiales constructivos. En la siguiente figura se resume los datos obtenidos por sistema estructural en la zona de estudio para 244 predios determinados así:

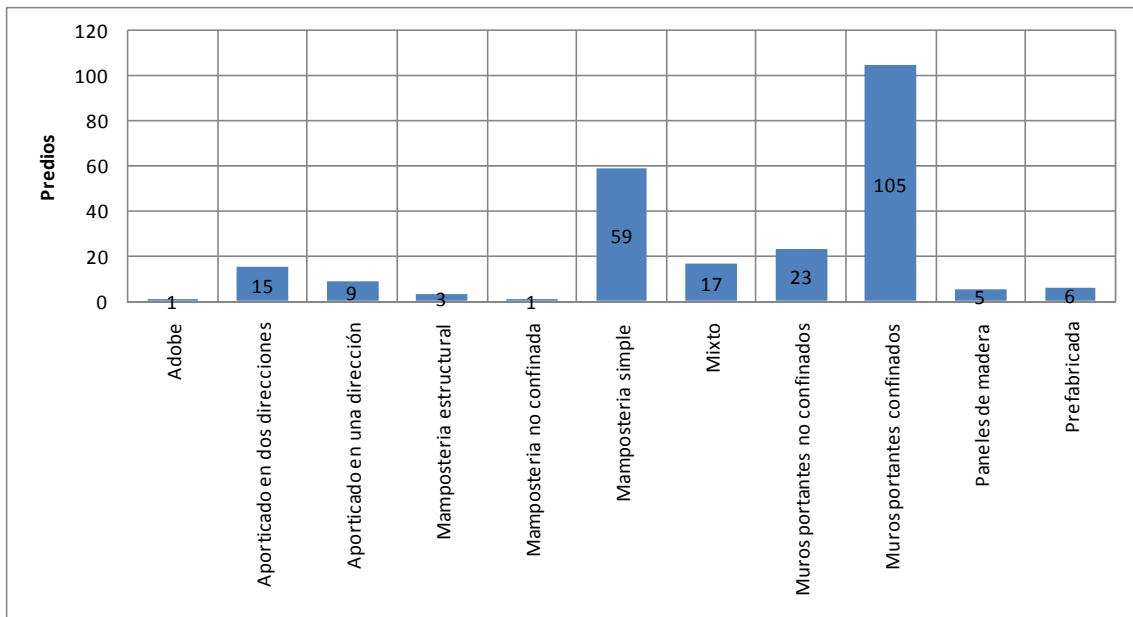


Figura 12-1 Tipología de predios

El mayor porcentaje de predios corresponde a muros portantes confinados para un 44% seguido de mampostería simple con 24% resultados presentados en la siguiente tabla:

Tabla 12-1 Predios – tipología - %

Tipos	Predios	Porcentaje %
Adobe	1	0,41%
Aporticado en dos direcciones	15	6,15%
Aporticado en una dirección	9	3,69%
Mampostería estructural	3	1,23%
Mampostería no confinada	1	0,41%
Mampostería simple	59	24,18%
Mixto	17	6,97%
Muros portantes no confinados	23	9,43%
Muros portantes confinados	105	43,03%
Paneles de madera	5	2,05%
Prefabricada	6	2,46%
Total	244	100,00%

De acuerdo con la valoración del índice de daño actual desarrollado en el Capítulo 9 se obtiene los siguientes resultados:

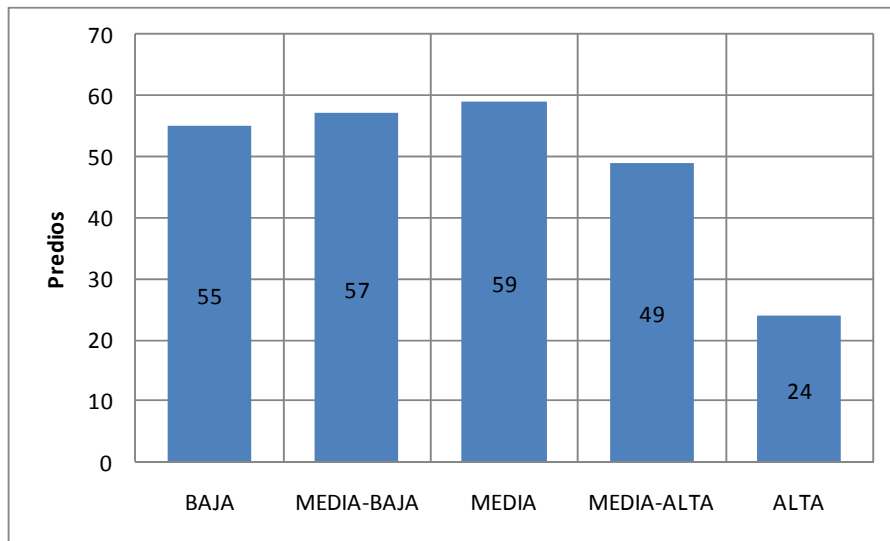


Figura 12-2 Índice de daño actual

En este caso se observa que más del 54% de predios presentan daños importantes actuales mayores a condición media. Este porcentaje puede ser considerado alto dentro del total del barrio y será complejo en la valoración de riesgo teniendo en cuenta que las condiciones futuras serán mayores a la valoración de daño actual. Solo el 22% de las viviendas presentan daño bajo.

12.3 VULNERABILIDAD FÍSICA

La vulnerabilidad física –viviendas-, se expresa como una medida porcentual de los costos de las averías originadas por un agente destructor, en este caso los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM). De esta forma la vulnerabilidad se basó en el cálculo del Índice de Vulnerabilidad Física (IVF), utilizando para esto la metodología propuesta por Leone y modificada por Soler et al

12.3.1 Calificación de los daños

En la metodología propuesta por Leone, para calificar los daños producidos en las viviendas por fenómenos de remoción en masa se sigue al criterio del DRM (Délégation aux Risques Majeurs), el cual divide los daños en cinco (5) categorías, a saber:

Tabla 12-2 Evaluación del nivel de daño

CALIFICACIÓN	TIPO DE DAÑO	% DE DAÑO
I	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada	0.05
II	Figuración en paredes. Reparaciones no urgentes	0.25

CALIFICACIÓN	TIPO DE DAÑO	% DE DAÑO
III	Deformaciones importantes. Daños en elementos estructurales	0.50
IV	Fracturación de la estructura	0.75
V	Desplome parcial o total de la estructura	0.95

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

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

Donde:

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

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

La relación de valores iniciales o finales esta directamente relacionado con el índice de daño actual IDa y final IDf, los cuales se deben determinar para cada una de las edificaciones.

12.3.2 Índice de daño actual - IDa

El índice de daño actual de una vivienda se entenderá como su competencia estructural, CE, la cual es función a su vez de algunas variables indicadoras de calidad. Esta valoración ha sido explicada convenientemente en el Capítulo 9.

12.3.3 Solicitaciones

Tipos de movimientos y solicitaciones para fenómenos de remoción en masa

El tipo de solicitaciones depende de la localización del elemento expuesto en referencia al sitio donde ocurre el fenómeno tal como se presenta a continuación.

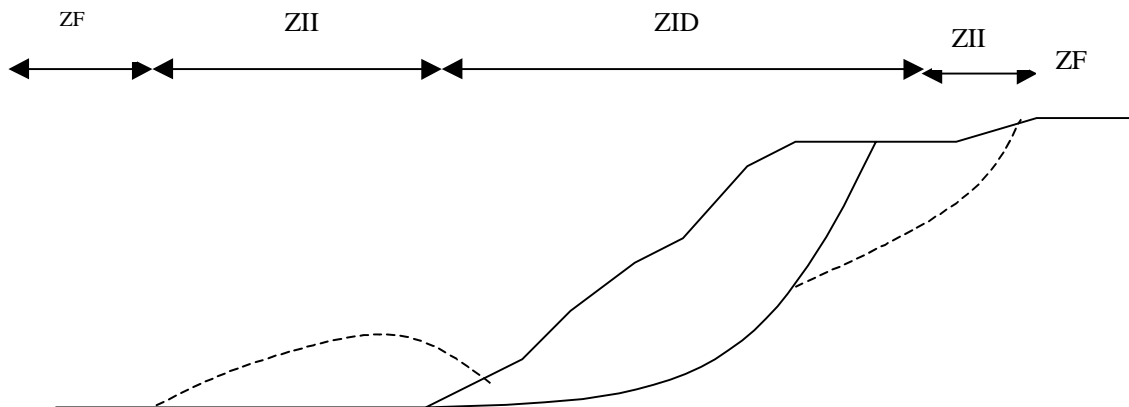


Figura 12-3 Zonas de exposición para fenómenos de remoción en masa

Como se observa en la figura se pueden distinguir tres zonas que son: la zona de influencia directa (ZID) definida como aquella área en la que tiene lugar el movimiento por fenómenos de remoción en masa y la zona de influencia indirecta ZII de la parte superior y que se relaciona con los desplazamientos laterales (DL) que a su vez dependen de la velocidad del movimiento (entre más rápido, los daños pueden ser mayores).

Para la caracterización de las velocidades de los movimientos se utilizó la escala propuesta por Cruden y Varnes presentada a continuación:

Tabla 12-3 Rangos de velocidad aplicadas en el estudio

Descripción	Clase	Velocidad característica
Muy rápido	VM1	Mayor a 50 mm/s
Rápido	VM2	Entre 0,5 mm/s y 50 mm/s
Moderado	VM3	Entre 0,05 mm/s y 0,5 mm/s
Lento	VM4	Entre 0,005 mm/s y 0,05 mm/s
Muy lento	VM5	Menor a 0,005 mm/s

En este caso se asocia el modelo de falla a una velocidad tipo moderado.

12.3.4 Matriz de daño para fenómenos de remoción en masa

Se asocian los Índices de Daños Potenciales (IDp) ocasionados por un evento dado, de acuerdo tanto al tipo de demanda (magnitud del evento) como a la tipología de la vivienda (resistencia del elemento expuesto). A continuación se presenta la matriz de daño utilizada teniendo en cuenta la calificación para la asignación del IDp según la tabla 2 y teniendo en cuenta una velocidad tipo VM3 así:

Tabla 12-4 Evaluación de índice de daño potencial - IDp

Tipología de construcción	IDp
Aporticado en dos direcciones	0.70
Aporticado en una dirección	0.70
Mampostería estructural	0.75
Mampostería no confinada	0.85
Mampostería simple	0.90
Mixto	0.80
Muros portantes no confinados	0.70
Muros portantes confinados	0.70
Muros portantes no confinados	0.70
Paneles de madera	0.75
Prefabricada	0.70
Adobe	0.85

12.4 Índice de Vulnerabilidad física - IVF

Para la cuantificación de los dos índices de daño determinados anteriormente (IDa y IDp) se utilizó la teoría de los conjuntos difusos (ver Figura 12-4), adoptando la metodología utilizada para la evaluación de daños durante sismos; de esta forma se determina el porcentaje de daño o índice de pérdidas (IPa, asociado al IDa; y el IPp, asociado al IDp).

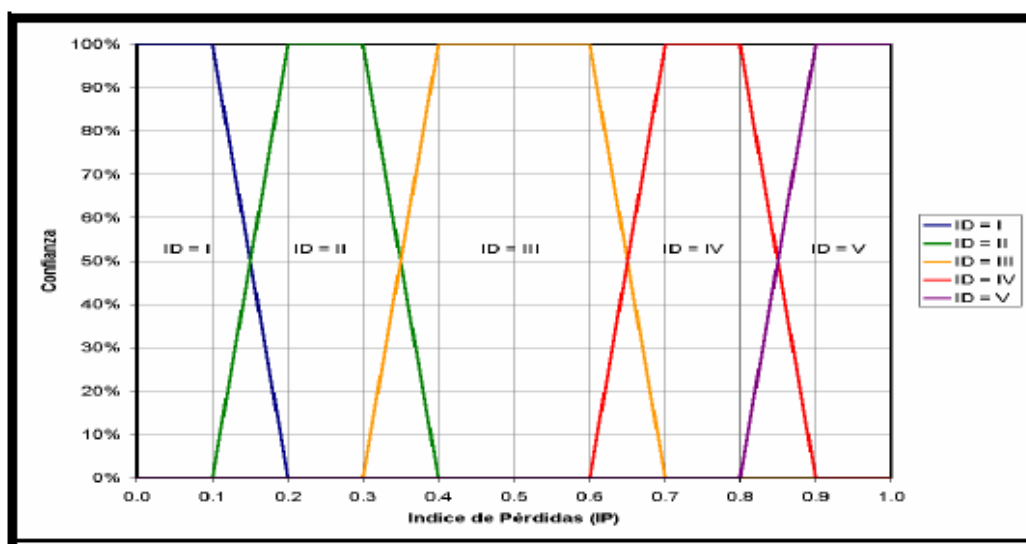


Figura 12-4 Valoración del ID utilizando conjuntos difusos

En teoría, la evaluación de la vulnerabilidad debería estar dada como la probabilidad de los daños debido al fenómeno dado una condición o predisposición del elemento expuesto. Si se está evaluando la vulnerabilidad física, determinada como un Índice de Vulnerabilidad Física (IVF), teniendo en cuenta los dos índices de pérdidas definidos anteriormente (IPa e IPp), se debe evaluar el índice de pérdidas; lo expuesto se puede expresar probabilísticamente como:

$$IVF = P(IPp / IPa)$$

Esta expresión es muy difícil de evaluar ya que las variables involucradas (IPp e IPa) son dependientes. Es por ello que el IVF se ha calculado con la siguiente expresión empírica propuesta por Soler et al (1999) para involucrar otras variables diferentes al tipo de sollicitación y la tipología de la vivienda:

$$IVF = \left[1 - (1 - IPp)^{(1/(1-\alpha IPa))} \right]^{(1-\alpha IPa)}$$

Donde α es la dependencia o coeficiente de importancia del IPa en la valoración del IVF y en este caso se asocia a un Factor de Exposición: 0 cuando es mínima y 1 cuando es máxima.

La selección del valor de α se realizó con base en el grado de amenaza al que se encuentra sometida la estructura:

Tabla 12-5 Valores de alfa

Grado de Amenaza	Valor de α
Baja	0.2
Media	0.4
Alta	0.6

La calificación de la vulnerabilidad en términos cualitativos se realizó con base en la valoración del IVF tal como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 12-6 Valor cualitativo y cuantitativo de la Vulnerabilidad

Categoría de la Vulnerabilidad	Valor del IVF
Alta	IVF \geq 0.65
Media	0.35 \leq IVF $<$ 0.65
Baja	IVF $<$ 0.35

12.5 METODOLOGIA PARA EVALUACIÓN FINAL DE VULNERABILIDAD

Para ello se tiene contemplado aplicar la siguiente metodología:

- Identificación de predios en niveles de amenaza y de acuerdo a cada escenario.
- Asignación de IDa de acuerdo a la valoración de campo y por tipología.
- Asignación de IDp de acuerdo a la tipología.
- Valoración de IVF por predio para cada nivel de amenaza

12.6 ZONIFICACION DE VULNERABILIDAD

Teniendo en cuenta lo anterior se obtienen los siguientes resultados por escenario de amenaza:

Tabla 12-7 Valoración de vulnerabilidad

Vulnerabilidad	Escenario Vulnerabilidad		
	Actual	10 Años	50 Años
BAJA	71	63	50
	29%	26%	20%
MEDIA	88	92	99
	36%	38%	41%
ALTA	85	89	95
	35%	36%	39%

En la zona de estudio se presenta una gran variedad de sistemas estructurales, los cuales presentan características no óptimas por su sistema constructivo y el mantenimiento durante la vida útil. Se presenta de igual manera una gran cantidad de predios ya evacuados de la zona donde se han presentado daños considerables en la estructura por los movimientos presentes.

Para la calificación de IDp se tuvo en cuenta que los movimientos presentes poseen velocidades bajas de acuerdo con las observadas en los monitores realizados en la zona. No obstante en los movimientos previos las velocidades eran superiores a las existentes hoy en día.

La disposición de la mayoría de los predios se realizó sobre cortes en la ladera lo que presenta empujes en los muros perimetrales que afecta y acelera los daños en las edificaciones.

La zona 4 es la más afectada y con mayor número de predios evacuados, en la zona 3 en la parte norte y sur de esta se presenta actualmente en proceso de reasentamiento de predios.

Como se observa un gran porcentaje de casas evaluadas no presentan un sistema estructural adecuado. Con lo que se observa que con los movimientos presentados en los eventos de emergencia más del 50% de los predios presentan daños considerables en su estructura.

Los porcentajes de predios con vulnerabilidad alta son superiores al 30% del total de los localizados en la zona para las condiciones actuales y el 40% para las condiciones futuras.

13 RIESGO

El riesgo puede definirse como el conjunto de daños y pérdidas que pueden presentarse en caso de ocurrir un desastre o una emergencia. A continuación se presentará una valoración del riesgo desde el punto de vista de pérdidas económicas.

Para el cálculo de los valores comparables de costos y beneficios se utiliza el valor medio probable, en función de la esperanza matemática de ocurrencia de los fenómenos potencialmente destructivos que generarían más daños “IVF” y la probabilidad respectiva asociada “pF” de modo que el índice de riesgo estimado sería:

$$IR = pf \times IVF$$

En donde:

IR: índice de riesgo.

IVF: índice de vulnerabilidad física.

pf: probabilidad asociada al fenómeno potencialmente destructivo

De acuerdo a esto, se realizan los cálculos respectivos teniendo en cuenta los rangos dados de probabilidad de amenaza, así como la matriz de IVF.

Tabla 13-1 Matriz de valoración del riesgo (perdida esperadas %)

	AMENAZA		
	ALTA	MEDIA	BAJA
IVF	1.00 - 0.40	0.40-0.12	0.12-0.00
0,00-0,10	0.10	0.04	0.01
0,10-0,30	0.30	0.12	0.04
0,30-0,60	0.60	0.24	0.07
0,60-0,80	0.80	0.32	0.10
0,80-1,00	1.00	0.40	0.12

De acuerdo a esta matriz y manteniendo los valores con coherencia de solicitud de la vivienda existentes se asignan los siguientes valores de pérdida asociada a las viviendas de acuerdo con la valoración planteada anteriormente.

Riesgo bajo 0.00 – 0.07

Riesgo medio 0.07 – 0.30

Riesgo alto: 0.30 – 1.00

Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13-2 Numero de predios por nivel de riesgo

Riesgo	Escenario de riesgo		
	Actual	10 Años	50 Años
BAJO	84	73	60
	34%	30%	25%
MEDIO	30	36	26
	12%	15%	11%
ALTO	130	135	158
	53%	55%	65%

Las características de la zona de estudio generaron un modelo relativamente directo entre la amenaza y el riesgo. Esto por las características de la zona y la gran variabilidad de condiciones estructurales de las edificaciones allí presentes con un daño específico previo.

El número de predios con riesgo alto para los escenarios analizados es superior al 50% y para condiciones futuras se alcanza el 65%.

El numero de predios en riesgo bajo para los escenarios analizados se encuentra entre 25% y 34%, el valor inferior corresponde para el escenario de riesgo mas extremo.

Las zonas que presenta mayor riesgo en las viviendas son las zonas 3, 4 y 5 donde se encuentra la mayor concentración de predios del área de estudio y donde se ha efectuado el proceso de reasentamiento.

14 ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

14.1 ALTERNATIVAS PLANTEADAS

A continuación se hace una descripción de las diferentes alternativas de mitigación que pueden reducir el riesgo por fenómenos de remoción en masa en el sitio de estudio las cuales se presentan en la Figura 14-3:

- ALTERNATIVA 1: Convivir con el problema.

LA DPAE puede asumir el riesgo y no construir ninguna obra de mitigación. Involucra el costo de daño en este caso de 244 viviendas y de personas que transiten en la zona, valor que es difícil de cuantificar. Por ello se considera para el análisis como el 100% del daño del valor probable de la estructura (valor promedio de estructura de \$30.000.000), una inversión en obras de recuperación estimada en un 75% del promedio de las obras civiles planteadas inicialmente como alternativas y un costo social de 5% de estas obras, asociado al control urbano y de manejo de comunidades a través de la Alcaldía Local y la DPAE.

- ALTERNATIVA 2: Reasentamiento total

Esta alternativa básicamente es realizar el proceso de reasentamiento de las 244 viviendas en un periodo no superior a 5 años realizando prioridades según el nivel de riesgo.

- ALTERNATIVA 3: Obras de drenaje + contención

Esta alternativa brinda probabilidades de falla adecuados a la resolución de la DPAE. En este caso la falla no generaría un porcentaje de obra adicional pero si sería necesario incrementar el número de predios para instalación de obra. A continuación se presentan detalles típicos

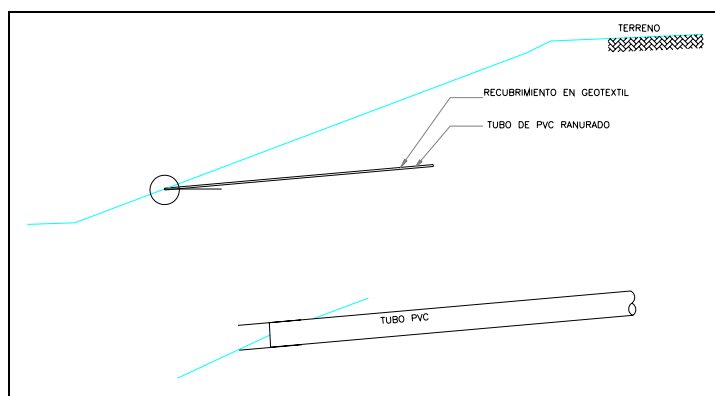


Figura 14-1 Esquema típico drenaje (subdrenes)

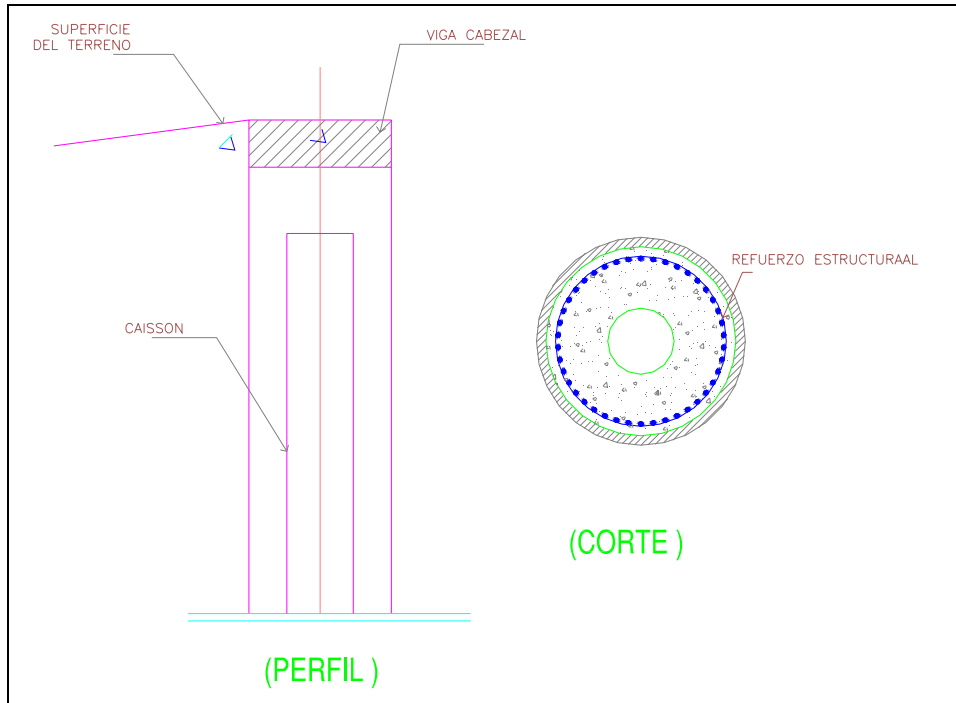


Figura 14-2 Esquema Típico de caisson

En la tabla siguiente se presenta el análisis de costos de cada una de las alternativas planteadas (valores y cantidades aproximados para el análisis). Es importante mencionar que no se incluye el costo de mantenimiento de las obras:

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

Tabla 14-1 Estimativo de costos de alternativas

N°	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD			VALOR UND	COSTO TOTAL		
			ALT 1	ALT 2	ALT 3		ALT 1	ALT 2	ALT 3
1	PRELIMINARES					\$ 0.00	\$ 28 736 250.00	\$ 2 451 436 803.44	
1.1	Localización y replanteo	M2	0	72750	72750	\$ 395.00	\$ 0.00	\$ 28 736 250.00	
1.2	Cerramiento en polisombra	ML	0	0	12601	\$ 1 653.00	\$ 0.00	\$ 20 829 453.00	
1.3	Movimiento de tierras	M3	0	0	9658	\$ 3 300.00	\$ 0.00	\$ 31 871 100.44	
1.4	Compra de lotes	UND	0	0	79	\$ 30 000 000.00	\$ 0.00	\$ 2 370 000 000.00	
2	DEMOLICIÓN					\$ 0.00	\$ 926 930 000.00	\$ 3 315 210 000.00	
2.1	Demolición casa de 1 y 2 pisos	UND	0	232	79	\$ 3 600 000.00	\$ 0.00	\$ 835 200 000.00	
2.2	Demolición cancha y elementos urbanísticos	UND	0	1	0	\$ 1 250 000.00	\$ 0.00	\$ 1 250 000.00	
2.3	Adecuación cancha y elementos urbanísticos	UND	0	0	1	\$ 40 000 000.00	\$ 0.00	\$ 40 000 000.00	
2.4	Disposición de material	M3	0	13920	4740	\$ 6 500.00	\$ 0.00	\$ 90 480 000.00	
3	RELOCALIZACIÓN					\$ 9 280 000 000.00	\$ 6 960 000 000.00	\$ 2 370 000 000.00	
3.1	Reasentamiento por obra	UND	0	0	79	\$ 30 000 000.00	\$ 0.00	\$ 2 370 000 000.00	
3.3	Reasentamiento a ingresar	UND	0	232	0	\$ 30 000 000.00	\$ 0.00	\$ 6 960 000 000.00	
3.4	Reasentamiento por emergencia	UND	232	0	0	\$ 40 000 000.00	\$ 9 280 000 000.00		
4	PANTALLAS DE CAISSONS					\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 3 964 877 534.11	
4.1	Viga de amarre	ML	0	0	2186	\$ 162 000.00	\$ 0.00	\$ 354 132 000.00	
4.2	Caissons 1.20m	ML	0	0	5321	\$ 678 584.01	\$ 0.00	\$ 3 610 745 534.11	
5	OBRAS DE DRENAJE					\$ 0.00	\$ 6 000 000.00	\$ 1 487 200 000.00	
5.1	Filtros y Sub drenes	ML	0	0	7280	\$ 200 000.00	\$ 0.00	\$ 1 456 000 000.00	
5.2	Cunetas y obras menores	ML	0	120	624	\$ 50 000.00	\$ 0.00	\$ 6 000 000.00	
6	BIO INGENIERÍA					\$ 0.00	\$ 248 259 375.00	\$ 100 031 250.00	
6.1	Siembras de árboles	M2	0	18188	7275	\$ 13 250.00	\$ 0.00	\$ 240 984 375.00	
6.2	Rocería y limpieza	M2	0	36375	18188	\$ 200.00	\$ 0.00	\$ 7 275 000.00	
7	MOBILIARIO URBANÍSTICO					\$ 2 091 747 040.00	\$ 0.00	\$ 2 091 747 040.00	
7.1	Andenes y vías peatonales	ML	1600	0	1600	\$ 1 250 000.00	\$ 2 000 000 000.00	\$ 2 000 000 000.00	
7.2	Bancos en concreto	UND	72	0	72	\$ 305 000.00	\$ 21 960 000.00	\$ 0.00	
7.3	Parque	UND	1	0	1	\$ 2 500 000.00	\$ 2 500 000.00	\$ 0.00	
7.4	Postes peatonales	UND	64	0	64	\$ 1 051 360.00	\$ 67 287 040.00	\$ 0.00	
8	MANTENIMIENTO					\$ 568 587 352.00	\$ 59 059 468.75	\$ 639 025 131.38	
8.1	Mantenimiento (5% del costo por alternativa)	GLB	0	0	1		\$ 568 587 352.00	\$ 59 059 468.75	
9	MONITOREO					\$ 568 587 352.00	\$ 408 496 281.25	\$ 639 025 131.38	
9.1	Monitoreo (5% del costo por alternativa)	GLB	5	0	2		\$ 568 587 352.00	\$ 408 496 281.25	
COSTOS DIRECTOS						\$ 12 508 921 744.00	\$ 8 637 481 375.00	\$ 14 058 552 890.30	
AIU 25%						\$ 3 127 230 436.00	\$ 2 159 370 343.75	\$ 3 514 638 222.57	
COSTOS DE LA ALTERNATIVA						\$ 15 636 152 180.00	\$ 10 796 851 718.75	\$ 17 573 191 112.87	

Los predios analizados no involucran los incluidos en el programa reasentamiento que se viene desarrollando actualmente

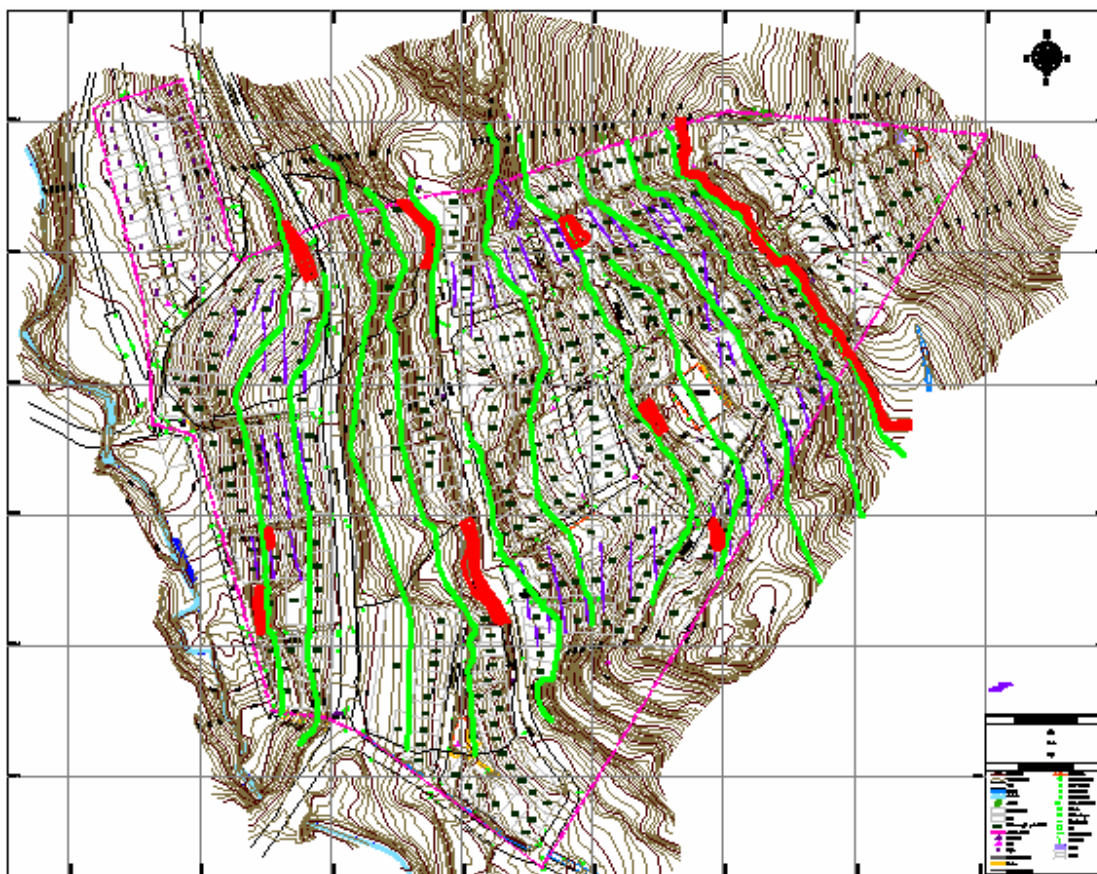


Figura 14-3 Alternativas de mitigación

14.2 ANÁLISIS DE AMENAZA CON OBRAS

Para la toma de decisiones con relación a las obras a realizarse en la zona para mitigar, se realizó sobre las secciones analizadas los modelos con las obras planteadas. Se tomaron las secciones A, B, C, D, E, F, G y H. A continuación se muestran algunas figuras del análisis realizado:

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

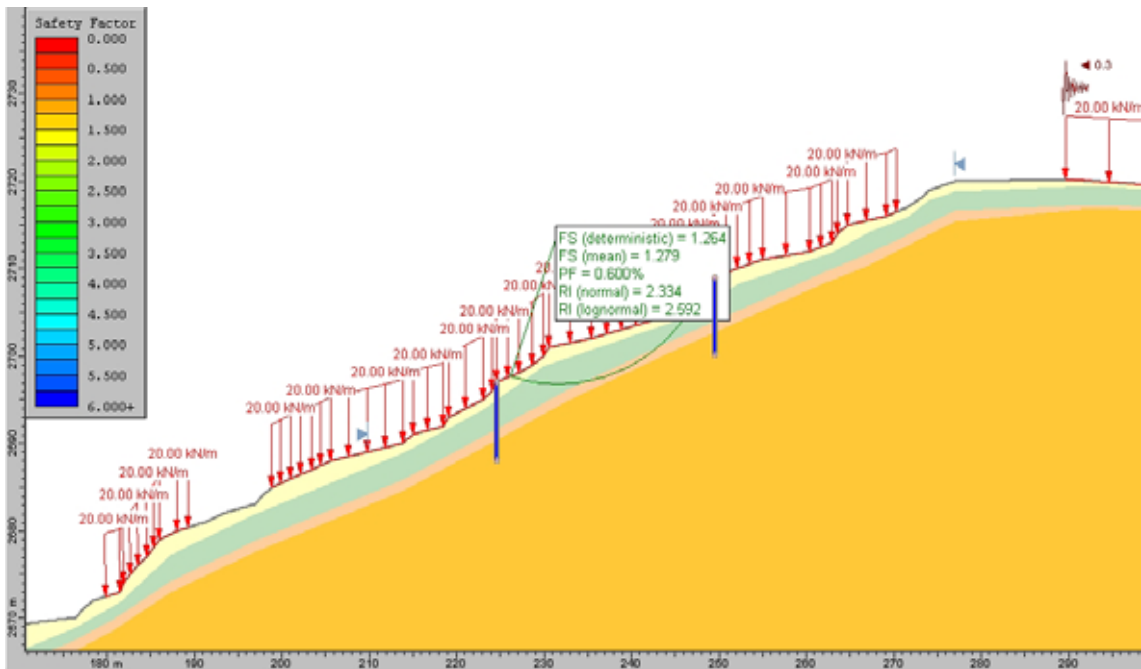


Figura 14-4 Modelo sección A-2 con obras de drenaje y pilotes

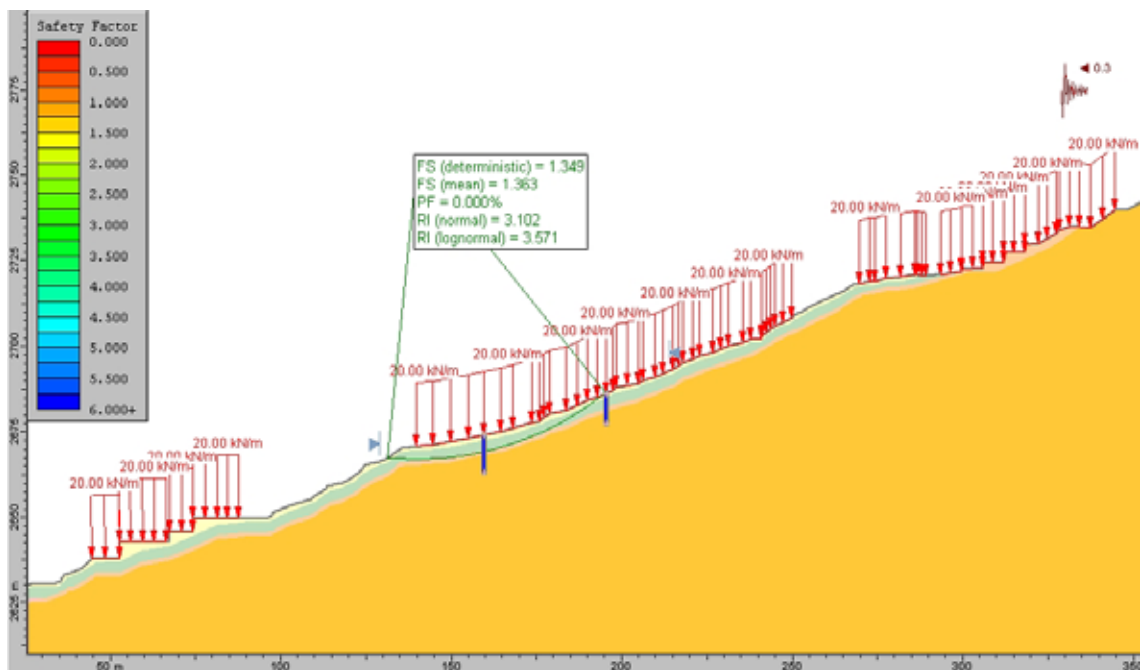


Figura 14-5 Modelo sección B-3 con obras de drenaje y pilotes

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

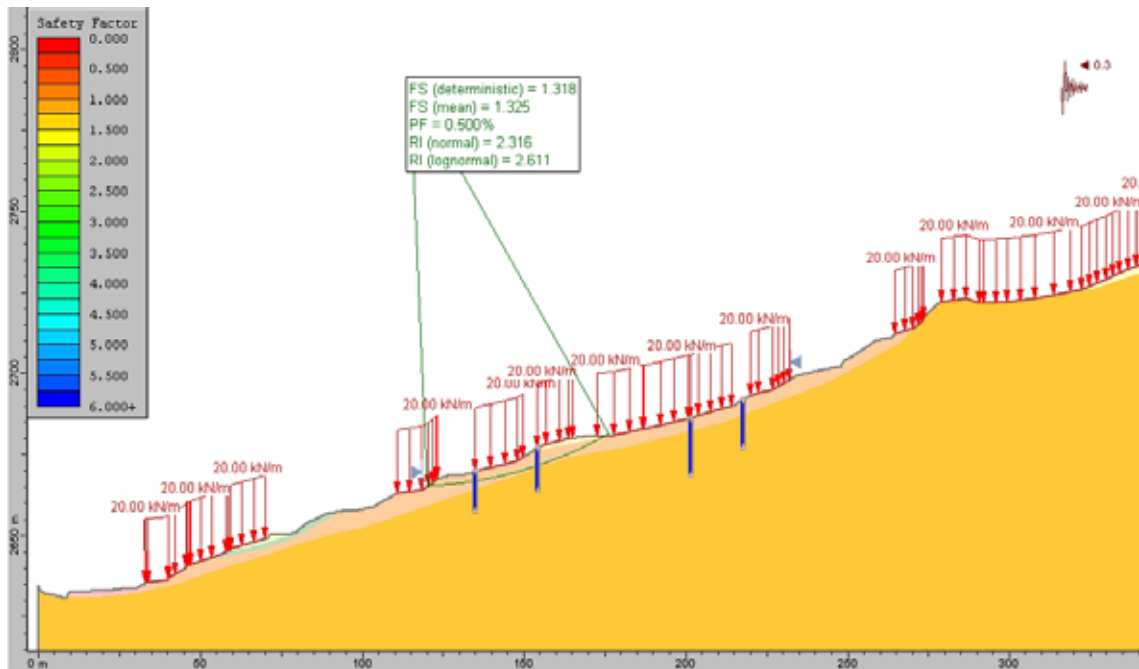


Figura 14-6 Modelo sección C-3 con obras de drenaje y pilotes

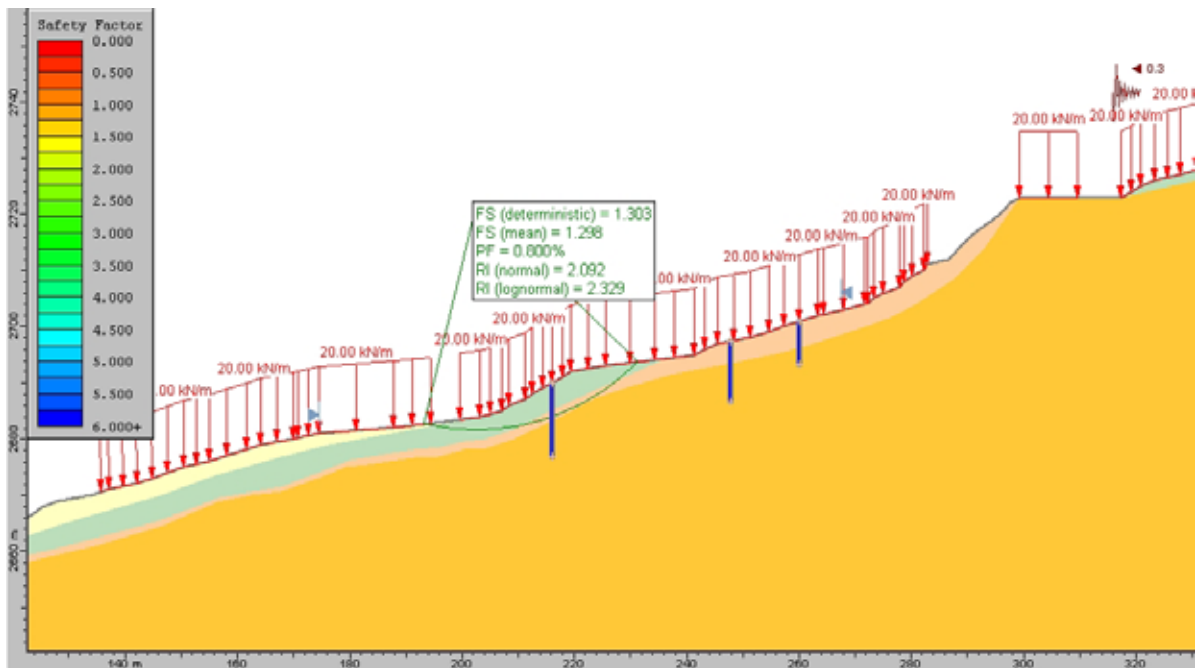


Figura 14-7 Modelo sección D-3 con obras de drenaje y pilotes

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

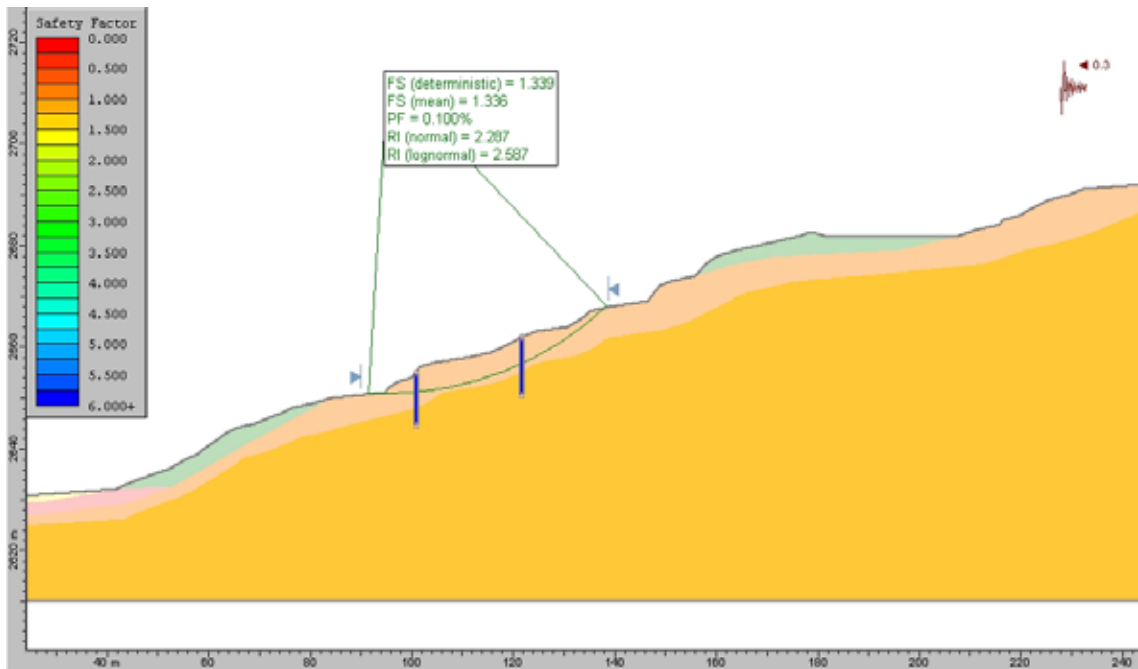


Figura 14-8 Modelo sección E-3 con obras de drenaje y pilotes

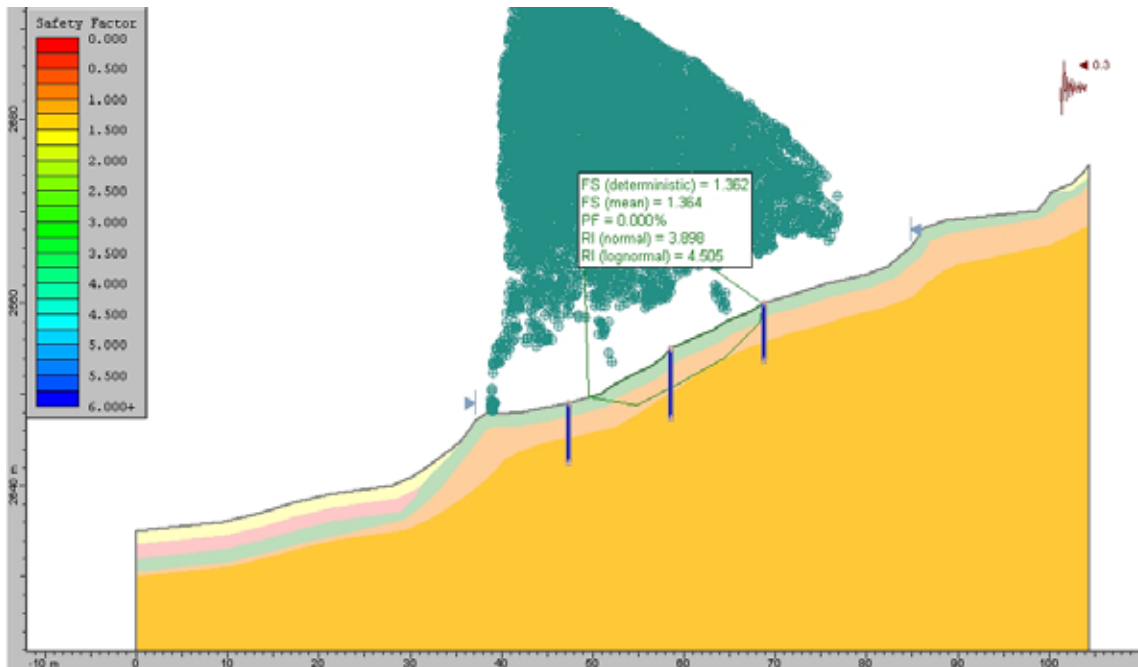


Figura 14-9 Modelo sección F-4 con obras de drenaje y pilotes

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

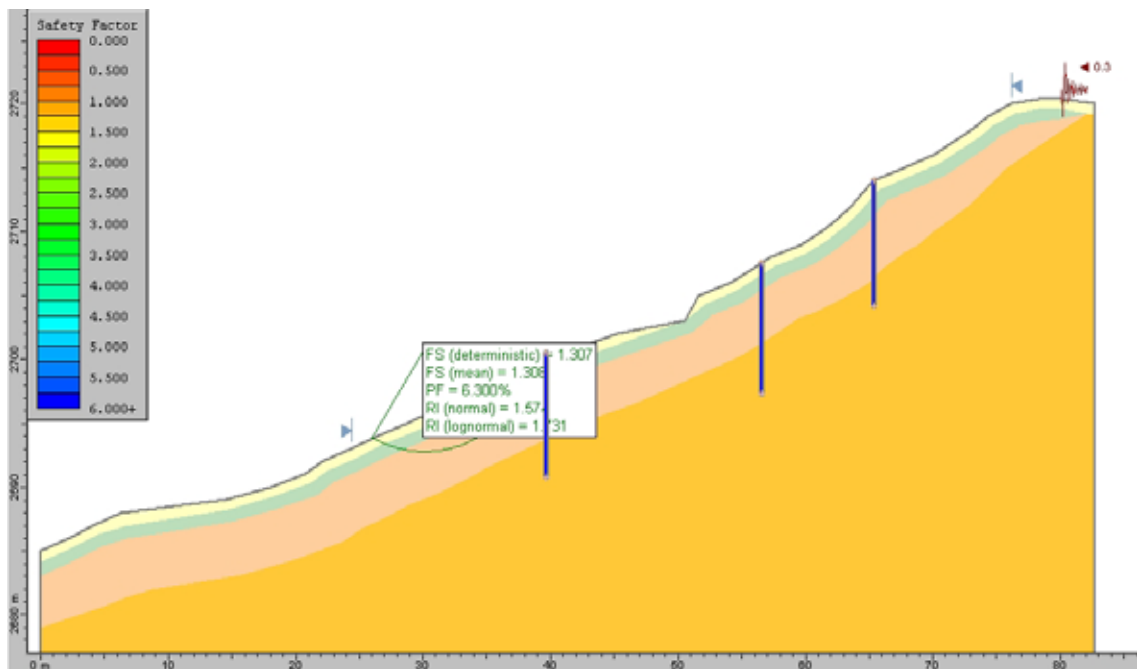


Figura 14-10 Modelo sección G-2 con obras de drenaje y pilotes

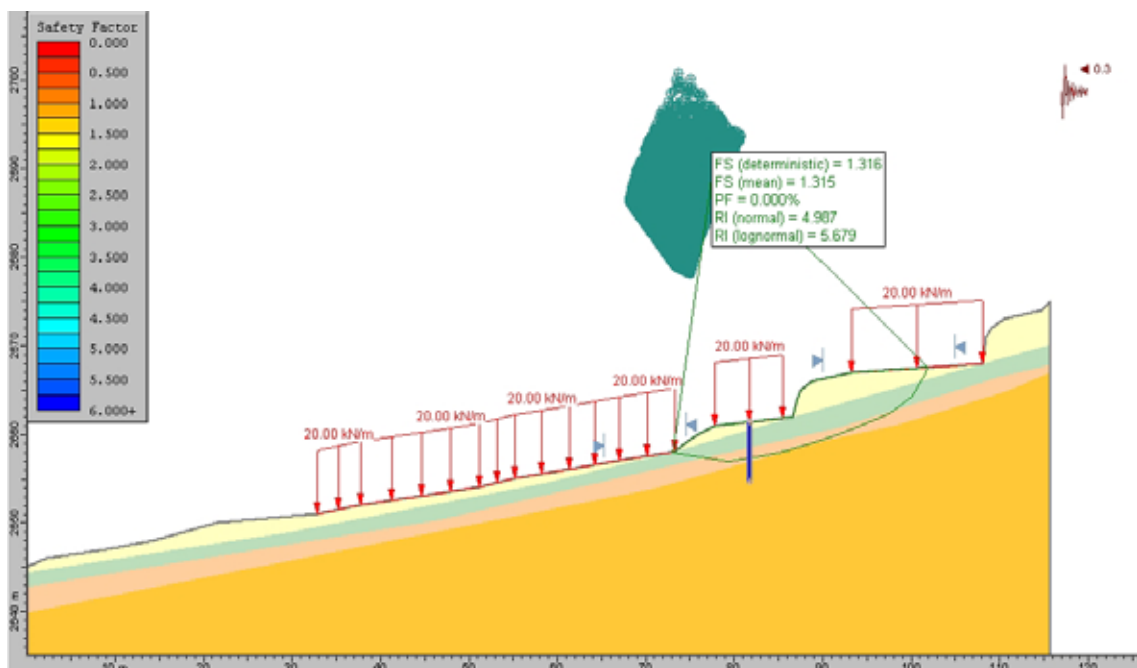


Figura 14-11 Modelo sección H-4 con obras de drenaje y pilotes

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

Las obras de drenaje se ubicaran de acuerdo con la topografía del terreno en zonas donde se puedan colocar. Las filas de pilotes se contemplan separadas cada 1.00 m por lo que se requieren diferentes resistencia al corte. Para la toma de decisiones se tomará una resistencia única y se variara la separación de acuerdo con la solicitud por la zona de estudio.

Se valoraron para diferentes secciones los factores de seguridad asociados a obras de drenaje y a obras de drenaje con contención por caisson obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 14-2 Factores de seguridad secciones con obras

	SECCIÓN	ZONA	SUB.	COD.	CONDICION SIN AGUA			CONDICION SISMO SIN AGUA			CONDICION SIN AGUA pilotes			CONDICION SISMO SIN AGUA pilotes	
					FS Determ	F.S Medio	Amenaza	FS Determ	F.S Medio	Amenaza	FS Determ	F.S Medio	Amenaza	FS Determ	F.S Medio
1	A	1		A1	2,119	2,106	Baja	1,211	1,202	Media			Alta		
1	A	1	1	A11	2,203	2,200	Baja	1,166	1,164	Alta			Alta		
1	A	1	2	A12	3,936	3,928	Baja	1,730	1,733	Media			Alta		
2	A	2		A2	1,290	1301,000	Media	0,803	0,810	Alta	1,946	1,959	Baja	1,264	1,279
2	A	2	1	A21	1,300	1,310	Media	0,712	0,717	Alta	2,281	2,292	Baja	1,347	1,353
4	A	4		A4	1,544	1,588	Baja	0,908	0,910	Alta	2,237	2,242	Baja	1,314	1,317
4	A	4	1	A41	1,835	1,844	Baja	1,126	1,132	Media	2,194	2,204	Baja	1,252	1,258
5	A	5		A5	1,616	1,657	Baja	1,063	1,090	Media	2,064	2,106	Baja	1,385	1,140
1	B	1		B1	1,6	1,619	Baja	1,053	1,064	Media	1,963	1,98	Baja	1,297	1,308
1	B	1	1	B11	5,916	6,2	Baja	2,299	2,336	Baja			Alta		
2	B	2		B2	1,265	1,263	Media	0,751	0,751	Alta	2,091	2,089	Baja	1,325	1,324
2	B	2	1	B21	1,373	1,371	Baja	0,816	0,815	Alta	2,063	2,061	Baja	1,271	1,27
3	B	3		B3	1,973	1,993	Baja	1,17	1,182	Media	2,259	2,279	Baja	1,349	1,363
3	B	3	1	B31	1,954	1,974	Baja	1,007	1,018	Media	2,487	2,506	Baja	1,309	1,319
4	B	4		B4	1,592	1,598	Baja	0,935	0,938	Alta	2,153	2,158	Baja	1,316	1,319
5	B	5		B5	1,615	1,657	Baja	1,077	1,081	Media	2,365	2,375	Baja	1,274	1,278
2	C	2		C2	1,338	1,356	Baja	0,811	0,822	Alta	2,065	2,084	Baja	1,319	1,332
2	C	2	1	C21	1,52	1,536	Baja	0,855	0,865	Alta	2,276	2,291	Baja	1,329	1,339
3	C	3		C3	1,595	1,615	Baja	0,923	0,93	Alta	2,517	2,53	Baja	1,318	1,325
2	D	2		D2	1,192	1,207	Media	0,785	0,796	Alta	1,946	1,962	Baja	1,328	1,339
2	D	2	1	D21	1,286	1,302	Media	0,836	0,846	Alta	2,003	2,02	Baja	1,319	1,33
3	D	3		D3	1,33	1,326	Baja	0,797	0,795	Alta	2,482	2,498	Baja	1,304	1,32
3	D	3	1	D31	2,568	2,567	Baja	1,219	1,129	Media	2,721	2,72	Baja	1,305	1,304
3	D	3	2	D32	1,303	1,31	Baja	0,819	0,824	Alta	2,218	2,21	Baja	1,303	1,298
2	E	2			1,518	1,512	Baja	0,881	0,877	Alta	2,372	2,386	Baja	1,334	1,343
3	E	3			0,967	0,967	Alta	0,531	0,531	Alta	2,419	2,418	Baja	1,302	1,302
3	E	3	1		1,059	1,059	Media	0,562	0,562	Alta	2,878	2,877	Baja	1,315	1,313
3	E	3	2		1,762	1,758	Baja	0,783	0,781	Alta	2,945	2,942	Baja	1,303	1,301
4	E	4			1,66	1,648	Baja	0,849	0,847	Alta	2,418	2,362	Baja	1,339	1,336
5	E	5			1,191	1,187	Media	0,644	0,642	Alta	2,21	2,205	Baja	1,312	1,309
6	E	6			2,81	2,818	Baja	1,312	1,318	Baja			Alta		
4	F	4			1,268	1,264	Media	0,745	0,742	Alta	2,234	2,229	Baja	1,362	1,364
2	G	2			1,198	1,197	Media	0,747	0,745	Alta	2,156	2,041	Baja	1,307	1,308
4	H	4			1,515	1,511	Baja	0,877	0,875	Alta	2,336	2,332	Baja	1,316	1,315

El análisis de factores de seguridad y sus probabilidades asociadas se presentan en los siguientes párrafos.

14.3 MODELO DE DECISIÓN

La implementación de un modelo de decisión probabilístico, permite al diseñador seleccionar entre múltiples alternativas de solución, sin caer en un marco subjetivo donde predomine el juicio del experto. Dichos modelos están basados en un análisis comparativo entre el nivel de riesgo alcanzado por una medida de mitigación y el costo esperado en pesos para la misma.

De esta forma se adoptó como modelo de decisión el propuesto por Wu et al (1996) el cual establece:

$$R = Pf * Cf$$

Donde:

R: riesgo asumido

Pf: amenaza o probabilidad de falla de un talud y

Cf: Consecuencia o costo de falla.

Finalmente, se calcula el beneficio obtenido de cada alternativa, tomando como referencia el riesgo asumido ante la solución “convivir con el problema” así:

$$BE = RACP / RA$$

Donde:

BE: Beneficio obtenido

RA: Riesgo Asumido

RACP: Riesgo asumido alternativa “convivir con el problema”.

El cálculo del beneficio se calcula para cada tipo de riesgo asumido, es decir si falla o no falla el sistema con el fin de poderlo comparar y obtener el beneficio particular. En este caso si el beneficio para la condición de falla es superior al 100% se mejora la condición. Es decir si llega a fallar el valor total de daños esperados por esta falla generara un beneficio superior al respecto de la alternativa de convivir con la situación. Entre más se aleje de la condición del 100% la alternativa a ejecutar presenta mejores beneficios para el sitio.

COSTO DE FALLA

El costo de falla referido en el ítem anterior se obtiene como la sumatoria de todos los costos probables en los que se puede incurrir en el evento en que se presente la falla, se haya o no aplicado la obra de mitigación.

En este caso particular, la ocurrencia de un FRM dará lugar a los siguientes costos:

- Pérdida de la inversión inicial
- Retiro de material deslizado
- Reconformación de taludes
- Aplicación de obras civiles cuando estas aun no ha sido aplicadas.
- Reparación y/o ejecución de obras de ejecutados.

Para establecer el costo de cada uno de los ítems anteriores se adoptaron los siguientes criterios:

- Involucra el costo de daño de la edificación las cuales no han sido reasentadas por obra.
- Inversión en obras de recuperación estimada en un 70% del promedio de las obras civiles planteadas inicialmente como alternativas.

14.4 PROBABILIDAD DE FALLA

Los valores de probabilidad obtenidos finalmente para el análisis se presentan en la tabla siguiente para los dos escenarios previstos:

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

Tabla 14-3 Probabilidades de secciones con obras

SECCIÓN	ZONA	SUB.	Amenaza actual		años		Amenaza a 50 años	
			pF	Amenaza	pF	Amenaza	pF	Amenaza
A	2		0,04	baja	0,30	media	0,81	alta
A	2	1	0,05	baja	0,31	media	0,81	alta
A	4	1	0,01	baja	0,08	baja	0,21	media
A	5		0,06	baja	0,15	media	0,32	media
B	1		0,03	baja	0,13	media	0,34	media
B	2		0,11	baja	0,35	media	0,82	alta
B	2	1	0,04	baja	0,30	media	0,81	alta
B	3	1	0,02	baja	0,14	media	0,37	media
B	4		0,02	baja	0,20	media	0,54	alta
B	5		0,07	baja	0,12	media	0,23	media
C	2		0,11	baja	0,30	media	0,67	alta
C	2	1	0,04	baja	0,24	media	0,62	alta
C	3		0,03	baja	0,22	media	0,57	alta
D	2			baja	0,43	alta	0,75	alta
D	2	1	0,14	media	0,31	media	0,66	alta
D	3		0,04	baja	0,30	media	0,81	alta
D	3	1	0,00	baja	0,03	baja	0,07	baja
D	3	2	0,04	baja	0,30	media	0,81	alta
E	2		0,04	baja	0,24	media	0,62	alta
E	3			baja		baja		baja
E	3	1	0,06	baja	0,32	media	0,82	alta
E	3	2	0,04	baja	0,30	media	0,81	alta
E	4		0,04	baja	0,26	media	0,68	alta
E	5		0,06	baja	0,32	media	0,82	alta
E	6		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
F	4		0,52	alta	0,65	alta	0,90	alta
G	2		0,18	media	0,40	alta	0,83	alta
H	4		0,03	baja	0,29	media	0,79	alta
		Max	0,14	media	0,43	alta	0,82	alta
A	2		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
A	2	1	0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
A	4	1	0,00	baja	0,03	baja	0,08	baja
A	5		0,00	baja	0,02	baja	0,05	baja
B	1		0,00	baja	0,01	baja	0,03	baja
B	2		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
B	2	1	0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
B	3	1	0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
B	4		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
B	5		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
C	2		0,00	baja	0,00	baja	0,01	baja
C	2	1	0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
C	3		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
D	2		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
D	2	1	0,00	baja	0,00	baja	0,01	baja
D	3		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
D	3	1	0,00	baja	0,00	baja	0,01	baja
D	3	2	0,00	baja	0,00	baja	0,01	baja
E	2		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
E	3		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
E	3	1	0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
E	3	2	0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
E	4		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
E	5		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
E	6		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
F	4		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
G	2		0,00	baja	0,02	baja	0,05	baja
H	4		0,00	baja	0,00	baja	0,00	baja
		Max	0,00	baja	0,03	baja	0,08	baja

Finalmente se obtienen para condiciones actuales y condiciones a 10 años las siguientes probabilidades de falla total máximos, para la valoración de obras:

Tabla 14-4 Probabilidades de falla total

Alternativa	Tipo	Probabilidad de falla (actual)	Probabilidad de falla (10 años)
2	Reasentamiento total	0,70	0,78
3	Obras de drenaje+contención	0,01	0,03

En este ejercicio se busco que siempre se obtuviera un escenario de falla con amenaza baja cumpliendo con la resolución y estándares de la ciudad en materia de niveles de seguridad.

14.5 RESULTADOS

De acuerdo con los beneficios obtenidos sumando el cálculo para condición en falla en cada alternativa y comparando con la alternativa No. 1 se tienen los siguientes resultados:

Alternativa	Beneficio (%)	
	Actual	10 años
2	30.95	30.95
3	-270.88	-395.53

Se puede observar que la alternativa que genera mayores beneficios a la zona es la alternativa No. 2 reasentamiento total.

La Figura 14-12 presenta los resultados del árbol de decisión para cada una de las alternativas y análisis planteado anteriormente.

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

	Costo de la alternativa (millones)	Probabilidad de falla del FRM	Costo residual por falla / no falla	Costo total	Riesgo	Costo para no falla		Beneficio
Convivir con el problema	15636	Falla	0.70 \$ 15 636	\$ 10 945	ALTO	\$ 4 691	100%	100.00%
		No falla	0.30	\$ 4 691				
Reasentamiento total	10797	Falla	0.70 \$ -	\$ 7 558	BAJO	\$ 3 239	69%	30.95%
		No falla	0.30	\$ - \$ 3 239				
Obras de drenaje-caisson	17573	Falla	0.01 \$ -	\$ 176	BAJO	\$ 17 397	371%	-270.88%
		No falla	0.99	\$ - \$ 17 397				

Figura 14-12 Árbol de decisión. Alternativas de mitigación condiciones actuales

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

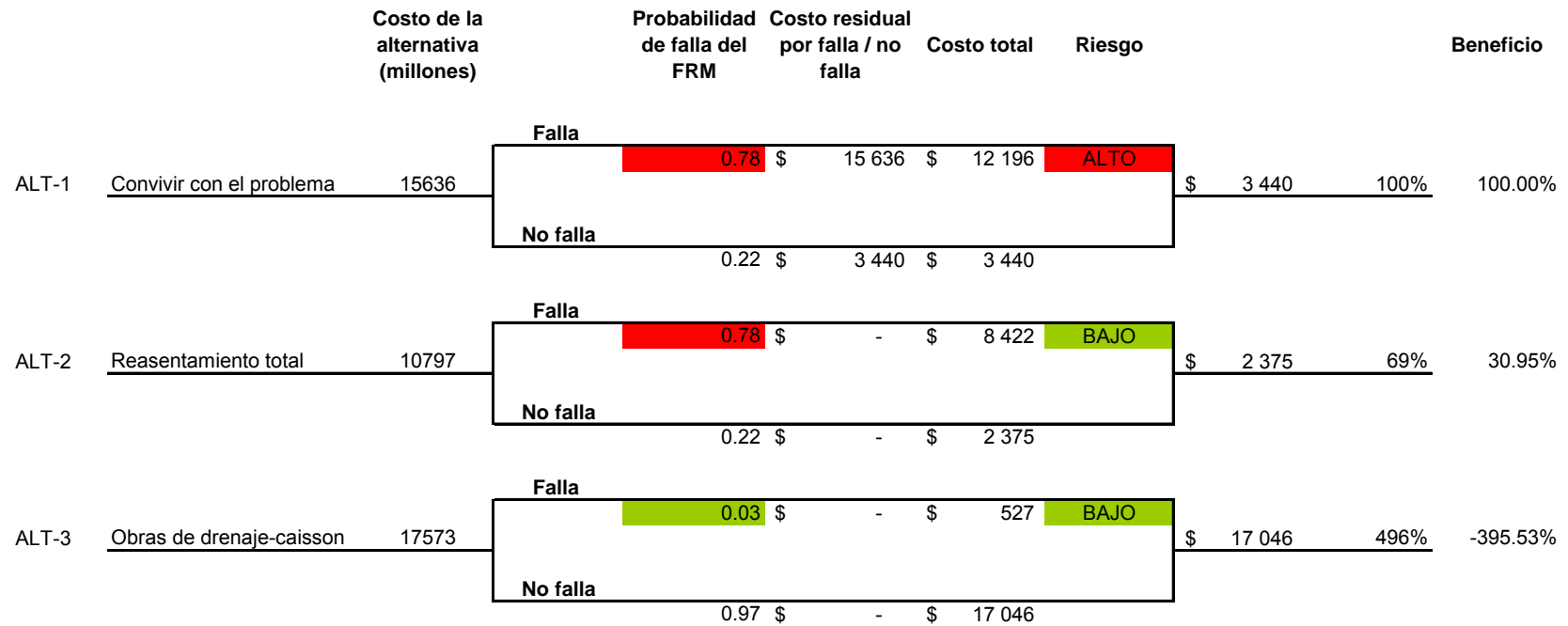


Figura 14-13 Árbol de decisión. Alternativas de mitigación condiciones 10 años

Como se puede observar de acuerdo con el análisis realizado la amenaza de la zona con las obras totales se reduce con toda la zona en amenaza baja.

Al tener solo obras de drenaje la amenaza de la zona en condiciones actuales y a 10 años baja considerablemente con un gran porcentaje en amenaza baja y media, pero en el escenario de 50 la amenaza no presenta cambio alguno aun se presenta el 50% de los predios en amenaza alta. Y como se había contemplado el modelo es directo entre el riesgo y la amenaza, el riesgo en la zona no disminuye.

15 PLAN DE ACCIÓN PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO

15.1 ALCANCE

En este capítulo se establece la secuencia de actividades propuestas para mitigar el riesgo inducido por la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, en aras de proteger la comunidad y sus elementos físicos.

La solución que se analizó y resultó la más óptima para minimizar los riesgos por fenómenos de remoción en masa para la zona de estudio, es el reasentamiento total de los predios ubicados en el barrio.

Se darán las diferentes etapas para llevar a buen término el reasentamiento total de los predios. Se planteará las medidas finales que se deben tener en cuenta en la ladera después del reasentamiento total de la zona en análisis.

Se planteará un cronograma de las diferentes etapas que se planteen para el proceso de reasentamiento y de recuperación de la zona.

15.2 CONDICIONES DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO DE LA ZONA

De acuerdo a la información anterior las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo se presentan a continuación:

Tabla 15-1 Amenaza, Vulnerabilidad y riesgo final del proyecto

Amenaza	Escenario Amenaza		
	Actual	10 Años	50 Años
BAJA	77	65	56
	32%	27%	23%
MEDIA	40	45	34
	16%	18%	14%
ALTA	127	134	154
	52%	55%	63%

Vulnerabilidad	Escenario Vulnerabilidad		
	Actual	10 Años	50 Años
BAJA	71	63	50
	29%	26%	20%
MEDIA	88	92	99
	36%	38%	41%
ALTA	85	89	95
	35%	36%	39%

Riesgo	Escenario de riesgo		
	Actual	10 Años	50 Años
BAJO	84	73	60
	34%	30%	25%
MEDIO	30	36	26
	12%	15%	11%
ALTO	130	135	158
	53%	55%	65%

Se puede observar que para el escenario de amenaza a 50 años más del 65% de viviendas, es decir 158 presentan riesgo alto. Estas consideraciones dentro del modelo de análisis condicionó que la mejor alternativa a desarrollar en la zona fuera el reasentamiento total.

Se plante el reasentamiento total de la población los barrios Yopal (el pedregal), san Juan i sector, san Juan ii sector y san Juan iii sector, de la localidad de Usme en Bogotá D.C.

15.3 PRIORIDAD DE REASENTAMIENTO

El reasentamiento no se puede realizar en una sola etapa dadas las condiciones y la falta de recursos destinados para tal por las entidades competentes, por lo que se debe realizar los reasentamientos parciales conforme a la necesidades de cada uno de los habitantes y predios en cuento a su grado de riesgo por fenómeno de remoción en masa y la falla o colapso final.

Los predios con reasentamiento inminente corresponden a 135 predios cuya valoración de riesgo en el escenario de las condiciones a 10 años es alto. Esto dadas las condiciones de amenaza que se puede generara en un tiempo menor de 10 años.

Para generar la reubicación de estos predios se realizará de acuerdo al siguiente esquema el cual es programado de acuerdo con la condiciones de las diferentes zonas que conforma el área de estudio.

- Los predios que deberán ser reubicados con una prioridad alta son los que se encuentra a media ladera en las zonas 2 y 3, en las manzanas 1-2-3-8-15-16-18.
- Se continúa con los predios ubicados en la zona 5 manzanas 92-93-94-95
- Se continúa con los ubicados en la zona 4 manzana 17.

El número de predios faltante en riesgo medio y bajo en el proceso de reasentamiento se pueden realizar de manera sistemática en los cuales se deberán reasentar un total de de 109 predios.

De los 109 predios se pueden dejar en una última etapa de reasentamiento los 27 predios pertenecientes a la manzana 98 los cuales en los diferentes escenarios de evaluación de riesgo, presentaron un nivel bajo.

15.4 OBRAS DE INTERVENCIÓN

Para la zona se debe proponer sea convertida en un parque o área verde de protección. El evento de remoción en masa que podría ser generado no presenta velocidades rápidas. El concepto de intervención debe estar asociado a que el mismo cuerpo en movimiento sin cargas de viviendas termine en una posición de reposo sin afectación a obras civiles ni a personas. Para ello el control puede estar asociado a las siguientes intervenciones:

- Revegetalización de la zona con especies que favorezcan y controlen la erosión y con la avidez de agua los procesos de remoción en masa. Se recomienda árboles de mediana altura.
- Mantenimiento de las líneas de drenaje de agua residual y de agua potable durante el proceso de reasentamiento.

15.5 MONITOREO

Se deberá llevar un control y monitoreo continuo en la zona durante el tiempo que se tome la ejecución del reasentamiento de la totalidad de predios.

Tal monitoreo es con el fin de ir garantizando la estabilidad dada por el ángulo de reposo propio de la ladera y los materiales que la conforman y con el fin de no tener que ejecutar obra adicionales de intervención.

El monitoreo deberá contemplar:

- Seguimiento en los niveles piezométricos con los elementos ubicados durante las campañas que anteceden y los ejecutados para el presente estudio.
- Deformaciones de la masa del suelo mediante los inclinómetros colocados.
- Evaluación estructural permanente especialmente durante la temporada de invierno.
- Control de deformaciones de tuberías de drenaje actual durante el proceso de reasentamiento.
- Control de deformaciones de demás servicios públicos existentes en la zona.

Este monitoreo permitirá determinar si el proceso de reasentamiento se está efectuando adecuadamente o si es necesario incluir un predio por prioridad inmediata.

15.6 CRONOGRAMA

Las actividades a desarrollar definidas dentro de un cronograma para 5 años se presenta a continuación:

Actividad	AÑO				
	1	2	3	4	5
Avalúo de viviendas en proceso de reasentamiento prioridad 1 – inminente	■				
Inicio de proceso de reasentamiento de viviendas prioridad 1 – inminente	■	■			
Avalúo de viviendas en proceso de reasentamiento prioridad 2 – corto plazo/mediano plazo			■		
Inicio de proceso de reasentamiento de viviendas prioridad 2 – corto plazo/mediano plazo				■	■
Obras de intervención	■	■			
Monitoreo y control social	■	■	■	■	■
Monitoreo y control técnico	■	■	■	■	■

Los responsables para el manejo del proceso de reasentamiento son la Caja de Vivienda Popular. El monitoreo y control técnico de la zona es responsable la DPAE y las empresas de servicios públicos, en especial la EAAB. Las obras de intervención pueden ser manejadas a través de Jardín Botánico o el IDRD.

16 PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

La implementación de las acciones técnicas necesarias para mitigar el riesgo presente en los barrios San Juan I sector, San Juan II sector, San Juan III sector y Yopal (Pedregal) debe estar acompañada de una intervención de carácter social que permita un adecuado asesoramiento y acompañamiento a la comunidad durante el proceso de reasentamiento total planteado en la alternativa N° 2. Este acompañamiento deberá comprender desde la información clara de las actividades a realizar por parte de las instituciones responsables del reasentamiento como la orientación de las acciones competencia de los habitantes en este mismo proceso y su acompañamiento.

Partiendo de reconocer a los habitantes como los actores principales de su desarrollo y seguridad, se deberán implementar acciones que les permita organizarse de manera coordinada para aportar al proceso de reasentamiento en todas las etapas necesarias.

Para la implementación del Programa de Participación Comunitaria, el encargado del proceso de reasentamiento debe presentar un Plan de Acción que contemple como mínimo los programas que aquí se proponen, dicho plan se presentará a los representantes de los barrios para realizar un proceso de concertación con ellos, posterior a la concertación con las instituciones encargadas del proceso.

16.1 PERSONAL REQUERIDO

Para la implementación del presente Programa de Participación Comunitaria se requiere de un profesional en Trabajo Social con experiencia en trabajo y organización comunitaria con una dedicación de 100 % de tiempo durante el desarrollo del proceso de reasentamiento. Para los casos que se requiera se deberá contar con el apoyo de los profesionales de las áreas técnicas igualmente en el proceso de valoración socioeconómica se deberá contar en el apoyo de un auxiliar que puede ser estudiante de trabajo social u otra profesión de las ciencias sociales para la elaboración del diagnóstico de las unidades habitacionales.

A continuación se presentan los programas que se deberán desarrollar durante la ejecución de la alternativa a implementar.

16.2 DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO

16.2.1 Información censal

Con base en los predios afectados, se deberá levantar la información de todas las Unidades Sociales (US), hogares, económicas, socioeconómicas y rentistas que habitan o no, y/o desarrollan actividades económicas (propietarios, arrendatarios, poseedores, etc.) en los inmuebles de los barrios, aplicando los instrumentos definidos para este fin.

Con base en dichos instrumentos, y los demás que propusiere quien ejecute el reasentamiento, el levantamiento censal deberá garantizar la recolección de información para indagar sobre la percepción de todas y cada una de las unidades sociales a trasladar, frente a: necesidades sociales, económicas, jurídicas, inmobiliarias que se generarán con ocasión del traslado, intereses y expectativas en torno a su desplazamiento o compra parcial del predio, contando de esta manera, con las variables de análisis para cada unidad social, que permitan definir los componentes social y económico del programa de reasentamiento del que trata la norma vigente para tales efectos.

Para el levantamiento del censo, se deberá informar a cada unidad social sobre el estado de avance del proyecto, cronograma y procesos a seguir en el componente de adquisición de predios.

16.2.2 Diagnóstico socioeconómico y cultural

Con base en la información obtenida mediante el censo y demás instrumentos utilizados para el estudio, se procederá a realizar un diagnóstico socioeconómico y cultural de las unidades sociales, caracterizándolas para dar cuenta de sus características demográficas, económicas, sociales y culturales, estableciendo los posibles impactos que sobre éstas ocasione el desplazamiento y definiendo la magnitud y temporalidad de los mismos.

16.2.3 Registro de información por unidad social

Se deberá levantar un *expediente físico por unidad social censada y/o identificada*. Para el efecto deberá organizar una carpeta por unidad social, la cual debe contener como mínimo:

- Registro fotográfico de la fachada del predio y del espacio físico utilizado por la Unidad Social en el inmueble requerido.
- La ficha censal debidamente diligenciada de cada unidad social vinculada al predio requerido. Para las Unidades Sociales identificadas pero no censadas por motivos externos al consultor, se deberá anexar al expediente los soportes de las visitas realizadas debidamente sustentadas con firma del propietario y/o arrendatario, o vecinos del inmueble, además de una caracterización mínima de la US en la ficha censal, haciendo claridad en las observaciones de las circunstancias que no permitieron la aplicación del instrumento.
- Ficha resumen que permita identificar: las características psico-sociales, económicas y jurídicas de la unidad social, los impactos socioeconómicos identificados, el balance de intereses y expectativas, las asesorías (social, jurídica, inmobiliaria, económica) requeridas para el restablecimiento y el estimativo del reconocimiento económico.
- Copia del registro topográfico del inmueble.

16.2.4 Estudio de los impactos socioeconómicos

A partir del Diagnóstico se deberán establecer los impactos generados a las familias que habitan las Unidades Sociales a trasladar. La evaluación de los impactos se debe realizar conforme se establece en el numeral respectivo y en las áreas que impacta el desplazamiento y las variables socioeconómicas de la siguiente matriz ilustrativa, sin perjuicio de las que quien ejecute proponga adicionalmente:

Tabla 16-1 Matriz de Análisis de Impactos

Áreas que impacta el desplazamiento	Variables socioeconómicas a tener en cuenta
Vivienda	Problemáticas de tenencia. Caracterización de las viviendas por tipo y uso. Caracterización de áreas disponibles. Probabilidad de restitución o pérdida del inmueble en condiciones similares de valor y uso. Inminencia de cambios en el uso.
Economía	Caracterización de las Unidades Económicas y Socioeconómicas por tipo y tamaño del negocio Probabilidades de pérdida de la actividad económica Probabilidades de cambio en la actividad económica. Probabilidades de pérdida o disminución de ingresos. Probabilidades de pérdida o disminución de renta. Probabilidades de cambio en la generación de empleo.
Individuo y grupo familiar	Alteraciones en las relaciones intra y/o extra familiares. Aumento en la Morbi – mortalidad y condiciones de discapacidad. Aparición de síntomas relacionados con angustia, tristeza, desanimo, estrés.

Áreas que impacta el desplazamiento	Variables socioeconómicas a tener en cuenta
	Aparición de sentimientos de duelo por la pérdida
Redes y organización social	Ruptura de redes de solidaridad y apoyo social Perdida y/o dificultades de acceso a servicios de Salud, Educativos y de Seguridad Social de las que se sirva la unidad social en su entorno Ruptura o desaparición de redes sociales (pertenencia a organizaciones del área de influencia) Probabilidad de aparición y/o incremento de conflictos sociales (entidad – comunidad)
Equipamientos Colectivos	Pérdida de servicios colectivos del sector por la compra de predios con este uso

16.3 FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

Con base en el censo, en el diagnóstico socioeconómico y en la evaluación de impactos, y buscando restablecer o mejorar las condiciones iniciales de las unidades sociales que deben trasladarse o se ven afectadas por la compra parcial de predios, se deberá formular un Programa de Participación Comunitaria, de acuerdo con los lineamientos y parámetros establecidos por la entidad responsable del reasentamiento. La formulación de este plan debe cumplir con la normativa existente a saber: acuerdo 10 de 2000, Decreto Distrital 296 de 2003, Decreto Distrital 190 de 2004, y/o las normas vigentes.

El plan deberá establecer los programas, los proyectos, las estrategias y actividades que se deberán desarrollar para lograr el restablecimiento y/o mejoramiento de las condiciones iniciales de todas las unidades sociales intervenidas por el proyecto (es decir las identificadas en el diagnóstico), así como definir las asesorías sociales dentro del componente social y el cálculo y pago del componente económico a que hubiere lugar para el programa de reasentamiento. Lo anterior sin perjuicio de las que el consultor o quien realice el reasentamiento proponga adicionalmente.

Se propone tener en cuenta como mínimo, las principales medidas de mitigación descritas en la siguiente matriz y deberá presentar una propuesta de manejo social que responda a las características, necesidades, intereses y expectativas particulares de las unidades sociales identificadas en el censo y el diagnóstico socioeconómico y cultural observando la metodología participativa y otras propuestas metodológicas que presente el consultor.

Tabla 16-2 Principales Medidas de Mitigación

Impactos	Poblaciones Objetivo	Medidas de Mitigación frente a:
Pérdida del inmueble o cambio en la tenencia (vivienda – negocio)	US Propietarias, US usufructuarias y US arrendatarias	<p>Pago de los predios que posibiliten una negociación exitosa.</p> <p>Tipos de asesorías jurídicas e inmobiliarias para la búsqueda de inmueble de reposición</p> <p>Tipos de Asesorías Psicosociales para apoyo a la restitución de los inmuebles.</p> <p>Estrategias de consecución de inmuebles para tener disponibilidad de oferta de viviendas de reposición.</p>
Pérdida de la actividad económica	US Económicas US Socioeconómicas US Rentistas	<p>Estrategias de intervención del área económica para la restitución de la actividad por tipos de empresa. (micro, pequeña y mediana).</p> <p>Estrategias de búsqueda inmobiliaria para la restitución de los inmuebles aptos para desarrollo de actividades económicas.</p>
Cambio en la actividad económica	US Económica US Socioeconómicas US Rentistas.	<p>Estrategias de intervenciones económicas para el cambio y fortalecimiento de la nueva actividad, por tipos de empresa. (micro, pequeña y mediana)..</p> <p>Estrategias de búsqueda inmobiliaria para la restitución de los locales bodegas y demás inmuebles requeridos</p>
Pérdida de ingresos	US Económicas, US Socioeconómicas US Rentistas	Estrategias para las asesorías empresariales que posibiliten la recuperación de la dinámica de la actividad económica.
Cambios en la composición familiar	US Hogares US	Estrategias de intervención Social es para la recomposición familiar y de grupos afectados.

Impactos	Poblaciones Objetivo	Medidas de Mitigación frente a:
	Socioeconómicas	Asesoría inmobiliaria para la búsqueda de un predio que se ajuste a las necesidades familiares.
Conflictos sociales (entidad –comunidad Comunidad – Comunidad)	US Hogares US Socioeconómicas US Económicas US Rentistas	Estrategias para formular un programa de Información clara y oportuna. Asesorías sociales para ejecución de trámites para la entrega del inmueble y la adquisición del inmueble de reposición
Aumento de morbilidad por factores asociados como angustia, tristeza, desanimo, estrés, etc.	US Hogares US Económicas US Socioeconómicas US rentistas	Estrategias para formular un programa de información clara y oportuna Asesorías jurídicas e inmobiliarias para la venta del predio al FOPAE o entidad responsable del reasentamiento y adquisición. Asesoría y acompañamiento social para generar confianza en el proceso y manejo del cambio.
Dificultad en el acceso a servicios de Salud	US Hogares US Socioeconómicas	Acompañamiento social y asesoría para la realización de trámites de vinculación a los servicios de la Secretaria de Salud del Distrito. Acompañamiento para la ubicación en centros de salud cercanos a la zona de restitución de vivienda.
Dificultad en la vinculación a servicios educativos	US Hogares US Socioeconómicas	Acompañamiento social y asesoría para la búsqueda de cupos escolares.

Se deberá recopilar la información recogida con los instrumentos propuestos para en las etapas anteriores que contenga entre otros: el censo poblacional, la caracterización socioeconómica de las unidades sociales, ficha resumen por unidad social, el estudio y evaluación de impactos socioeconómicos y con fundamento en lo anterior, el Programa de Participación Comunitaria que se deberá ejecutar para el programa de reasentamiento

que se adelante en el proceso de adquisición de predios, de tal forma que se garantice el acompañamiento oportuno y permanente a las unidades sociales intervenidas.

El informe de diagnóstico deberá incluir un listado de unidades sociales, por tenencia y por clase de unidad social, las correspondientes bases de datos y los expedientes físicos de cada Unidad Social.

Como parte del Programa de Participación Comunitaria, el consultor deberá proponer los programas y proyectos con los objetivos, las metodologías de intervención, las actividades, los indicadores de gestión y los indicadores de logro, de acuerdo con las variables definidas para la restitución de las condiciones socioeconómicas en los siguientes componentes:

- **Componente Información**

Estrategias para implementar un programa de información a las unidades sociales a trasladar, en la que se relacione cada una de las actividades que se deben adelantar durante toda la etapa de adquisición de predios, desde el inicio hasta su reasentamiento efectivo.

- **Componente social**

Programas de intervención socioeconómica y cultural de apoyo al traslado, de acuerdo con las condiciones de la población identificadas en el diagnóstico, en los cuales se especifiquen como mínimo las siguientes áreas de intervención: social, económica, jurídica e inmobiliaria, arquitectónica y asistencia técnica.

- **Componente económico**

En este componente se definirán los reconocimientos económicos que se pagará de acuerdo con la reglamentación de la entidad responsable del reasentamiento a las unidades sociales a reubicar en los inmuebles requeridos para la ejecución del proyecto, conforme a la normatividad vigente que rige la materia. El consultor, identificará y definirá las unidades sociales que son beneficiarias de este componente, determinará los factores que se deben reconocer y efectuará el cálculo de los costos que se originen de dichos reconocimientos económicos.

- **Coordinación con el área técnica**

El Programa de Participación Comunitaria deberá plantear estrategias, mecanismos y obligaciones de coordinación del reasentamiento de la población con el proceso de adquisición de predios, para lo cual se deberán definir cronogramas, procedimientos y metodologías.

▪ **Estrategia de evaluación y seguimiento**

Se deberá especificar los indicadores (de logros, de gestión, de resultados etc.), que permitan evaluar durante toda su ejecución el Programa de Participación Comunitaria y las medidas adoptadas para el restablecimiento de las condiciones iniciales de las unidades sociales reasentadas; así mismo, de las estrategias y acciones de coordinación con el área técnica de las que trata el párrafo anterior.

Adicionalmente el consultor establecerá las medidas de manejo para la población del área aferente a los predios objeto de afectación predial, atendiendo a las particularidades sociales, estrategias a implementar, número de actividades, responsables, tiempos, entre otros. Dentro de este plan se debe considerar como mínimo: manejo de culatas, muros medianeros, manejo de demoliciones, condiciones de seguridad y fitosanitarias, accesibilidad, entre otros.

El Programa de Participación Comunitaria para el reasentamiento y acompañamiento a la adquisición de los predios debe establecer además de los programas y estrategias, los tiempos, responsables y costos. (Incluir mínimo tres estimativos).

16.4 PROGRAMA DE INFORMACIÓN

16.4.1 Objetivo

Mantener informados a los habitantes de los barrios a reubicar lo pertinente al proceso, en cuanto a cronograma, tiempo de ejecución, aspectos técnicos, legales y sociales que implique el desarrollo de mismas.

Para este propósito se proponen las siguientes actividades:

16.4.2 Reunión General

Se realizará una reunión con todos los habitantes de los barrios afectados en la que se explicará de manera clara la situación de los mismos y el proceso a desarrollar de acuerdo a los resultados de los estudios y la normatividad existente. Esta reunión debe ser apoyada por el área técnica. En esta reunión se explicarán las medidas generales que se implementarán durante todo el proceso.

16.4.3 Reunión con los habitantes según afectación.

De acuerdo a los resultados del diagnóstico se desarrollarán reuniones de asesoría y orientación a los habitantes de acuerdo a los impactos identificados en el diagnóstico.

Las reuniones a realizar son:

16.4.4 Selección de representante por nivel de afectación.

En las reuniones anteriores se seleccionará uno o dos representantes que conformarán el comité de comunicación y apoyo.

16.4.5 Conformación de comité de comunicación y apoyo.

Para establecer un mejor mecanismo de comunicación entre los habitantes y el encargado del proceso de reasentamiento se establecerá un canal de comunicación a través de un “comité de comunicación y apoyo”; este será conformado por uno o dos representantes, según afectación; se buscará también que se integre a este un representante de cada una de las cuadras y representantes de la Junta de Acción Comunal.

16.4.6 Definición de cronograma de trabajo y sitios de encuentro

En conjunto con los representantes de la comunidad se elaborará un cronograma de trabajo en el que se estipularán fechas de reunión, sitios de encuentro y responsabilidades en las acciones a desarrollar.

16.4.7 Mecanismos de solución de conflictos

Se nombrarán dentro de la comunidad un comité de conciliación que permita la solución de los conflictos que se generen en el desarrollo de las diferentes actividades y que actuará como representante de la comunidad.

Se buscará solucionar los conflictos a través de la conciliación para lo que se desarrollarán reuniones específicas para cada caso y en la cual participará el comité de conciliación y el afectado, además de ser necesario se involucrará al representante de la institución responsable del proceso de reasentamiento.

En caso de no poder solucionar la situación presentada en el comité se discutirá la siguiente acción que se deberá desarrollar, teniendo en cuenta los aspectos legales en la situación específica.

16.5 PROGRAMA DE DIVULGACIÓN

Este programa, relacionado con el anterior, tiene por objeto comunicar a los habitantes cada una de las actividades a desarrollar. Se informará de manera verbal y escrita y se llevará soporte de la realización de esta actividad, el cual puede ser a través de acta en el caso de las reuniones y firmas en el caso de entrega de volantes informativos. La divulgación de las actividades se realizará a través de:

Las piezas de divulgación que se elaboren se diseñarán en concordancia con la imagen institucional de la entidad contratante.

16.5.1 3.1. Volantes de información

Las actividades a desarrollar se informarán a los habitantes a través de un volante claro y sencillo con la información más relevante; se entregará a cada uno de los afectados, a la Junta de Acción Comunal y al comité de comunicación y apoyo.

16.6 PROGRAMA DE ACOMPAÑAMIENTO A LA REUBICACIÓN

Es importante que en la reubicación de las familias que se trasladaran se realice con ellas un acompañamiento permanentemente durante el proceso de búsqueda de la vivienda y traslado de la nueva vivienda, teniendo en cuenta los resultados del diagnóstico socioeconómico y determinación de impactos y lo planteado anteriormente.

17 CONCLUSIONES

La zona de estudio corresponde con el área formada por los barrios Yopal (El Pedregal) y San Juan de Usme los cuales se localizan en la localidad de Usme, de la ciudad de Bogotá D.C. En la parte noroccidental de la localidad de Usme, sobre la margen derecha de la quebrada Santa Librada en una zona de topografía montañosa.

1. Actualmente el área de estudio esta afectada por fenómenos de remoción en masa de intensidad diferente, en algunos sitios se encuentra movimientos locales que durante su actividad han presentado desplazamientos superiores a 1 m y han afectado la estabilidad de viviendas. Existe además la evidencia de movimiento generalizado del terreno en prácticamente toda el área de estudio, reportado por la comunidad desde principios del mes de Diciembre de 2008, dando como resultado agrietamientos en el terreno y en las edificaciones cuyas aberturas varían desde unos pocos milímetros hasta unos 5 cm con tendencia de aumento en el tiempo, las mayores afectaciones se presentan en las viviendas localizadas en la parte media a alta y hacia los flancos sur y norte del barrio Yopal (El Pedregal) donde se encuentran los límites del terreno en movimiento y se presentan desplazamientos diferenciales entre el suelo estable aledaño y el suelo inestable que se desplaza.

2. A partir de la geología local realizada se identificaron las siguientes unidades geológicas:

Formación Usme: Se trata de una intercalación masiva de arcillolitas varicoloreadas (verde, rojizas y violetas) con estratificación delgada a masiva y de esporádicas intercalaciones de bancos de arenisca cuarzo-feldespáticas y cuarzosa con matriz arcillosa blanca de tipo caolinita. En el área de estudio se identificó la presencia de esta unidad en los contornos al cerro donde se encuentran los barrios Yopal (El Pedregal) y San Juan de Usme. En el costado occidental, los afloramientos son locales, y parciales en donde la secuencia muestra un alto grado de meteorización. Hacia el norte y en el sur, en los taludes de corte que llevan las explotaciones de las fábricas de ladrillo, la secuencia de arcillolitas se observan con una continuidad amplia. Se trata de estratos grueso a masivos de arcillolitas pastosas, ligeramente lodosas, con intercalaciones esporádicas de areniscas cuarzo-feldespáticas con cemento arcilloso. Solo hacia la parte superior, y en general cuando se encuentran inmediatamente por debajo de los suelos transpuestos y transportados o de algunos bancos de arenisca, la arcillolita presenta tonos rojizos. La arcillolita de esta formación expone una *rápida alteración y deterioro mecánico* ante su exposición en medio atmosférico. En los taludes, que han sido recientemente conformados, se reconoce una cubierta de material fragmentado y disgregado con espesores de unos 0.1 a 0.2 m. La alteración le comunica al material una cierta fisibilidad que no se aprecia cuando la roca se encuentra en estado fresca. Tanto en las cunetas como al excavar con el martillo aparece la roca muy blanda y de consistencia pastosa. Esta condición se identifica y se traduce en la expresión morfológica que se aprecian en las fotografías aéreas con un desarrollo de alta susceptibilidad a la erosión hídrica, con presencia de surcos y cárcavas.

Formación Marichuela: Se trata de gravas con tamaños variables de hasta 3.0 m de diámetro, con promedio de 0.2 m; e intercalaciones de arena compacta y de algunos niveles esporádicos de arcilla. En el contacto entre este depósito, y la Formación Usme, se identificaron varios “lloraderos”. Es decir el nivel de gravas y bloques que permite la infiltración de agua, la cual fluye y se conduce a lo largo de la interfaz de las rocas arcillosas y la base del depósito glacio – fluvial. Esta conducción debe ser mas efectiva cuando ocurre a lo largo de paleocanales y o acumulaciones locales sobre la ladera de interés.

Materiales de deslizamiento: Son depósitos producidos por procesos de remoción en masa que involucran y son segregadas desde las formaciones arriba citadas. Se incluye algún depósito relacionado a actividades antrópicas mineros

Materiales Antrópicos: Corresponden básicamente a la acumulación realizada por el hombre. Algunos obedecen al descapote de algunas explotaciones, o estériles asociados a la producción de ladrillos. Hacia la parte inferior de la ladera, y en límite entre el Barrio el Pedregal y San Juan, conformando el talud de la vía, se identifica el principal depósito antrópico, con evidencias de irregularidades. Dentro de este mismo predio, se identifica una antigua chimenea de un horno artesanal, utilizado para la fabricación de ladrillo. Muy seguramente corresponde al montaje de producción correspondiente a la extracción de arcilla donde actualmente se registra la mayor inestabilidad. El depósito consta de materiales estériles de la explotación y de retales de ladrillos. En superficie se identifica escalonamiento y aborregamiento. El espesor total puede ser del orden de 5 a 7 m. No hay viviendas dentro de esta área.

3. Alrededor del cerro de interés existe una gran extensión de terreno correspondiente a la explotación de arcillas para la fabricación de ladrillo. Esta ampliamente establecido el almacenamiento de agua, en pondajes rústicos ubicado sobre la Formación Usme, y en todo el contorno del sitio de interés. Debido a su ubicación dentro de rocas arcillolíticas no se aprecian exfiltraciones. De igual manera, todo parece indicar que tanto su distancia al barrio, como la posición altitudinal no contribuyen al aumento de la humedad dentro del área de estudio.

4. Se realizaron los análisis de precipitación con la información de las estaciones Juan Rey operadas por la EAAB y por la DPAE. De los resultados obtenidos de los análisis anteriores, se llega a conclusiones interesantes con respecto al efecto de la precipitación ocurrida durante el mes de diciembre de 2008:

- En primer término, se observa que los valores de precipitación antecedente al 6 de diciembre de 2008 son en todos los casos, es decir, para 5 hasta 20 días consecutivos con precipitación, inferiores a los correspondientes a períodos de recurrencia de 10 años para toda la serie de registro. Únicamente superan los valores correspondientes a dos años de recurrencia para 20 días consecutivos con lluvia.
- Por otra parte, la precipitación acumulada durante 30 días antecedentes al 6 de diciembre presenta un valor igual al de 10 años de recurrencia.

- De lo consignado anteriormente, se puede establecer que la precipitación ocurrida con anterioridad al 6 de diciembre de 2008 no presenta valores de magnitud extraordinaria y que tan sólo para duración de 30 días tiene una recurrencia de 10 años, si se compara con la resultante del análisis de los registros completos. Esta circunstancia conduce a concluir que la precipitación no fue un elemento extraordinario aunque haya podido ser significativo en los procesos de remoción en masa que ocurrieron en el mes de diciembre de 2008 y resalta la alta vulnerabilidad intrínseca de la ladera a los movimientos causados procesos geomorfológicos naturales que ya se han venido presentado hace mucho tiempo y se seguirán presentando dentro de las circunstancias previsible.

5. Se revisaron los reportes históricos de emergencias en la zona de estudio para el sismo de Quetame registrado el día 28 de mayo de 2008 y no se encuentra ningún caso reportado de emergencia causada por este evento sísmico.

6. El sitio de estudio se encuentra en un área de antiguas explotaciones mineras, las cuales fueron urbanizadas. Para la construcción de las viviendas sobre esta ladera fue necesario realizar algunos cortes al terreno natural y practicar también algunos rellenos. La ejecución de las actividades antes mencionadas de manera no técnica probablemente hayan sido contribuyentes al fenómeno de inestabilidad que actualmente se puede observar de manera generalizada.

7. Para la definición de los modelos de análisis se llevó a cabo una amplia exploración geotécnica conformada por la ejecución de 11 perforaciones con profundidades variables entre 2.9m y 16m, 4 líneas de dispersión sísmica y 8 apiques. De igual manera se realizaron ensayos para la caracterización de los materiales identificados.

Se identificaron fundamentalmente 4 tipos de materiales, los cuales fueron caracterizados: Relleno antrópico, Formación Marichuela, Residual de arcillolita de la formación Usme y rocas de la Formación Usme. De acuerdo con las evidencias de campo, los resultados de los ensayos de laboratorio, se determinó que existe una condición que define un mecanismo de movimiento cinemática y geotécnicamente posible en el contacto entre los materiales de la formación Marichuela y el espesor residual de arcillolitas de la formación Usme.

8. Se instalaron 6 piezómetros de Casagrande y 5 inclinómetros, los cuales fueron monitoreados durante el plazo de ejecución del presente contrato.

9. En los piezómetros se monitorearon las variaciones en los niveles piezométricos. Los piezómetros que registraron mayor variación corresponden a los instalados en las perforaciones S-1 y S-8. Es importante resaltar la presencia de nivel piezométrico superficial en el piezómetro S-3, el cual en algún momento durante la perforación presentó un nivel de agua saltante. En los modelos de análisis realizados para el estudio se tuvieron en cuenta las condiciones del agua registradas en el monitoreo. Se debe notar que a pesar de que en el periodo del monitoreo no hubo lluvias significativas, el nivel de agua se mantuvo alto lo cual indica que la situación es inherente a las condiciones hidrogeológicas de la ladera, posiblemente la pendiente y aporte de aguas desde la parte

superior por fuera del área de estudio. Esta situación es muy desfavorable y de muy difícil control.

10. En los inclinómetros instalados se observaron desplazamientos máximos de hasta 2mm como ocurre en el piezómetro S-4. De forma comparativa con los desplazamientos registrados durante los meses de enero a marzo de 2009 para el monitoreo geotécnico y estructural realizado por IGR Ltda. se concluye que las tasas actuales de movimiento son bajas, las cuales son favorecidas por condiciones climáticas secas. Sin embargo, en el caso de tener una temporada invernal fuerte es probable que se acelere nuevamente el proceso y se presenten pérdidas importantes, por lo tanto la ciudad deberá definir el nivel de riesgo que puede asumir con la comunidad de los barrios afectados.

11. De acuerdo al análisis de la información anterior las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo se presentan a continuación:

Amenaza	Escenario Amenaza		
	Actual	10 Años	50 Años
BAJA	77	65	56
	32%	27%	23%
MEDIA	40	45	34
	16%	18%	14%
ALTA	127	134	154
	52%	55%	63%

Vulnerabilidad	Escenario Vulnerabilidad		
	Actual	10 Años	50 Años
BAJA	71	63	50
	29%	26%	20%
MEDIA	88	92	99
	36%	38%	41%
ALTA	85	89	95
	35%	36%	39%

Riesgo	Escenario de riesgo		
	Actual	10 Años	50 Años
BAJO	84	73	60
	34%	30%	25%
MEDIO	30	36	26
	12%	15%	11%
ALTO	130	135	158
	53%	55%	65%

12. Se puede observar que para el escenario de amenaza a 50 años el 65% de viviendas, es decir 158 presentan riesgo alto. Estos resultados, al igual que lo que ocurre con las condiciones hidrogeológicas, son indicativos de una condición inherentemente muy desfavorable y de difícil control, aún a pesar de que en este escenario no se han considerado aspectos tales como la posible degradación de la resistencia de los materiales en la ladera debido a humedecimiento y creep o deformaciones acumuladas

(falla progresiva), lo cual tiende a ocurrir con el tiempo en suelos arcillosos duros como los que forman las unidades inestables en la ladera. Estas consideraciones dentro del modelo de análisis condicionaron a que la mejor alternativa a desarrollar en la zona fuera el reasentamiento total.

13. Se plantearon tres alternativas de mitigación para reducir el riesgo por fenómenos de remoción en masa, las cuales fueron evaluadas económicamente y que se describen a continuación:

- ALTERNATIVA 1: Convivir con el problema. La ciudad debería asumir un riesgo bastante elevado, el cual es difícil de cuantificar en términos monetarios porque corresponde al costo de los daños en las viviendas y de las personas que llegarán a ser afectadas. Eventualmente prácticamente la totalidad de las viviendas deberán ser relocalizadas, en diferentes momentos y bajo condiciones de emergencia, con el consecuente costo social y económico de tener que manejar el problema de manera incontrolada en una serie de emergencias.
- ALTERNATIVA 2: Reasentamiento total: Esta alternativa básicamente es realizar el proceso de reasentamiento de las 244 viviendas en un periodo no superior a 2 años de manera controlada y programada.
- ALTERNATIVA 3: Obras de drenaje + contención: Esta alternativa brinda probabilidades de falla adecuadas a la norma. Sin embargo, es muy difícil prever la evolución del problema teniendo en cuenta la tendencia de los materiales del área a reducir su rigidez y resistencia con el tiempo, y al hecho de que las condiciones de agua subterráneas son complejas e inherentemente desfavorables en el área, afectada por condiciones incontrolables de zonas pro fuera del área del estudio, lo cual puede hacer que a pesar de las obras se presenten movimientos que produzcan daños. En este caso la falla no generaría un porcentaje de obra adicional pero si sería necesario incrementar el número de predios para instalación de obra.

15. La alternativa que genera mayores beneficios a la zona es la alternativa No. 2 reasentamiento total.

16. En total el número de predios a reasentar son 244, de los cuales como prioridad 1 o inminente son un total de 135 predios (55%).

18 LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones del presente informe están basadas en los resultados obtenidos a partir de la información recopilada, investigación del subsuelo y ensayos de laboratorio ejecutados.

La información de exploración y laboratorio corresponde a sitios puntuales, por lo tanto, los perfiles geotécnicos obtenidos son aproximados y establecidos de acuerdo a los perfiles de cada sondeo.

En caso de encontrarse alguna situación particular que no se haya tenido en cuenta en el presente informe, se debe informar inmediatamente a EDGAR EDUARDO RODRIGUEZ GRANADOS, para realizar las aclaraciones y/o modificaciones oportunas.

19 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACOSTA, J., & ULLOA, C. (1998) "Geología de la Plancha 246-Fusagasugá". Ingeominas, Escala 1:100.000.

ACOSTA, J., & ULLOA, C., 2001(a). "Geología de la Plancha 246-Fusagasugá", Memoria Explicativa, Ingeominas, Escala 1:100.000.

ACOSTA, J., & ULLOA, C., (1998). "Geología de la Plancha 227-La Mesa", Ingeominas, Escala 1:100.000.

ACOSTA, J., & ULLOA, C., (2001). "Geología de la Plancha 227-La Mesa". Memoria Explicativa, Ingeominas, Escala 1:100.000.

BOWLES, J (1988). "Foundation Analysis and Design". McGraw-Hill International Editions.

CARO, P., GARCÍA, J. (1988). "Zonificación Geotécnica del Distrito Especial de Bogotá". Ingeominas – D.A-P-D. Bogotá.

C.I.C. CONSULTORES DE INGENIERIA Y CIMENTACIONES S.A. (Agosto de 2009). "Estudios geotécnicos y asesorías en geotecnia y diseños estructurales".

CRUDEN, D. y VARNES D. (1991). "Landslides types and processes". Universidad de Alberta.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. (2008). "Diagnostico Técnico No. DI 3952".

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. (2008). "Diagnostico Técnico No. DI 3951".

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. (2007). Concepto Técnico No. CT-4765.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. (2006). "Concepto Técnico No. 4462".

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. (2006). "Diagnostico Técnico No. DI 2511".

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. (2005). "Diagnostico Técnico No. DI 2444"

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. (2004). “Diagnostico Técnico No. DI 2228”.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. (2000). “Diagnostico de Emergencia No. 892”.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. (1999). “Diagnostico de Emergencia No. 761”.

GIA CONSULTORES LTDA. (2007). “Estudio geotécnico y análisis de amenaza en los frentes de explotación de la ladrillera Prisma S.A. en la ciudad de Bogotá D.C”.

GONZALEZ, A., J. (1999). “Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT en X Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana. Sociedad Colombiana de Ingenieros – Sociedad Colombiana de Geotecnia”

HARR. (1987). “Reliability based designed in civil engineering”. Dover.

HELMENS, K., (1990). “Neogene – Quaternary Geology of the High Plain of Bogotá”. Eastern Cordillera Colombiana. Berlin, Stuttgart, 1990.

HELMENS, K., VAN DER HAMMEN,T., (1995). Memoria explicativa de los mapas del Neógeno Cuaternario de la Sabana de Bogotá. IGAC, Análisis Geográficos 24. Bogotá.

IEH GRUCON LTDA. (1999). “Estudio de riesgos por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar la ladera donde se encuentran los desarrollos El Pedregal, Barranquillita y San Juan de Usme, localidad de Usme”.

INGENIERIA Y GEORIESGOS LTDA. (Febrero 2009). “Monitoreo geotécnico y estructural en el barrio Yopal (El Pedregal) de la localidad de Usme en Bogotá D.C”.

INGEOMINAS. (1996). “Estudio geotécnico sector “El Pedregal” Fase II”.

INGEOMINAS – UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (1997). “Microzonificación Sísmica de Santa fe de Bogotá”.

INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS LTDA. (1998) “Zonificación de riesgo por movimientos de remoción en masa en 101 barrios de la localidad de Usme”.

LEONE, F. (1999) “Concept de vulnerabilite appliquea L’evaluation des risques generes par les phenomenes de mouvements de terrain”. Tesis de doctorado. Universidad de Grenoble.

SANCHEZ-SILVA, M. TAYLOR, C.A. & BLOCKLEY, D.I. (1995) “Hazard management of projects in a earthquake”. In: Applications of Statistics an Probability. Lemaire, Favre & Marbarki (eds). Balkema, Rotterdam.

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

SOLER, F., GONZALEZ, A. y VESGA, L. (1999). "Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en Santa fe de Bogotá, Colombia". XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

UNIÓN TEMPORAL CRC. (2006). Consultoría para la emisión de Conceptos Técnicos de riesgo por fenómenos de remoción en masa para la legalización de desarrollos en la ciudad de Bogotá D.C. "Concepto Técnico No. 4340".

VAN DER HAMMEN, T., (1960). Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano Continentales y Tectogénesis de los Andes Colombia. Servi. Geol. Nal. Geol. No. 6 Bogotá, Colombia.

VAN DER HAMMEN, T. et.al. (2003). "Geología del Neógeno- Cuaternario. Aspectos Geoambientales de la Sabana de Bogotá". Pub. Geol. Espec. No. 27; INGEOMINAS.

VAN DER HAMMEN, T., Gaviria, S., (2003). "La Sabana de Bogotá". Pub. Esp. No. 27. INGEOMINAS, 2003.

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

ANEXO A- TOPOGRAFÍA

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

ANEXO B- FOTOGRAFIAS AEREAS

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

ANEXO C REGISTROS GRÁFICOS

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

ANEXO D- TABLA RESUMEN Y RESULTADOS DE LABORATORIO

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

ANEXO E- INFORME EXPLORACIÓN GEOFISICA

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

ANEXO F CORRECCIÓN SPT

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

ANEXO G DATOS INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

ANEXO H INVENTARIO DE VIVIENDAS

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA LOS BARRIOS YOPAL (EL PEDREGAL), SAN JUAN I SECTOR, SAN JUAN II SECTOR Y SAN JUAN III SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C.

ANEXO I ACTAS DE REUNIÓN CON LA COMUNIDAD Y FORMATO ENCUESTA SOCIAL

Plano 1-Topografía

Plano 2- Secciones topográficas

Plano 3- Geología

Plano 4- Geomorfología

Plano 5- Perfiles geológicos

Plano 6- Localización exploración

Plano 7- Perfiles geotécnicos

Plano 8- Zonificación geotécnica

Plano 9- Localización de instrumentación geotécnica

Plano 10- Inventario de viviendas

Plano 11- Índice de daños

Plano 12a- Amenaza actual

Plano 12b- Amenaza 10 años

Plano 12c- Amenaza 50 años

Plano 13- Tipología de edificaciones

Plano 14a-Vulnerabilidad actual

Plano 14b-Vulnerabilidad 10 años

Plano 14c-Vulnerabilidad 50 años

Plano 15a- Riesgo actual

Plano 15b- Riesgo 10 años

Plano 15c- Riesgo 50 años

Plano 16-Planteamiento de obras