FIGURAS, ANEXO FOTOGRÁFICO Y TABLAS

ANEXO FOTOGRÁFICO

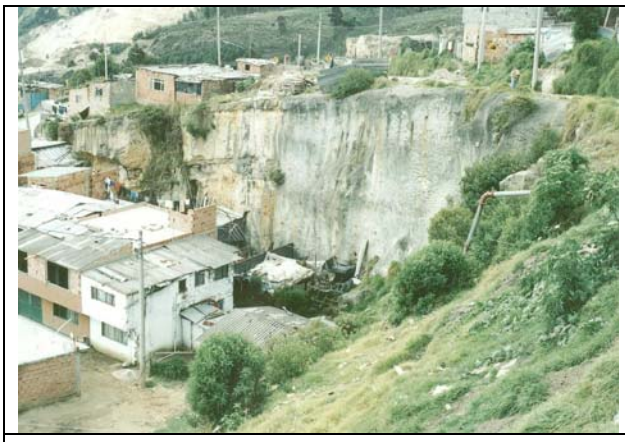
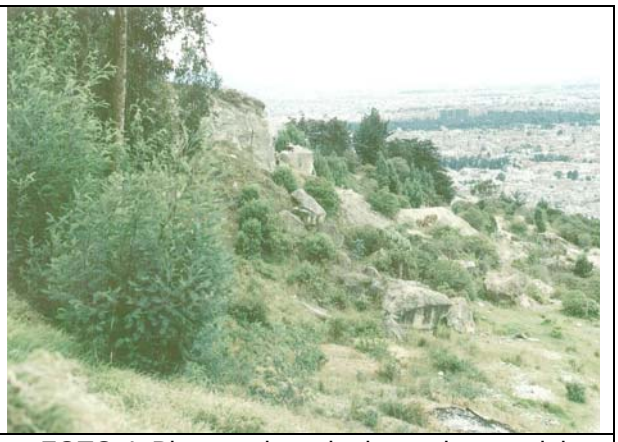
	
FOTO 1. Detalle diaclasas Bloque Zona 1	FOTO 2. Casas 1 y 2 sobre Bloque Zona 1
	
FOTO 3. Muro Existente Zona 2	FOTO 4. Bloques depositados en la pata del Escarpe
	
FOTO 5. Rellenos Zona 3; al fondo, casa 9	FOTO 6. Sondeo 3, Zona 4



FOTO 7. Bloque de Arenizca Cuarzosa para ensayo de Corte, Zona 4



FOTO 8. Ejecución Sondeo 2, Zona 4



FOTO 9. Vista General del Escarpe, Zona 5



FOTO 10. Detalle de los Bloques con alto Nivel de Amenaza, Zona 5



FOTO 12. Detalle de Cantos Rodados, Quebrada Límite Zona 6

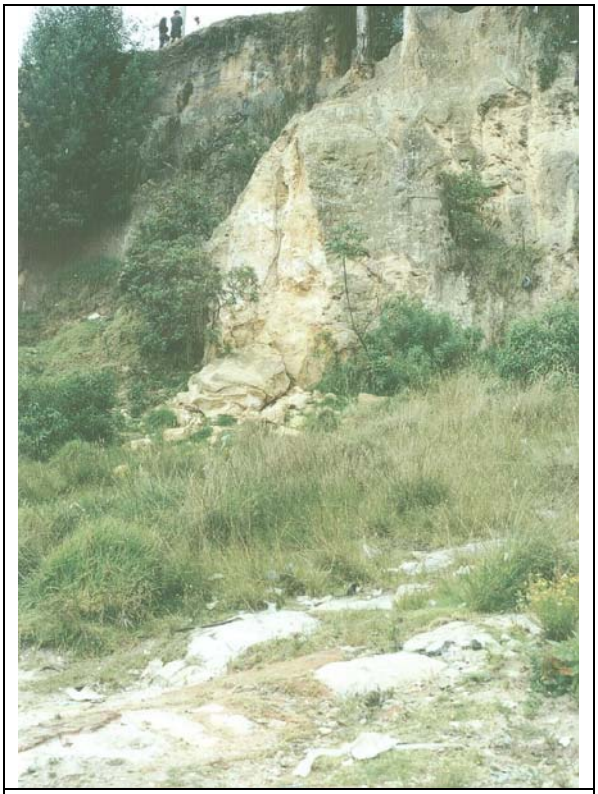
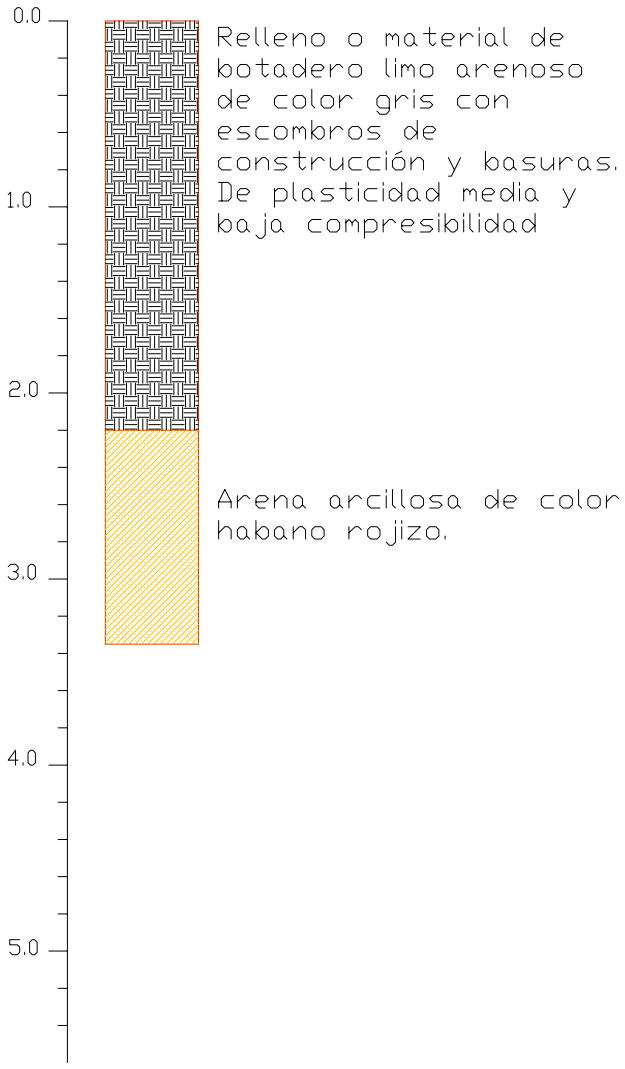


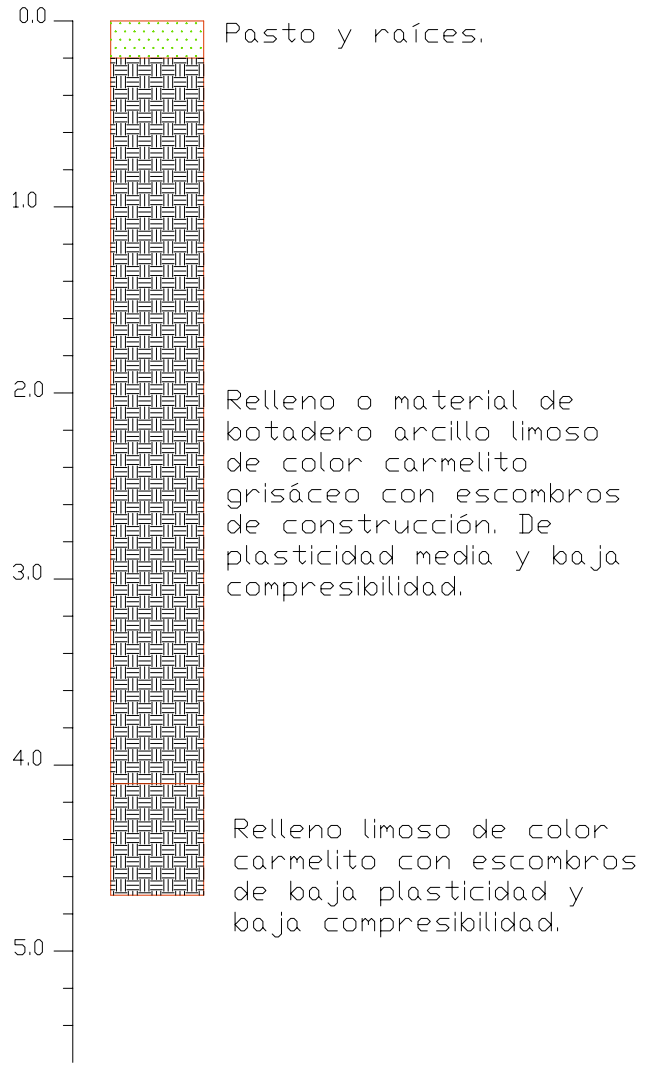
FOTO 11. Empuje de las raíces de los árboles generando desprendimientos de material; Patio de la Cantera Zona 7

SORATAMA

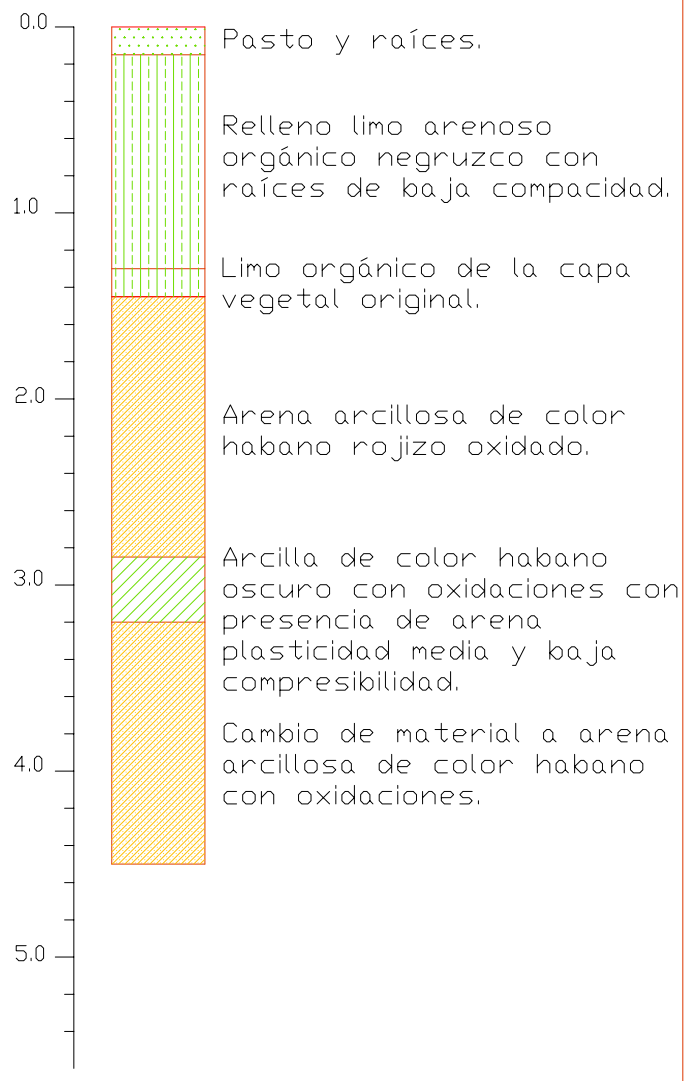
SONDEO 1



SONDEO 2



SONDEO 3



CONVENCIONES

Pasto y raíces

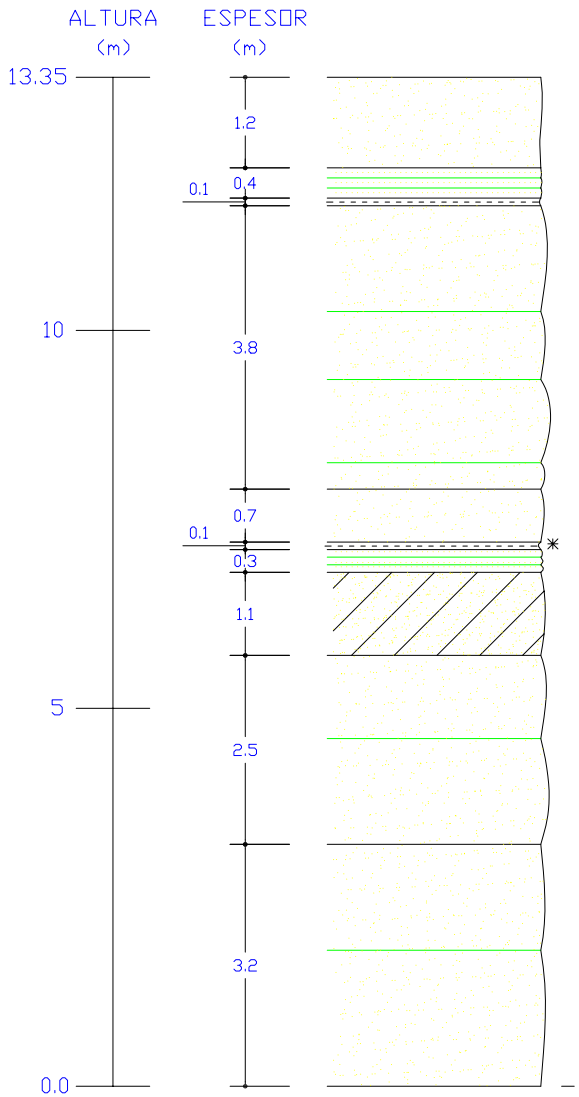
Relleno

CL — Arcillas inorgánicas

OL — Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad

SC — Arenas arcillosas, Mezclas de arena - arcilla

BARRIO SORATAMA
FORMACION ARENISCA TIERNA
SECUENCIA LITOLÓGICA



Capa de humus a partir de ceniza volcánica. textura limo arenosa, color carmelito.

Arenisca cuarzosa; cemento arcilloso y oxidos de hierro. Estratos delgados de caolín, gris claro.

Arenisca cuarzosa, grano fino a medio. Cemento arcilloso y oxidos; color gris claro. Estratos muy gruesos.

Arenisca cuarzosa, grano fino, gris clara, friable. Estratificación media.

Caolín.

Arenisca cuarzosa, cemento caolinítico; estratos muy delgados.

Arenisca cuarzosa, grano medio, algo friable. Estratificación cruzada.

Arenisca cuarzosa, grano medio a grueso, cemento arcilloso; frecuentes poros aislados. Estratos gruesos.

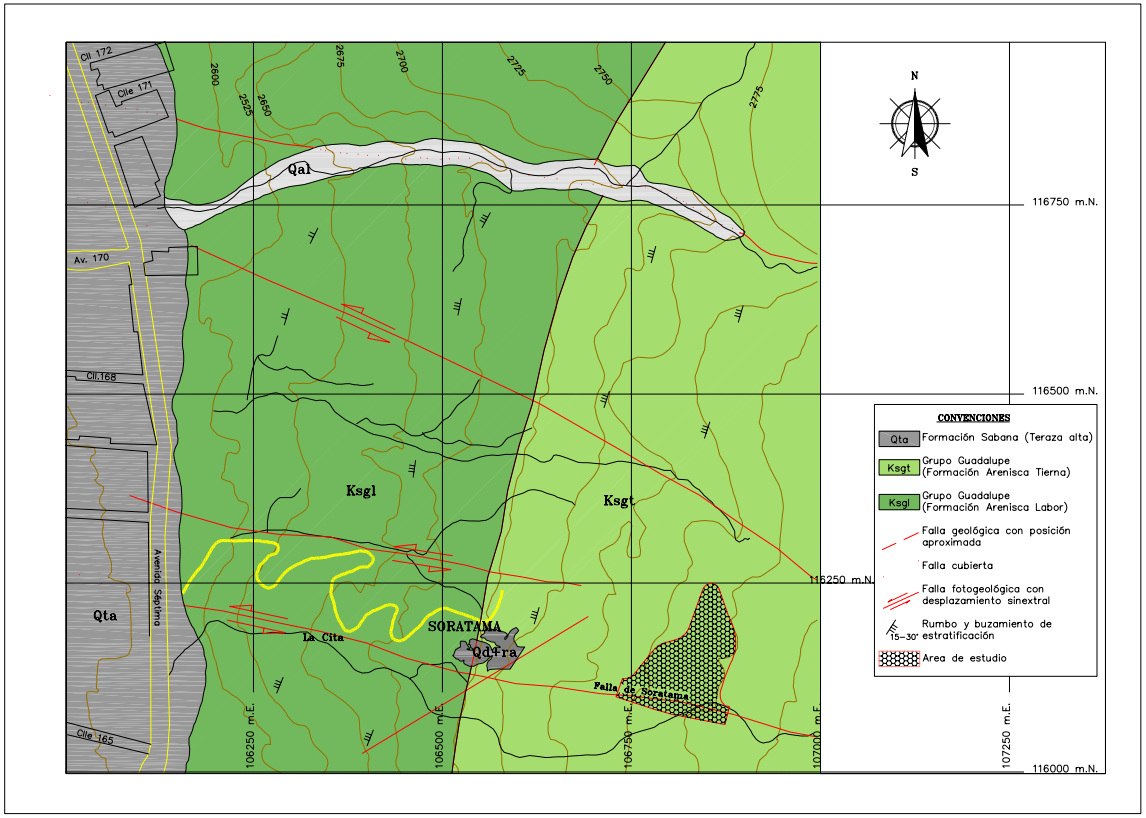
Arenisca cuarzosa, grano fino a medio, cemento caolinítico. Estratos gruesos.

Patio antigua cantera.

* SE MUESTREO

ESC.1:100

G E O L O G Í A R E G I O N A L



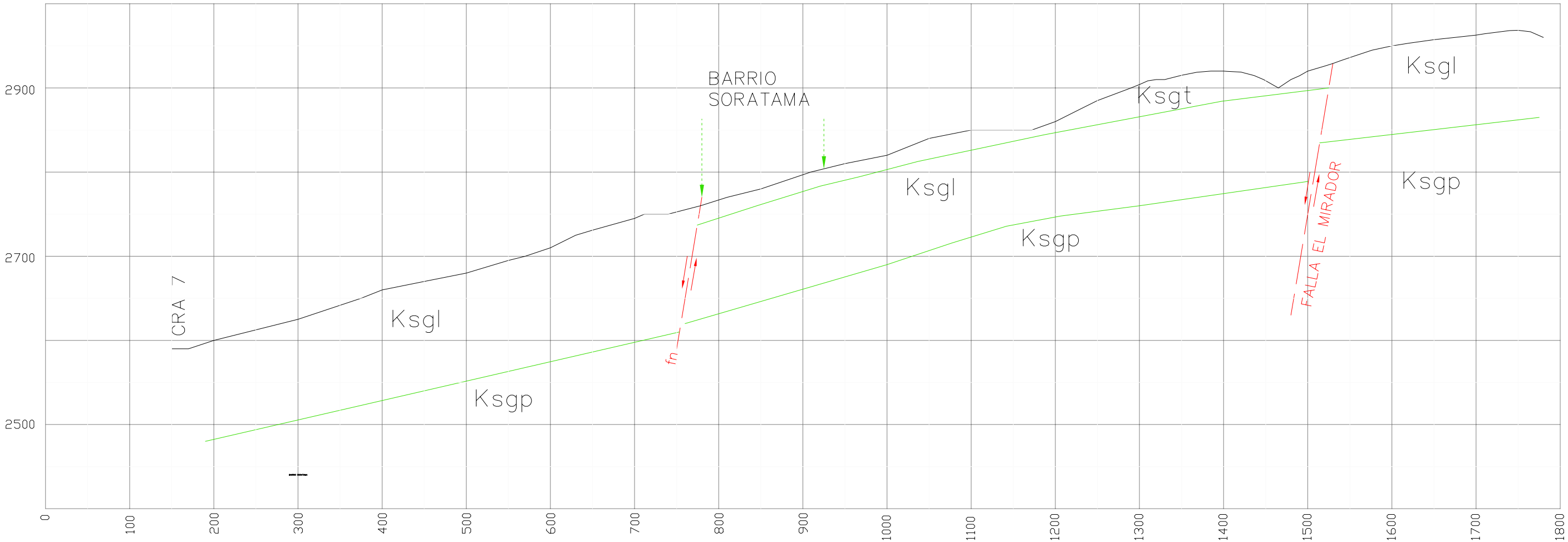
ESC.1: 10000

Fuente: ZONIFICACION DE AMENAZAS Y RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASAS, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS PARA ESTABILIZAR ANTIGUO ESCARPE DE EXPLOTACIÓN FRENTE AL BARRIO SORATAMA LOCALIDAD DE USAQUÉN. INGEMÉTRICA LTDA. Ing.Geólogo Iván Patiño. Marzo 1999

CORTE GEOLÓGICO REGIONAL

BARRIO SORATAMA

Fuente: MAPA GEOLÓGICO LOCALIDAD DE USAQUÉN
1998 ESCALA 1:5000. INGEOCIM LTDA.



COORDENADAS PERFIL RR'

	Este	Norte
R :	106120	116210
R':	107790	116070

CONVENCIONES

Ksgt: Arenisca tierna.

Ksgl: Arenisca de labor.

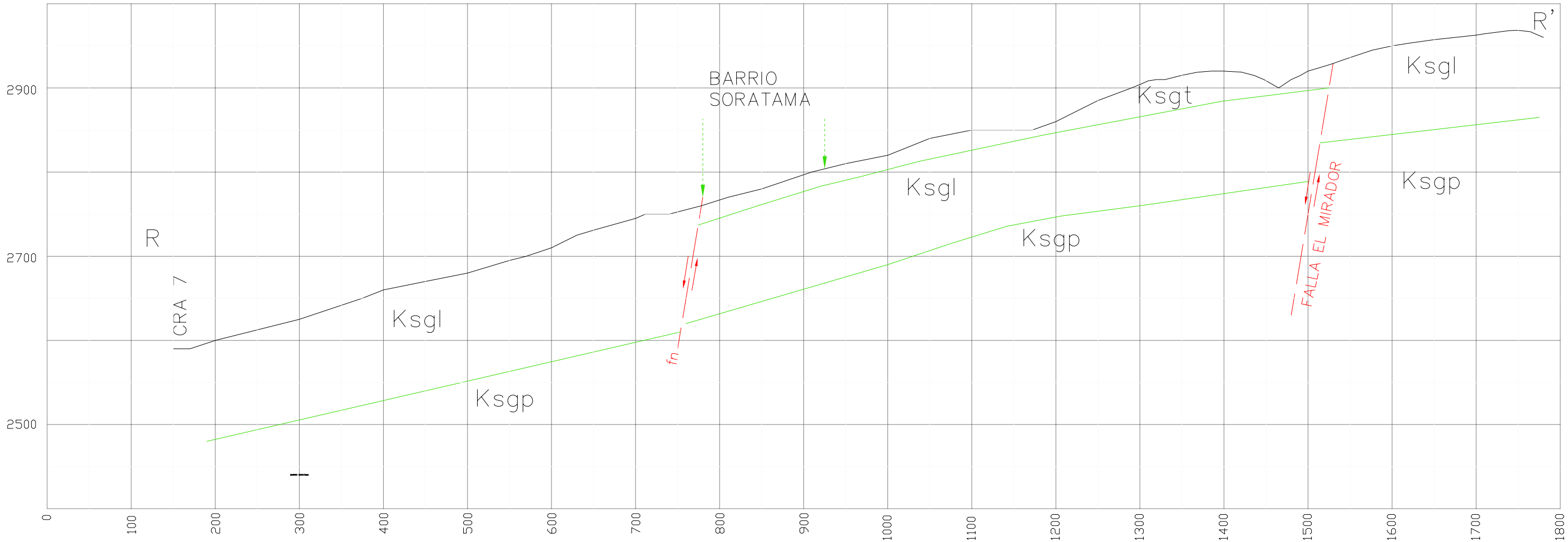
Ksgp: Plaener.

fn Falla normal.

CORTE GEOLÓGICO REGIONAL R–R'

BARRIO SORATAMA

Fuente: MAPA GEOLÓGICO LOCALIDAD DE USAQUÉN
1998 ESCALA 1:5000. INGEOCIM LTDA.



COORDENADAS PERFIL RR'

	Este	Norte
R :	106120	116210
R':	107790	116070

CONVENCIONES

Ksgt: Arenisca tierna.

Ksgl: Arenisca de labor.

Ksgp: Plaener.

fn Falla normal.

Tabla V.I. Análisis de posibilidad cinemática

Talud No. **1**

Azimut: at (º) = *220*

Inclinación: t (º) = *90,00*

ϕ (º) = *21*

Plano No.	Az. de Buz. ab	Buzamiento b	Pos. Estát. b > ϕ	Posibilidad Cinemática		Posibilidad falla planar
				|at-ab| <=20	b < t	
E1	310	17	no	no	si	no
D1	143	79	si	no	si	no
D2	2	81	si	no	si	no
D3	274	81	si	no	si	no
D4	222	83	si	si	si	si
Cuña No.	**Az. de Buz. ab**	**Buzamiento b**	**Pos. Estát. b > ϕ**	**Posibilidad Cinemática**		**Posibilidad falla en cuña**
				|at-ab| <=20	b < t	
			no	no	si	no

D: Diaclasa E: Estratos

Talud No. **2**

Azimut: at (º) = *200*

Inclinación: t (º) = *90,00*

ϕ (º) = *21*

Plano No.	Az. de Buz. ab	Buzamiento b	Pos. Estát. b > ϕ	Posibilidad Cinemática		Posibilidad falla planar
				|at-ab| <=20	b < t	
E1	310	17	no	no	si	no
D1	143	79	si	no	si	no
D2	2	81	si	no	si	no
D3	274	81	si	no	si	no
D4	222	83	si	no	si	no
Cuña No.	**Az. de Buz. ab**	**Buzamiento b**	**Pos. Estát. b > ϕ**	**Posibilidad Cinemática**		**Posibilidad falla en cuña**
				|at-ab| <=20	b < t	
			no	no	si	no

D: Diaclasa E: Estratos

Talud No. **3**

Azimut: at (º) = *300*

Inclinación: t (º) = *90,00*

ϕ (º) = *21*

Plano No.	Az. de Buz. ab	Buzamiento b	Pos. Estát. b > ϕ	Posibilidad Cinemática		Posibilidad falla planar
				|at-ab| <=20	b < t	
E1	310	17	no	si	si	si
D1	143	79	si	no	si	no
D2	2	81	si	no	si	no
D3	274	81	si	no	si	no
D4	222	83	si	no	si	no
Cuña No.	**Az. de Buz. ab**	**Buzamiento b**	**Pos. Estát. b > ϕ**	**Posibilidad Cinemática**		**Posibilidad falla en cuña**
				|at-ab| <=20	b < t	
			no	no	si	no

D: Diaclasa E: Estratos

CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA ANALISIS DE ALTERNATIVAS Y DISEÑO DETALLADO DE OBRAS DE PROTECCION Y CONTROL ESCARPE EN EL BARRIO SORATAMA - LOCALIDAD DE USAQUÉN

TABLA V.III ANALISIS DE ESTABILIDAD

PARAMETROS

	c´	c´	ϕ´	γ	Ah	ru
	(ton/m²)	(kPa)	(°)	ton/m³	g	
mín	2,2	22,0	26,0	1,83	0	0,00
máx	5,0	50,0	30,0		0,2	0,3

MATERIAL:	LIMO-ARENOSO
TIPO DE FALLA:	Pata General
TIPO DE MOVIMIENTO:	ROTACIONAL

RANGO:	0-70 m
PERFIL:	C
ZONA:	4

ARCHIVO	ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Agua	Sismo	FS
SORPBA1 .SI	X		X		NO	NO	1,66
SORPBA2 .SI	X		X		SI	NO	1,49
SORPBA3 .SI	X		X		NO	SI	1,03
SORPBA4 .SI	X		X		SI	SI	0,86
SORPBA5 .SI	X			X	NO	NO	2,30
SORPBA6 .SI	X			X	SI	NO	2,09
SORPBA7 .SI	X			X	NO	SI	1,46
SORPBA8 .SI	X			X	SI	SI	1,30
SORPBA9 .SI		X	X		NO	NO	1,85
SORPBA10 .SI		X	X		SI	NO	1,62
SORPBA11 .SI		X	X		NO	SI	1,14
SORPBA12 .SI		X	X		SI	SI	0,94
SORPBA13 .SI		X		X	NO	NO	2,31
SORPBA14 .SI		X		X	SI	NO	2,13
SORPBA15 .SI		X		X	NO	SI	1,47
SORPBA16 .SI		X		X	SI	SI	1,30

IVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA ANALISIS DE ALTERNATIVAS Y DISEÑO DETALLADO DE OBRAS DE PROTECCION Y CONTROL ESCARPE EN EL BARRIO SORATAMA · LOCALIDAD DE USAQUÉN

TABLA V.IV ANALISIS DE ESTABILIDAD

PARAMETROS

	c´	c´	ϕ´	γ	Ah	ru
	(ton/m²)	(kPa)	(°)	ton/m³	g	
mín	2,2	22,0	26,0	1,83	0	0,00
máx	5,0	50,0	30,0		0,2	0,3

MATERIAL:	LIMO-ARENOSO
TIPO DE FALLA:	DE CUÑA
TIPO DE MOVIMIENTO:	CAIDA

RANGO:	
PERFIL:	D
ZONA:	5

ARCHIVO	ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Agua	Sismo	FS
SORPBA1 .SI	X		X		NO	NO	2,53
SORPBA2 .SI	X		X		SI	NO	1,93
SORPBA3 .SI	X		X		NO	SI	2,31
SORPBA4 .SI	X		X		SI	SI	0,98
SORPBA5 .SI	X			X	NO	NO	4,39
SORPBA6 .SI	X			X	SI	NO	4,35
SORPBA7 .SI	X			X	NO	SI	4,63
SORPBA8 .SI	X			X	SI	SI	2,06
SORPBA9 .SI		X	X		NO	NO	2,73
SORPBA10 .SI		X	X		SI	NO	1,95
SORPBA11 .SI		X	X		NO	SI	2,66
SORPBA12 .SI		X	X		SI	SI	1,02
SORPBA13 .SI		X		X	NO	NO	5,14
SORPBA14 .SI		X		X	SI	NO	4,36
SORPBA15 .SI		X		X	NO	SI	4,79
SORPBA16 .SI		X		X	SI	SI	2,11

IVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA ANALISIS DE ALTERNATIVAS Y DISEÑO DETALLADO DE OBRAS DE PROTECCION Y CONTROL ESCARPE EN EL BARRIO SORATAMA · LOCALIDAD DE USAQUÉN

TABLA V.II ANALISIS DE ESTABILIDAD

PARAMETROS

	c´	c´	ϕ´	γ	Ah	ru
	(ton/m²)	(kPa)	(°)	ton/m³	g	
mín	1,2	12,0	22,0	1,83	0	0,00
máx	2,2	22,0	28,0		0,2	0,3

MATERIAL:	LIMO-ARENOSO
TIPO DE FALLA:	Pata General
TIPO DE MOVIMIENTO:	ROTACIONAL

RANGO:	0-40 m
PERFIL:	B
ZONA:	3

ARCHIVO	ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Agua	Sismo	FS
SORPBA1 .SI	X		X		NO	NO	1,03
SORPBA2 .SI	X		X		SI	NO	0,83
SORPBA3 .SI	X		X		NO	SI	0,71
SORPBA4 .SI	X		X		SI	SI	0,55
SORPBA5 .SI	X			X	NO	NO	1,30
SORPBA6 .SI	X			X	SI	NO	1,05
SORPBA7 .SI	X			X	NO	SI	0,93
SORPBA8 .SI	X			X	SI	SI	0,76
SORPBA9 .SI		X	X		NO	NO	1,16
SORPBA10 .SI		X	X		SI	NO	0,90
SORPBA11 .SI		X	X		NO	SI	0,79
SORPBA12 .SI		X	X		SI	SI	0,57
SORPBA13 .SI		X		X	NO	NO	1,39
SORPBA14 .SI		X		X	SI	NO	1,10
SORPBA15 .SI		X		X	NO	SI	0,86
SORPBA16 .SI		X		X	SI	SI	0,77

CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

TABLA VI.I. INVENTARIO DE VIVIENDAS - EVALUACION ESTRUCTURAL

CONSULTORIA PARA LA EJECUCION DEL ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCION EN MASA, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO SORATAMA, DE LA LOCALIDAD DE USAQUEN .

Cód.	Ficha	No. de la manzana	No. del lote	Dirección	Propietario	No. de apartamentos en la edificación	No. de familias en la edificación	No. de residentes en la edificación	Area bruta de la construcción (m2)	Número de pisos	Edad de la const. (Años)	Ubicación de la viv. En la ladera	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Estructura de la placa del piso	Estructura del techo	Tipo de cubierta	Estado de la const.	Localización de la viv. En la zona en mov.	Nivel de exposición	TIPO ESTRUCTURA
	2,2	3		4		10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	23	26	27	
1	1	1	CRA.3 No. 167 - 33	Lilia Celmira Torres		1	1	5	50	1	17	Ladera Nat.	Ciclopeo	De recuperacion	Concreto ref.	Otro	e Recuperacio	Regular	Corona	Alto	D
2	1	2	Cra. 4 No. 167 - 34	Dora Judith Lopez		1	1	8	60	1	19	Ladera Nat.	Ciclopeo	De recuperacion	Concreto ref.	Otro	Teja	Regular	Corona	Alto	D
3	1	3	Cll 3 No. 167- 24	Jose Roa		1	2	8	90	1	8	En corte	Zapatas	Prefabricado	Concreto ref.	Madera	sbesto Cemer	Buena	Pie	Alto	C
4	1	4	Cra. 4 No. 167 - 14	Estefania Mendoza		2	3	10	70	3	8	En corte	Zapatas	Porticos	Concreto ref.	concreto ref	otro	Buena	Pie	Medio	A
5	1	5	Cll 3 No. 167- 08	Emelina Rodriguez		1	1	10	60	1	10	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	Madera	sbesto Cemer	Buena	Pie	Nulo	B
6	2	6	Cra.4 No 166 - 94	Tobias Torres		1	1	6	140	1	25	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	Madera	sbesto Cemer	Regular	Pie	Nulo	B
7	1	7	Cll 167 No. 3 - 42			0	0	0	70	1	0	En corte	Zapatas	Muros confinados	Concreto ref.	concreto ref	otro	Buena	Pie	Nulo	B
8	1	8	Cll 167 No. 3 - 34	Carlos Ramiro Sepulveda		2	2	8	70	1	10	En corte	Zapatas	Muros confinados	Concreto ref.	concreto ref	Teja	Buena	Pie	Alto	B
9	1	9	167 No. 3 - 10			0	0	0	90	1	0	En corte	Ciclopeo	Prefabricado	Concreto ref.	Otro	sbesto Cemer	Mala	Pie	Alto	C
10	1	10	Cll 167 No. 3 - 28	Carlos Zuluaga		1	1	3	140	2	9	En corte	gas de Amar	Muros confinados	Concreto ref.	Madera	sbesto Cemer	Buena	Pie	Alto	B
11	1	11	Cll 167 No. 13 - 14	Luis Miguel Barreto		1	1	7	80	2	17	En corte	Zapatas	Muros confinados	Concreto ref.	Madera	sbesto Cemer	Buena	Pie	Alto	B
12	2	12	Cll 167 No. 3 - 15			0	0	0	84	1	84	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	concreto ref	placa	Buena	Pie	Alto	B
13	2	13	Cll 167 No. 3 - 17 int. 1	Bedsabe Ochoa		1	2	7	120	1	22	En corte	Ciclopeo	Prefabricado	Concreto ref.	Otro	otro	Mala	Pie	Alto	C
14	2	14	Cra. 3 No. 166 a - 32	Luis Enrique Macias		1	1	6	170	2	12	En corte	Ciclopeo	Recuperacion	Concreto ref.	concreto ref	placa	Buena	Pie	Nulo	A
15	2	15		Maria Antonia Cano		1	1	4	60	1	25	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	Madera	sbesto Cemer	Buena	Pie	Nulo	C
16	3	16		Luis Alberto Gonzalez		2	2	8	200	3	5	En corte	gas de Amar	Porticos	Concreto ref.	Otro	placa	Buena	Pie	Nulo	A
17	3	17	Cra. 4 No. 166 - 20 Int. 2	Nestor Alvarado		1	1	3	72	1	72	En corte	Ciclopeo	Prefabricado	Concreto ref.	Metalico	Zinc	Buena	Pie	Nulo	C
18	3	18	LOTE			0	0	0	120	0	0	En corte	0	0	0	0	0	0	Pie	Nulo	F
19	0	19	LOTE			0	0	0	108	0	0	En corte	0	0	0	0	0	0	Pie	Nulo	F
20	2	20	Cra. 4 No. 166A - 20 int 4	Bridgida Lizarazo		1	3	14	130	2	25	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	concreto ref	placa	Regular	Pie	Nulo	B
21	3	21		Jose Virgilio Diaz		1	1	3	140	2	10	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	Otro	placa	Buena	Pie	Nulo	B
22	3	22	Cra. 3 No. 166 a - 08	Luz Nacilia		1	1	3	50	1	40	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	Otro	sbesto Cemer	Regular	Pie	Nulo	B
23	3	23	Cll 166 No. 4-06			0	0	0	70	1	0	En corte	Ciclopeo	muros portantes	Concreto ref.	otro	placa	Buena	Pie	Nulo	C
24	3	24	cra. 4 No. 166 - 60	Carlos Lineros		1	2	6	200	2	20	En corte	Zapatas	Muros confinados	Concreto ref.	Otro	placa	Buena	Pie	Nulo	B
25	3	25	Cll 166 No. 3-42	Jose Domingo Reyes		1	1	6	50	1	13	En corte	Ciclopeo	muros portantes	Concreto ref.	Otro	e Recuperacio	Regular	Pie	Alto	C
26	3	26	Cll 166 No. 3 -20	Lucia Ramos		1	1	6	150	2	18	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	Otro	placa	Regular	Pie	Alto	B
27	4	27	Cra. 4 No. 166 - 50 int 15	Leonel Torres		1	1	5	78	1	6	En corte	Zapatas	Muros confinados	Concreto ref.	Otro	Teja	Buena	Pie	Alto	B
28	3	28				0	0	0	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Pie	Alto	F
29	4	29	Cra. 4 No. 166 -50 Int 14			0	0	0	100	2	6	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	Otro	placa	Buena	Pie	Medio	B
30	4	30	Cra. 4 No. 166 - 50 Int 13	Blanca Torres		1	1	4	40	1	3	En corte	Ciclopeo	De recuperacion	0	0	0	Malo	Pie	Medio	D
31	4	31	Cra. 4 No. 166 - 50 int 16			0	0	0	30	1	0	En corte	Ciclopeo	muros portantes	Concreto ref.	madera	Recuperacion	Regular	Pie	Nulo	C
32	4	32	Cll 166 No. 3 - 73	Martha Arismendi		1	1	4	60	1	30	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	Otro	Placa	Buena	Pie	Alto	B
33	3	33	Cra. 4 Bis 166 - 50 Int. 4	Maria Rojas Chigai		1	1	4	114	2	6	En corte	Zapatas	Muros confinados	Concreto ref.	concreto ref	Recuperacion	Buena	Pie	Medio	B
34	3	34	Cra. 4 No. 166 - 50 Int. 3	Maria E. Diaz		1	1	5	50	1	17	En corte	Zapatas	muros portantes	Concreto ref.	Madera	Zinc	Regular	Pie	Nulo	C
35	3	35		Jose Velasquez		1	1	3	72	1	9	En corte	Ciclopeo	muros portantes	Concreto ref.	Otro	placa	Buena	Pie	Nulo	C
36	4	36	cll 166 No. 3-78			0	0	0	36	1	0	En corte	Ciclopeo	Prefabricado	Concreto ref.	Metalico	sbesto Cemer	Buena	Pie	Alto	C
37	4	37	Cra. 4 No 16 - 04 Int. 1	Luis Gonzales		1	1	4	130	2	10	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	Otro	placa	Buena	Pie	Nulo	B
38	4	38	Cra. 4 No. 166 - 09 int 3			0	0	0	100	2	0	En corte	Zapatas	Muros confinados	Concreto ref.	concreto ref	Teja	Buena	Pie	Medio	B
39	4	39	Cra. 4 No. 166 - 54 Int. 2	Ana Velazco		1	1	4	77	0	0	En corte	Zapatas	Muros confinados	Concreto ref.	Otro	placa	Buena	Pie	Nulo	B
40	4	40	Cll 166 No 3 - 75	Javier Suares		1	1	6	84	1	11	En corte	Zapatas	Porticos	Concreto ref.	Otro	placa	Buena	Pie	Nulo	A
41	3	41		Alfonso Cardenas		2	2	9	142	2	10	En corte	Ciclopeo	Muros confinados	Concreto ref.	concreto ref	Teja	Buena	Pie	Nulo	B
42	4	42	Cra. 4 No. 166 - 30 Int. 2	Crisanto Suarez		1	1	5	144	2	4	En corte	Zapatas	Porticos	Concreto ref.	Otro	placa	Buena	Pie	Nulo	A
43	5	43		Hector J Castillo		1	1	5	361	1	20	En corte	Ciclopeo	Recuperacion	Concreto ref.	Madera	Recuperacion	Regular	Pie	Nulo	D
44	6	44			0	0	0	0	50	1	0	Ladera Nat.	Ciclopeo	Recuperacion	Concreto ref.	Otro	Recuperacion	Mala	Corona	Alto	D
45	6	45			0	0	0	0	50	1	0	Ladera Nat.	Ciclopeo	Recuperacion	Concreto ref.	Otro	Recuperacion	Mala	Corona	Alto	D

CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

TABLA VI.II. EVALUACION DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

CONSULTORIA PARA LA EJECUCION DEL ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCION EN MASA, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO SORATAMA, DE LA LOCALIDAD DE USAQUEN .

																		AMENAZA ACTUAL						SOLICITACION				VULNERABILIDAD				RIESGO		
Cód.	Ficha	No. de la manzana	No. del lote	Código del barrio o asentamiento	Dirección	Propietario	No. de apartamentos en la edificación	No. de familias en la edificación	No. de residentes en la edificación	Area bruta de la construcción (m2)	Area lote catastro (m2)	Número de pisos	Edad de la const. (Años)	Ubicación de la viv. En la ladera	Estado de la const.	Localización de la viv. En la zona en mov.	Nivel de exposición	Daño en toda la construc.	TIPO ESTRUCTURA	Z. Geotecnica x evento amenazante	Tipo de FRM	Perfil análisis	Fs esperado	Pf	Amenaza	Tipo	Intensidad daño	Tasa de daño	Area afectada (%)	Vi ($*1000)	Vd ($*1000)	Indice de daño	Vulnerabilidad	$ Esperado (*1000)	Indice de riesgo	Riesgo Actual
		2,2	3	2,1		4	10	11	12	13		14	15	17	23	26	27	30																	
1	1	1	1	Soratama	CRA.3 No. 167 - 33	Lilia Celmira Torres	1	1	5	50		1	17	Ladera Nat.	Regular	Corona	Alto	Ninguno	D	I	Cr	A	1	0,5	A	DV	5	0,95	0,5	1.500	855	0,57	A	428	0,29	A
2	1	2	1	Soratama	Cra. 4 No. 167 - 34	Dora Judith Lopez	1	1	8	60		1	19	Ladera Nat.	Regular	Corona	Alto	Ninguno	D	I	Cr	A	1	0,5	A	DV	5	0,95	0,5	1.800	1.026	0,57	A	513	0,29	A
3	1	3	1	Soratama	Cll 3 No. 167- 24	Jose Roa	1	2	8	90		1	8	En corte	Buena	Pie	Alto	Ninguno	C	I	Cr	A	1	0,5	A	I	4	0,75	0,3	10.800	2.916	0,27	M	1.458	0,14	A
4	1	4	1	Soratama	Cra. 4 No. 167 - 14	Estefania Mendoza	2	3	10	70		3	8	En corte	Buena	Pie	Medio	Ninguno	A	I	Cr	A	1	0,5	M	I	2	0,25	0,3	13.300	1.197	0,09		599	0,05	M
5	1	5	1	Soratama	Cll 3 No. 167- 08	Emelina Rodriguez	1	1	10	60		1	10	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	B	I					N											
6	2	6	1	Soratama	Cra.4 No 166 - 94	Tobias Torres	1	1	6	140		1	25	En corte	Regular	Pie	Nulo	Ninguno	B	II					N											
7	1	7	1	Soratama	Cll 167 No. 3 - 42		0	0	0	70		1	0	En corte	Buena	Pie	Alto	Ninguno	B	I	Cr	A	1	0,5	A	I	3	0,5	0,3	10.500	1.890	0,18	M	945	0,09	A
8	1	8	1	Soratama	Cll 167 No. 3 - 34	Carlos Ramiro Sepulveda	2	2	8	70		1	10	En corte	Buena	Pie	Alto	Ninguno	B	I	Cr	A	1	0,5	M	I	3	0,5	0,3	10.500	1.890	0,18	MB	945	0,09	MB
9	1	9	1	Soratama	167 No. 3 - 10		0	0	0	90		1	0	En corte	Mala	Pie	Alto	Ninguno	C	II	Cr	B	0,973	0,615	A	I	5	0,95	0,3	10.800	3.694	0,34	A	2.272	0,21	A
10	1	10	1	Soratama	Cll 167 No. 3 - 28	Carlos Zuluaga	1	1	3	140		2	9	En corte	Buena	Pie	Alto	Ninguno	B	II	Cr	A	1	0,5	N	I	3	0,5	0,3	21.000	3.780	0,18	MB	1.890	0,09	MB
11	1	11	1	Soratama	Cll 167 No. 13 - 14	Luis Miguel Barreto	1	1	7	80		2	17	En corte	Buena	Pie	Alto	Ninguno	B	II	Cr	A	1	0,5	N	I	3	0,5	0,3	12.000	2.160	0,18	MB	1.080	0,09	M
12	2	12	1	Soratama	Cll 167 No. 3 - 15		0	0	0	84		1	84	En corte	Buena	Pie	Alto	Ninguno	B	III	Drs	B	0,973	0,615	M	E	3	0,5	0,5	12.600	3.780	0,30	M	2.325	0,18	M
13	2	13	1	Soratama	Cll 167 No. 3 - 17 int. 1	Bedsabe Ochoa	1	2	7	120		1	22	En corte	Mala	Pie	Alto	Ninguno	C	III	Drs	B	0,973	0,615	A	E	5	0,95	0,3	14.400	4.925	0,34	A	3.029	0,21	M
14	2	14	1	Soratama	Cra. 3 No. 166 a - 32	Luis Enrique Macias	1	1	6	170		2	12	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	A	IV					N											
15	2	15	1	Soratama		Maria Antonia Cano	1	1	4	60		1	25	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	C	IV					N											
16	3	16	1	Soratama		Luis Alberto Gonzalez	2	2	8	200		3	5	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	A	IV					N											
17	3	17	1	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 20 Int. 2	Nestor Alvarado	1	1	3	72		1	72	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	C	IV					M											
18	3	18	1	Soratama	LOTE		0	0	0	120		0	0	En corte	0	Pie	Medio	Ninguno	F	IV					M											
19	0	19	1	Soratama	LOTE		0	0	0	108		0	0	En corte	0	Pie	Bajo	Ninguno	F	IV					M											
20	2	20	1	Soratama	Cra. 4 No. 166A - 20 int 4	Bridgida Lizarazo	1	3	14	130		2	25	En corte	Regular	Pie	Alto	Ninguno	B	IV	Dts	C	1,84	0,001	M	E	5	0,95	1	19.500	22.230	1,14	MA	22	0,00	M
21	3	21	1	Soratama		Jose Virgilio Diaz	1	1	3	140		2	10	En corte	Buena	Pie	Alto	Ninguno	B	IV	Dts	C	1,84	0,001	M	E	5	0,95	1	21.000	23.940	1,14	MA	24	0,00	M
22	3	22	1	Soratama	Cra. 3 No. 166 a - 08	Luz Nacilia	1	1	3	50		1	40	En corte	Regular	Pie	Nulo	Ninguno	B	V					N											
23	3	23	1	Soratama	Cll 166 No. 4-06		0	0	0	70		1	0	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	C	V					N											
24	3	24	1	Soratama	cra. 4 No. 166 - 60	Carlos Lineros	1	2	6	200		2	20	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	B	V					N											
25	3	25	1	Soratama	Cll 166 No. 3-42	Jose Domingo Reyes	1	1	6	50		1	13	En corte	Regular	Pie	Medio	Ninguno	C	V	Cr	D	1	0,5	M	I	4	0,75	0,3	6.000	1.620	0,27		810	0,14	
26	3	26	1	Soratama	Cll 166 No. 3 -20	Lucia Ramos	1	1	6	150		2	18	En corte	Regular	Pie	Alto	Ninguno	B	IV	Dts	D	1	0,5	M	E	4	0,75	1	22.500	20.250	0,90	MA	10.125	0,45	M
27	4	27	1	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 50 int 15	Leonel Torres	1	1	5	78		1	6	En corte	Buena	Pie	Alto	Ninguno	B	V	Cr	D	1	0,5	M	I	4	0,75	0,5	11.700	5.265	0,45	A	2.633	0,23	M
28	3	28	1	Soratama						91							Alto			V	Cr	D	1	0,5	M	I	4	0,75	1	2.730	2.457	0,90	MA	1.229	0,45	M
29	4	29	1	Soratama	Cra. 4 No. 166 -50 Int 14		0	0	0	100		2	6	En corte	Buena	Pie	Medio	Ninguno	B	V	Cr	D	1	0,5	M	I	2	0,25	0,3	15.000	1.350	0,09		675	0,05	MB
30	4	30	1	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 50 Int 13	Blanca Torres	1	1	4	40		1	3	En corte	Malo	Pie	Bajo	Ninguno	D	V					M											
31	4	31	1	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 50 int 16		0	0	0	30		1	0	En corte	Regular	Pie	Nulo	Ninguno	C	V					N											
32	4	32	1	Soratama	Cll 166 No. 3 - 73	Martha Arismendi	1	1	4	60		1	30	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	B	V					N											
33	3	33	1	Soratama	Cra. 4 Bis 166 - 50 Int. 4	Maria Rojas Chigai	1	1	4	114		2	6	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	B	V					M											
34	3	34	1	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 50 Int. 3	Maria E. Diaz	1	1	5	50		1	17	En corte	Regular	Pie	Nulo	Ninguno	C	V					N											
35	3	35	1	Soratama		Jose Velasquez	1	1	3	72		1	9	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	C	V					N											
36	4	36	1	Soratama	cll 166 No. 3-78		0	0	0	36		1	0	En corte	Buena	Pie	Alto	Ninguno	C	V	Cr	D	1	0,5	M	I	5	0,95	1	4.320	4.925	1,14	MA	2.462	0,57	M
37	4	37	1	Soratama	Cra. 4 No 16 - 04 Int. 1	Luis Gonzales	1	1	4	130		2	10	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	B	V					N											
38	4	38	1	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 09 int 3		0	0	0	100		2	0	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	B	V					N											
39	4	39	1	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 54 Int. 2	Ana Velazco	1	1	4	77		0	0	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	B	V					N											
40	4	40	1	Soratama	Cll 166 No 3 - 75	Javier Suares	1	1	6	84		1	11	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	A	V					N											
41	3	41	1	Soratama		Alfonso Cardenas	2	2	9	142		2	10	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	B	V					N											
42	4	42	1	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 30 Int. 2	Crisanto Suarez	1	1	5	144		2	4	En corte	Buena	Pie	Nulo	Ninguno	A	V					N											
43	5	43	1	Soratama		Hector J Castillo	1	1	5	361		1	20	En corte	Regular	Pie	Medio	Ninguno	D	V	Cr	E	1	0,5	N	I	2	0,25	0,3	10.834	975	0,09	MB	488	0,05	MB
44	6	44	1	Soratama						50		1		Ladera Nat.	Mala	Corona	Alto	Ninguno	D	V	Cr	E	1	0,5	A	DV	5	0,95	1	1.500	1.710	1,14	MA	855	0,57	MA
45	6	45	1	Soratama						50		1		Ladera Nat.	Mala	Corona	Alto	Ninguno	D	V	Cr	E	1	0,5	A	DV	5	0,95	0,5	1.500	855	0,57	M	428	0,29	A

Secretaría
GOBIERNO

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, D.C .

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

"ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO SORATAMA DE LA LOCALIDAD USAQUÉN EN BOGOTÁ, D.C."

CONTRATO No. CONS-200/03

INFORME FINAL
COPIA

IVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

BOGOTÁ, D.C., DICIEMBRE DE 2003

INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta el Informe Final correspondiente al "ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO SORATAMA DE LA LOCALIDAD USAQUÉN EN BOGOTÁ, D.C.", contrato de consultoría No. 200 de 2003, celebrado entre el FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ D.C., FOPAE y CIVILES LTDA.

1. GENERALIDADES

1.1 ALCANCE DEL ESTUDIO

Corresponde al objeto del contrato el cual es adelantar el "ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO Soratama DE LA LOCALIDAD USAQUÉN EN BOGOTÁ, D.C."

1.2 ALCANCE DEL INFORME FINAL

El estudio presenta los resultados de la evaluación geotécnica, de amenaza, vulnerabilidad, riesgo y el diseño detallado de las obras de mitigación, incluyendo Planos de construcción, cantidades de obra, presupuesto, cronograma de obra y especificaciones técnicas de construcción, de acuerdo a lo estipulado en el contrato para el informe final.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1 Objetivo general

El estudio de riesgo por remoción en masa del escarpe se dirige hacia la implementación de esquemas de solución que proporcionen un adecuado comportamiento de los sistemas que inducen los problemas potenciales y de las condiciones que rigen su estabilidad, con un adecuado nivel de seguridad para los habitantes y bienes privados y públicos de la zona, brindando atención en el paisaje geoambiental general.

Entre los aspectos de mayor importancia en la formulación de los criterios de diseño para el proyecto se destacan la definición de la influencia del medio geológico sobre el cual se desarrolla el escarpe, el estudio de la interrelación del medio físico y fisiográfico versus el comportamiento integral de los depósitos y la interacción solución-situación real. Particularmente, se destacan los aspectos que cubrirá el informe, relacionados con la estabilidad local y global, la evaluación de riesgo, las condiciones del material con los sistemas activos de drenaje, el desarrollo multitemporal de los fenómenos y desarrollo urbano existentes.

1.3.2 Objetivos específicos

Recopilación y análisis de información existente relacionada con el medio fisiográfico en el cual se ubica el escarpe, se desplantarán las soluciones y las características mecánicas y de durabilidad (en términos de la calidad de los materiales que las componen).

Determinación de patrones de comportamientos ó características similares para establecer los sectores en los cuales se desarrollarán los diseños; esta labor se desarrolla a partir de la información de la exploración de campo, la geomorfología y geología, la evaluación de fenómenos y el estado actual de los materiales. Esta zonificación ó sectorización geotécnica,

servirá como lineamiento de soluciones a la luz de los resultados de los análisis de los perfiles críticos y desarrollo estimado de las obras para proporcionar la solución más adecuada por sector.

Formulación y evaluación de alternativas de recomposición del área, tanto en términos de materiales como de geometría y procedimientos constructivos.

1.4 ORGANIZACIÓN DEL INFORME

El presente informe describe las actividades necesarias para recuperar la información requerida en lo relacionado con:

Topografía: Planta, secciones, levantamientos de vías, manzanas y procedimiento utilizado.

Geología: Levantamiento geológico, geomorfología, fotointerpretación y procedimiento utilizado.

Geotecnia: Exploración del subsuelo, ensayos de laboratorio e in-situ, reconocimiento geotécnico y definición de zonas de análisis geotécnico. Definición de estratos y asignación de propiedades requeridas para los análisis con base en la información de laboratorio y valores típicos. Análisis de Estabilidad mediante el uso de herramientas computacionales apropiadas.

Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo: Elaboración de encuestas, inventario de viviendas, definición de eventos amenazantes, asignación de probabilidad de falla, evaluación del nivel de daño, definición del índice de riesgo, elaboración de Planos correspondientes.

Estudio de las Alternativas de Mitigación: Análisis de los requerimientos para la estabilización de los diferentes mecanismos de falla, definición de viviendas en alto riesgo y de obras de mejoramiento indispensables, definición de la probabilidad de falla para cada escenario con obras, estimación de cantidades de obra para el estudio costo/eficiencia, árboles de decisión, selección de la alternativa de diseño y elaboración de Plano de amenaza para el escenario con obras.

Diseño detallado de la Alternativa Seleccionada: Planos de construcción, cantidades de obra, presupuesto, cronograma, especificaciones técnicas.

1.5 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

Para cumplir los objetivos propuestos en los términos de referencia, se han adelantado las siguientes actividades:

1.5.1 Recopilación de información previa, clasificación y análisis

El desarrollo del estudio se inició con la recolección de la información disponible del lugar y sectores aledaños, encontrando hasta el momento los que se relacionan a continuación:

- Estudio Geológico y Geotécnico entre las Calles 154 y 157 y Barrio Soratama Norte de Bogotá, 1990, INGEVEL Y CIA LTDA.

- Zonificación de Amenazas y Riesgos por Remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y Diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar el antiguo escarpe de explotación frente al Barrio Soratama, Localidad de Usaquén, Abril 1999, INGEMÉTRICA LTDA Ingenieros Consultores.

Adicionalmente se obtuvo la siguiente información procedente del Instituto Geográfico Agustín Codazzi relacionada con fotografías aéreas y Planos:

- Fotos: 621/622/623 del vuelo R1131, Escala 1:5000, Año 1990/1991. Ver ANEXO II.VII.
- Fotos: 453/454/455 del vuelo C61, Escala 1:15000, Abril de 1940. Ver ANEXO II.VII.
- Plancha F-35, escala 1: 2000.

1.5.2 Levantamiento topográfico

Se efectuó un levantamiento topográfico detallado de la zona de estudio, y el levantamiento de secciones topográficas para análisis. La cartografía desarrollada, a escala 1:500, es la que se utiliza actualmente como base cartográfica para las demás actividades ejecutadas en el desarrollo del estudio.

1.5.3 Estudio Geológico y Geomorfológico

Considerando la cartografía geológica existente y la información producto del estudio fotogeológico, se obtuvo el correspondiente mapa geológico, así como la columna geológica. A partir de las fotografías aéreas y la inspección de campo respectiva, se identificaron las formas generales del relieve y la información litológica. De igual manera se desarrolló el mapa geomorfológico.

1.5.4 Actividades de geotecnia

Se adelantó la campaña de exploración del subsuelo, que consistió en la ejecución de tres sondeos a profundidades entre 3.3 y 4.5 m. En estas perforaciones se intentó llegar hasta el contacto y penetrar en el mismo mediante barreno de accionamiento manual y con muestreador tipo split spoon con pesa de 140 lb., lo cual permitió ejecutar el ensayo de SPT y recuperación de muestras; Esta actividad proporcionó información relacionada con el espesor y características del material subyacente.

Las muestras recuperadas durante la exploración se sometieron a ensayos de clasificación y resistencia, con el fin de caracterizar los materiales constitutivos del subsuelo.

1.5.5 Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo

Se realizó en inventario de edificaciones en la zona de estudio utilizando formatos que tuvieran en cuenta datos básicos de cada vivienda, su condición estructural, los daños existentes y el aspecto social.

1.5.6 Estudio de Alternativas de Mitigación

Con base en la información recolectada y los estudios adelantados en cada área, se llevó a cabo el estudio de las alternativas de mitigación para cada zona, así como la definición de viviendas en alto riesgo y de obras indispensables, con el posterior análisis de costo/eficiencia y árboles de decisión, con base en lo cual se seleccionaron las obras a implementar para la estabilización de los diferentes mecanismos de falla presentes en el sector de estudio.

Finalmente, con base en las reuniones con el FOPAE y los resultados de los análisis, se definieron las obras requeridas para la estabilización con lo cual fue llevado a cabo el diseño detallado de alternativa seleccionada para cada zona, el análisis de cantidades de obra, presupuesto, cronograma y especificaciones técnicas para la construcción.

1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS

El área corresponde a una zona de antigua explotación de materiales para construcción; caracterizada por la existencia de dos semicírculos de explotación limitados por una zona de areniscas y arcillolitas muy meteorizadas de alta pendiente.

El primer semicírculo se encuentra en el costado norte de la zona de estudio, en donde se observan bloques de arenisca afectados por la acción antrópica; se encuentran cortes verticales e incluso con pendientes negativas, existen dos viviendas en la corona de uno de estos bloques y otra debajo de la zona de pendiente negativa, las cuales presentan la mayor vulnerabilidad.

Continuando el recorrido del sector de norte a sur, se encuentra un escarpe de areniscas revestidas en concreto neumático reforzado y pernos, cuyo estudio se ignora al igual que la longitud de los pernos. Se observa que esta estructura no posee sistema de drenaje horizontal, por lo que el agua contenida en el macizo rocoso fluye al exterior por los agujeros de los pernos y las fisuras del concreto de recubrimiento.

A continuación de lo anterior, existe una zona de escarpe recubierta por rellenos heterogéneos, de la cual se ha realizado análisis de estabilidad en suelos y materiales sueltos.

Dividiendo los dos semicírculos citados, se presenta una arenisca muy meteorizada donde se pueden encontrar algunos rellenos y de la cual se extrajo una muestra en bloque para obtener sus parámetros a partir de un ensayo de corte.

En el segundo escarpe, se observa la arenisca más fracturada producto de la explotación, intercalada con arcillolitas, con taludes verticales e incluso negativos, como en el caso anterior. Además se observaron evidencias de explotación artesanal de bloques en la base del macizo, produciendo pérdida de soporte del mismo. Adicionalmente, existen bloques remanentes de explotación en el patio de la cantera, constituidos también por areniscas.

Se evidencia la presencia de socavación en el soporte de un bloque y que sostiene parte de una vivienda, la cual presenta gran vulnerabilidad.

En general se evidencia que en todos los casos los mecanismos generadores de inestabilidad están asociados a factores Antrópicos, aunque la vergencia de las diaclasas se considera un aspecto importante en el análisis.

1.7 DELIMITACIÓN GEOMÉTRICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada en la localidad Usaquén al Nor-oriente de la ciudad, es limitada por el occidente norte y oriente por la vía de acceso a esta zona del barrio, la cual varía su identificación de Calles 166 Bis a 167A y Carreras 3 a 4Bis, por el sur es limitada por una quebrada. El área estimada de la zona a partir del levantamiento topográfico es de 15325m^2.

En la Figura 1.1, se puede observar la localización general del Área de Estudio.

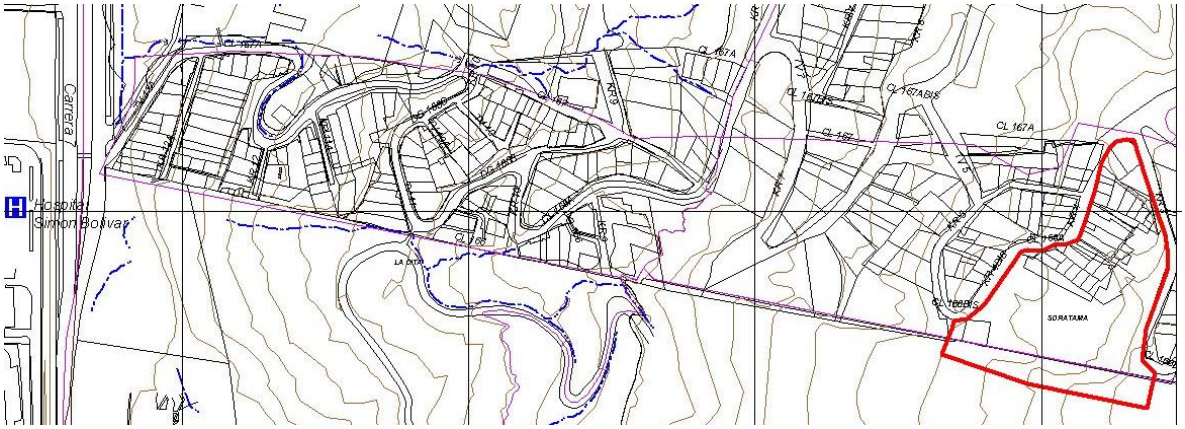


Figura 1.1. Esquema de Localización General del Área de Estudio.

2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

2.1 CRITERIOS DE LEVANTAMIENTO

Se creo una malla con separación aproximada de 5m, además se tomaron puntos de detalles de niveles, del escarpe, de manzanas y elementos que conforman la red de servicios públicos del barrio como son postes de energía, postes de teléfono, alcantarillado, etc.

Desde dos vértices topográficos con coordenadas suministradas por la oficina de la Dirección del IGAC, los cuales se encuentran ubicados sobre la carrera 7 y calle 170 respectivamente, se estableció una poligonal hasta la zona del estudio y luego se colocaron puntos de control para realizar las radiaciones y tomar la información necesaria para cumplir con el objetivo del levantamiento.

Se creó una malla con separación aproximada de 5 m; además se tomaron puntos de detalles de niveles, del escarpe, de elementos que conforman la red de servicios del barrio como son postes de energía, postes de teléfono, alcantarillado, etc.

Se materializaron en campo tres (3) mojones o puntos de referencia del trabajo, con las siguientes coordenadas:

MOJON 1	M1	E: 106839.07
		N: 116070.53
		h: 2807.16
MOJON 2	M2	E: 106879.41
		N: 116200.20
		h: 2801.81
MOJON 3	M3	E: 106774.42
		N: 116168.16
		h: 2777.50

2.2 MÉTODO DE TRABAJO

2.2.1 Logística

Las labores de campo se realizaron en 5 días en el mes de agosto del 2003 con la ayuda dos comisiones de topografía, en las que participaron habitantes del sector para los trabajos auxiliares.

2.2.2 Control geodésico

El origen de coordenadas y elevaciones se dio a partir de vértices encontrados en la zona, con datos del IGAC tomando azimut entre estos, ver ANEXO I.I.

CD 325ª E = 106098.801
N = 116669.146
h = 2584.905

CD 324A E: 105676.133
N: 116698.018
h: 2564.58
AZ = 273’ 54’27.875
D = 423.65

2.2.3 Levantamiento topográfico

Se niveló mediante el método trigonométrico con armada recíproca.

2.2.4 Parámetros

Factor error vertical:	0.18 * SQRT (D) Distancia
Factor error horizontal:	0.5 * (D)
Factor error azimutal:	12 segundos máximo por estación
Elipsoide:	Internacional
Semieje mayor:	6378388.00
Elepticidad:	297.00
Sistema proyección:	Transversal mercator
Descripción:	Planas Cartesianas
Origen de coordenadas:	Origen Bogota
Latitud de origen:	04* 41’ 00.00” Norte
Longitud de origen:	74* 09’ 00.00” Oeste
Falso este:	1000000.00
Falso Norte:	1000000.00
Factor de escala origen:	1.0

2.2.5 Equipo utilizado en el levantamiento

Se utilizaron dos estaciones marca Nikon y accesorios convencionales para levantamiento topográfico.

2.2.6 Cálculo

El Software utilizado para adelantar los cálculos topográficos fue:

- Programa Swift para cálculo de poligonal.
- Programa Transit para cálculo de puntos radiados.
- Programa Autocad para dibujo.

2.2.7 Interpretación

Los datos obtenidos y calculados se procesaron y se pasaron al sistema DXF para su posterior interpretación.

2.2.8 Ajuste de dibujo

Una vez interpretada la Información obtenida, se verificó con el personal que hacía parte de la comisión que los resultados obtenidos se ajustaran correctamente a la morfología real, procediendo a definir el respectivo Plano final.

2.2.9 Documento

Luego de realizar los respectivos levantamientos y ajustes de datos, se entregan los siguientes productos de topografía:

- Carteras de campo, ver ANEXO I.II.
- Plano planta escala 1:500 con nube de puntos, figuras de la poligonal, localización de columnas estratigráficas levantadas, puntos de control (mojones), predios, detalle de servicios públicos y delimitación de la zona de estudio, ver Plano 1 de ANEXO I.III.
- Plano planta escala 1:500 con curvas de nivel cada 1.0 m, detalles de servicios públicos, ubicación de perfiles, localización de columnas estratigráficas levantadas, mojones y deltas, predios y delimitación de la zona de estudio, ver Plano 2 de ANEXO I.III.
- Plano de perfiles, ver Plano 3 de ANEXO I.III.

3. ESTUDIO GEOLÓGICO

3.1 MÉTODO DE TRABAJO

Se acudió a la información previa, la información de fotografías aéreas para el análisis multitemporal y se desarrolló un levantamiento geológico para describir los rasgos y fenómenos más relevantes del área. A partir de una cartografía escala 1:500 se consignaron los datos de estas labores con lo que se generaron los Planos geológicos y geomorfológicos.

El área de estudio está localizada sobre la ladera occidental de los Cerros Orientales, que sirven de límite a la Sabana de Bogotá por este costado. Las características litológicas y estructurales generales, se exponen en los siguientes numerales.

3.2 GEOLOGÍA REGIONAL DE LA LADERA Y DEL ÁREA

3.2.1 Geología Regional de la Ladera

El área de estudio está localizada sobre una pequeña parte de la ladera occidental de los Cerros Orientales, que sirven de límite a la Sabana de Bogotá. Por este costado; este tramo de ladera está intensa y extensamente intervenida por actividad minera, motivo por el cual el relieve y la red de drenaje están bastante modificados.

Las características litológicas y estructurales, generales, se muestran en el Mapa Geológico Regional (ver ANEXO II.IV), elaborado por Ingeocim Ltda para el FOPAE en 1998, y se exponen a continuación.

Litoestratigrafía. En esta ladera, de la carrera 7ª hacia el oriente, se encuentran expuestas rocas sedimentarias pertenecientes al Grupo Guadalupe, específicamente las formaciones Arenisca Tierna y Arenisca de Labor, que están, estratigráficamente, en posición normal.

Formación Arenisca Tierna (Ksgt). La formación no está en su totalidad presente por erosión natural y antrópica. La ladera, en su parte media y media alta, está conformada por la secuencia litoestratigráfica inferior de la formación; en tanto que, en la parte alta está la parte superior. El Barrio Soratama está ubicado sobre la parte superior de esta sucesión.

Litología Esta formación está conformada por capas predominantemente gruesas a muy gruesas, de arenisca y frecuentes intercalaciones de estratos delgados, algunos lenticulares, de arcillolita caolinítica. Las capas de arenisca son de cuarzo policristalino, los feldespatos son esporádicos; tamaño de grano fino a medio con cemento constituido por caolín y algo de óxidos de hierro tipo limonita. Los estratos que poseen estratificación cruzada son de granulometría gruesa a muy gruesa.

El espesor de toda la secuencia, en el sector, es del orden de 30m.

El contacto estratigráfico entre las formaciones Tierna y Labor es normal y concordante.

Formación Arenisca de Labor (Ksgl). Aflora parcialmente en la parte media y baja de la ladera.

Litología. Está conformada por capas de arenisca cuarzosa, de grano fino a muy fino en la base; en la parte media predomina el tamaño de grano medio, y en la parte superior el tamaño grueso a medio; selección moderada, color gris claro a amarillo claro, cemento resistente, silíceo pero hay presencia de minerales arcillosos. Los estratos poseen espesores entre 2 y 5m, pero existen algunos estratos con espesores de 15 y 60cm. Con frecuencia se encuentran intercaladas capas de arcillolita caolinítica, de color gris claro, cuyo espesor oscila entre 20 y 5cm; además hay capas de limolita cuarzofeldespática, de color gris claro.

El espesor total de esta formación, en la región, oscila entre 70m y 100m.

El contacto entre la Arenisca de Labor y la Formación Plaener, que la infrayace, no está expuesto, pero con base en el conocimiento que se tiene de la geología regional, es normal y concordante.

Depósitos Recientes. Los depósitos recientes existentes son de varios orígenes.

Rellenos antrópico (Rae). Son los principales, resultantes de la explotación de las canteras, básicamente se trata de material de descapote conformado por capa vegetal y arcillas, acumulados sin ninguna selección; además, hay bloques de arenisca, de diámetro superior a 1m, resultantes de la explotación; estos depósitos se les encuentra en los patios de las explotaciones y en la base de los escarpes de las excavaciones abandonadas. De otra parte, hay rellenos hechos con escombros de construcción, dispuestos sin ningún ordenamiento, también en forma de montones botados ladera abajo, en los escarpes. Estos depósitos no tienen ningún diseño ni tratamiento técnico.

Los depósitos ubicados en el área del proyecto se detallan en el capítulo de Geología Local.

Depósitos de pendiente (Qdlt). Son acumulaciones de clastos, principalmente bloques y guijarros de forma angular, localizados en la base de escarpes naturales. Su origen está relacionado con la caída gravitacional de bloque, desde la parte alta de los escarpes.

Depósito aluvial (Qal). Estos depósitos de cauce están relacionados a la dinámica fluvial de la quebrada anexa, cuyo nombre no se conoce, que por el alto gradiente hidráulico que posee, tiene un comportamiento de tendencia torrencial. La Quebrada es un cauce estacional, probablemente generado como drenaje de la explotación existente en la zona aferente superior de la ladera, en donde se concentran aguas que fluyen por el cauce descrito. A juzgar por los rasgos que allí se observan los tiempos de concentración de la escorrentía son muy rápidos, lo cual causa intenso carcavamiento, arrastre y erosión.

3.2.2 Geología estructural regional.

Los Cerros Orientales son el resultado de una tectónica de tipo compresivo, hecho que en esta parte de los Cerros originó un pliegue antiforme anticlinal, conocido cono Anticlinal de Bogotá, y la falla de cabalgamiento, llamada Falla de Bogotá, pero cuya traza no aflora en la ladera en estudio. Existen otras fallas geológicas de origen compresional y tensional, probablemente posteriores a la de Bogotá.

Pliegues. Esta ladera hace parte del flanco occidental del Anticlinal de Bogotá, el eje del cual posee orientación de tendencia N-S, en el sector. El flanco oeste posee inclinación que oscila entre 20 y 30^0 hacia el oeste; da origen a una gran pendiente estructural que está muy modificada por las explotaciones mineras.

Fallas geológicas (F). En el sector existen fallas pertenecientes a dos eventos.

Fallas normales (Fn). De este primer evento, que es de tendencia distensiva, existe una falla normal (Fn), regionalmente importante que se conoce como la Falla del Mirador o del Alto El Cabo y otra de menor incidencia o satélite. En estas fallas, la traza de la del Mirador, pasa 700m al oriente del Barrio; el Plano de falla tiene orientación con tendencia norte-sur e inclinación del orden de 80^0hacia el NW, bajo el bloque NW. La falla satélite, su traza pasa por el costado oriental del Barrio Soratama, como se ilustra en el Perfil Geológico R-R', sus características geométricas son similares a las del Mirador; su descripción detallada está contenida en el numeral 3.

Fallas de rumbo (Fr). De este segundo evento, que es de fallamiento en el rumbo (Fr), de acuerdo con la cartografía de Ingeocin, existen dos fallas principales, ubicadas al norte y sur del área de estudio, la que limita por el norte, está a 500m del barrio y la que limita por el sur, a 300m, ambas ejercen control sobre sendas quebradas que desarrollaron su cauce siguiendo la traza; además se aprecia que las diaclasas relacionadas a esas fallas también ejercen control sobre drenajes de primero y segundo orden. Estas fallas se clasifican como fallas de rumbo, pero tienen componente de desplazamiento en la vertical, pero no es el que predomina. Tienen orientación con tendencia este-oeste y el bloque norte se desplazó hacia el occidente; el buzamiento es superior a 75^0, hacia el N. De esta clase de fallamiento existe una falla satélite en el área de estudio que tiene influencia en la geometría interna del macizo rocoso y en la forma de una parte de la ladera y sobre los mecanismos cinemáticos de estabilidad. Estos aspectos se detallan en el numeral 3

3.2.3 Probable modelo hidrogeológico regional.

Las características texturales y de diaclasamiento que poseen los estratos de arenisca pertenecientes a las formaciones Arenisca de Labor y Arenisca Tierna originan buena porosidad que hacen de estas rocas potenciales acuíferos, pero la fuerte intervención que ha tenido el relieve por las excavaciones, en cuanto a formas y pendientes altas, y la deforestación casi total de la ladera hacia arriba del Barrio hasta la divisoria, prácticamente eliminan la posibilidad de que una parte importante del agua lluvia se infiltre. Por tanto, casi la totalidad del agua se convierte en escorrentía que fluye ladera abajo a altas velocidades, por el gradiente que posee el terreno y la ausencia de vegetación. Dentro de este paisaje y en la literatura, no se conoce ni han reportado la presencia de acuíferos productivos. De manera que la pequeña manifestación

de agua en la base del escarpe, en el extremo SE, se relaciona con ligeras depresiones cerradas remanentes de la Cantera del Distrito ubicada al SE del Barrio en estudio; Estas depresiones acumulan agua que fluye por las diaclasas y eventualmente puede aflorar.

3.3 GEOLOGÍA LOCAL

El terreno donde se ubica el Barrio Soratama, objeto del presente estudio, como se aprecia en el Mapa Geológico Local, corresponde a la excavación dejada por una antigua explotación, de arena de peña y algo de rajón, realizada en forma poco técnica. Por tanto, una parte del asentamiento está ubicada al oriente del escarpe alto y el resto, en el patio de la antigua cantera.

Este tramo de ladera está conformada por secuencia litológica de rocas sedimentarias perteneciente a la Formación Arenisca Tierna (ksgt) que en el costado NE del escarpe presenta meteorización importante, por lo cual en la cartografía se ha hecho esta distinción, identificándola con al sigla Ksgtm. Además hay depósitos de origen antrópico: rellenos (Qr), botaderos de escombros (Qrt) y depósito de grandes bloques de arenisca (Qbl).

En el aspecto de la geología estructural se encontraron dos fallas geológicas y varias familias de diaclasas.

Los detalles de cada uno de estos aspectos se exponen a continuación.

3.3.1 Litologías.

Formación Arenisca Tierna (Ksgt). Se encuentra constituida, de techo a piso, por:

Sucesiones de estratos delgados a muy delgados de arenisca cuarzosa, de grano fino a medio; cemento conformado por minerales arcillosos y óxidos de hierro; color gris claro con manchas amarillas. El espesor total es de 0.4m.

Laminas de caolín, de color gris claro, baja plasticidad. Espesor 0.12m

Estratos gruesos a muy gruesos de arenisca cuarzosa, de grano medio a fino; el cemento esta conformado por minerales arcillosos e impregnaciones de óxidos de hierro, tipo limonita; color gris claro con frecuentes manchas amarillas. La roca es ligeramente friable. Espesor, 3.75m.

Serie de estratos de espesor medio, de arenisca cuarzosa, de grano fino; cemento caolinítico. Esta arenisca es friable. El espesor es de 0.7m

Laminas de caolín de color gris claro. Espesor, 0.10m.

Estrato muy delgado de arenisca cuarzosa, de grano fino y cemento caolinítico. Espesor 0.30m.

Estrato grueso de arenisca cuarzosa, de grano medio y cemento conformado por minerales arcillosos e impregnaciones de óxidos de hierro. Se destaca por presentar estratificación cruzada. Roca ligeramente friable. Espesor, 1.10m.

Conformación de estratos gruesos de arenisca cuarzosa de grano medio a grueso y cemento arcilloso; se observan algunos poros aislados. La roca es friable. El espesor, 2.5m.

Secuencia de estratos gruesos de arenisca cuarzosa de grano fino a medio y cemento caolinítico. El espesor medible, hasta la cota del patio es de 3.2m, pero sigue hacia profundidad de acuerdo con lo observado en el patio y mediciones hechas en la cantera vecina ubicada al NE del Barrio Soratama.

El espesor total medido, en el escarpe es de 13m hasta el patio de la antigua cantera. Las viviendas ubicadas allí están apoyadas sobre estratos de esta misma formación. El espesor total de la Arenisca Tierna, en el sector es de 30m, aproximadamente.

En el piso del estrato que está a la base del escarpe hay un nacedero de agua, de extensión local, y poco caudal; la ubicación del sitio aparece en el Mapa Geológico Local.

La parte de la Formación Arenisca Tierna que aparece cartografiada con la convención Ksgtm, como se mencionó anteriormente, se hizo indispensable porque, en el sector NE del escarpe, la explotación fue menos profunda, de manera que la roca que quedó expuesta allí está meteorizada (grado de meteorización III, según Dearman, 1976), lo cual la hace de color terracota, muy friable, arcillosa y fácilmente erodable por el agua de escorrentía, cuando se destruye la cobertura vegetal.

Depósitos recientes (Qrt, Qbl y Qr). Como se mencionó en el numeral de Geología Regional, el grado de intervención antrópica que ha tenido el área, conlleva a que los únicos depósitos presentes sean de origen antrópico. En el caso del Barrio Soratama, están relacionados, de una parte, con la explotación que existió en este lugar y en áreas vecinas; de otro lado, con el botado de escombros de construcción, y localmente botado de basura.

Los depósitos cartografiables y de interés geotécnico son:

Depósitos de escombros de construcción (Qrt). Son rellenos hechos con escombros de construcción y material limoarenoso a arcillolimoso, de color gris, y capa vegetal (humus); puntualmente hay basuras. Dentro del depósito, la ubicación de cada uno de estos materiales es totalmente irregular, y como fueron botados desde la cresta del escarpe, como se muestra en el Mapa Geológico, su compactación varía entre nula y leve.

De estos depósitos, los ubicados a media ladera en el costado noreste, son los de mayor interés, por la pendiente moderada del terreno donde se hallan y la nula compactación que poseen. El espesor de este depósito oscila entre 2.2m y 5.0m, de acuerdo con los resultados de los sondeos exploratorios realizados en el sector.

El ubicado de la cota 2790 hacia abajo, es extenso pero su espesor es del orden de 1m; por tanto, no se tuvo en cuenta en la cartografía geomorfológica.

Depósito de composición mixta (Qbl). Se le encuentra en el costado sureste del patio. Está apoyado contra la parte media y baja del escarpe.

Esta conformado por bloques de arenisca, angulares y de variados tamaños, algunos con volumen del orden de $8m^3$, con pesos que oscilan en 20 t. La mayoría de estos bloques están rodeados de tierra, escombros y basuras.

Los bloques son de arenisca cuarzosa, friable a ligeramente friable, por tanto, podrían ser destruidos con almadana o con una retroexcavadora con martillo neumático.

Depósitos de arena y tierra (Qr) .Son rellenos de espesor menor a 1.5m, ubicados en antiguas cárcavas. Están constituidos por la mezcla irregular de arena arcillosa proveniente de la erosión de las areniscas del escarpe y capa vegetal. Por su ubicación en depresiones topográficas presenta alta humedad.

Capa de humus. Recubriendo la roca, en forma de una franja estrecha, en el borde oriental del escarpe, existe una capa de humus de 1.2m de espesor, color carmelita oscuro, granulometría arenolimosa, poroso. Esta capa se genero a partir de un manto de ceniza volcánica que se depositó en el sector y se meteorizo totalmente. Dada su pequeña extensión no se cartografía.

3.3.2 Estructuras geológicas.

Pliegues. Como se mencionó en el numeral de Geología Regional, el Barrio Soratama se localiza sobre una pequeña porción del flanco oeste del Anticlinal de Bogotá, de manera que el Barrio se halla sobre dos superficies estructurales escalonadas, la superior se localiza al oriente del escarpe. Estas superficies tienen orientación media $N\text{-}30^0$ –E e inclinación hacia el SE con buzamiento que oscila entre 22 y 16^0. Sobre estas dos pendientes están colocadas las viviendas del sector.

Fallas geológicas. En el costado sur del escarpe se encontraron, como se ilustra en el Mapa Geológico Local y en los Perfiles Geológicos, dos trazos de falla diferentes correspondientes a dos eventos de ruptura distintos. Las características de estos fallamientos son:

Falla normal (Fn). La traza de esta falla está localizada al oriente del borde superior del escarpe, en el extremo sureste del escarpe, allí sobre el escarpe dejado por otra cantera se aprecia el Plano de falla., cuya orientación es N-02-E y buzamiento de 72^0 hacia el oeste. El bloque oeste descendió generando desplazamiento y truncamiento de los Planos de estratificación, esta característica favorece la estabilidad por posible falla planar siguiendo la dirección del azimut de buzamiento de los Planos de estratificación. Como se observa en el Mapa Geológico, la continuidad de la traza hacia el norte, esta truncada por el Plano de falla de otro evento, que será descrito en el siguiente párrafo. Esta falla está relacionada con la Falla del Mirador.

Falla de rumbo (Fr). Esta falla esta expuesta en el costado sureste del escarpe, allí se aprecia parte de un espejo de falla que está parcialmente cubierta por el Depósito Qbl. La orientación del Plano es N-84-W y buzamiento de 80^0 hacia el NE; posee estriamientos con inclinación de 20^0 hacia el NW, por tanto el desplazamiento fue predominante en el rumbo pero tuvo componente en la dirección vertical. Esta falla trunca la continuidad de la falla Fn. Esta falla

hace parte de las fallas menores relacionadas con dos fallas de rumbo, regionales, descritas en el numeral 1.2.2.

A estos eventos también están asociadas las familias de diaclasas determinadas en el sector.

Familias de diaclasas. La recolección y procesamiento de la información sobre discontinuidades permitió, determinar, como se ilustra en el Plano 4 del ANEXO II.II, cinco familias de discontinuidades: cuatro de diaclasas y la estratificación, el ANEXO II.V muestra la red estereográfica de dichas familias.

Los azimut de buzamiento y buzamientos son los siguientes:

Estratos (E): $310/17^0$, buzamiento máximo medido es de 26^0
Diaclasa 1 (D1): 143/79, buzamiento mínimo medido 70^0
Diaclasa 2 (D2): $02/81^0$, Buzamiento mínimo medido 68^0. Relacionada a falla de rumbo.
Diaclasa 3 (D3): $274/81^0$, buzamiento mínimo medido 70^0. Relacionada a falla normal.
Diaclasa 4 (D4): $222/83^0$, buzamiento mínimo medido 78.

Los desprendimientos de bloques de roca en el escarpes, están relacionados a D3, pero ocurrieron cuando la inclinación del escarpe sobre paso el buzamiento de dicha familia.

En el ANEXO II.II se aprecia el mapa geológico y en ANEXO II.I se presenta la secuencia litológica.

3.4 GEOMORFOLOGÍA E INVENTARIO DE PROCESOS

La caracterización geomorfológica del tramo de ladera donde está el Barrio, busca identificar los modelados predominante en el relieve, cartografiar las unidades correspondientes y definir la posible incidencia sobre el comportamiento geotécnico del terreno.

Las formas existentes en la actualidad, claramente están influenciadas por dos clases de procesos:

Un primer proceso es de origen endógeno, y tiene que ver con los episodios de esfuerzos que ocasionaron el plegamiento y fallamiento de las rocas presentes en el sector, produciendo finalmente un **modelado estructural**, en el cual los diferentes Planos de discontinuidad ejercen claro control sobre las formas de la ladera.

Un segundo proceso es de origen antrópico y está íntimamente relacionado a la actividad de excavar y rellenar, de manera antitécnica y desordenada, provocando grandes modificaciones al relieve; por tanto, se tiene un modelado de origen antrópico. Ver ANEXO II.VI.

En los siguientes párrafos se hace una descripción de estos modelados y sus correspondientes unidades. En el Mapa Geomorfológico se muestra la ubicación de las diferentes unidades.

3.4.1 Modelado Estructural

Como se aprecia en el Mapa Geomorfológico, las laderas naturales, en su forma, están controladas por Planos de estratificación o Planos de diaclasa de buena continuidad o intersecciones entre familias de Planos de discontinuidad.

El análisis de las laderas locales condujo a determinar las siguientes unidades de origen estructural:

Pendiente estructural (Pe). Es la más extensa e importante por cuanto sobre esta unidad están ubicados los asentamientos humanos que conforman el Barrio Soratama. El control sobre estas superficies, levemente inclinadas hacia el NW, es ejercido por los Planos de estratificación de las areniscas; la inclinación es variable entre 16 y 22^0. Sobre estas superficies están apoyadas las viviendas.

Se identificaron y cartografiaron dos niveles de pendientes estructurales escalonadas y limitadas por un escarpe. La superior se ha denominado Pe1, la que se inicia a la base del escarpe Pe2.

Estas superficies, localmente están modificadas por 'terraplenes' de origen antrópico. En los sitios donde no hay viviendas se observan procesos de erosión concentrada, preferencialmente laminar, pero localmente hay desarrollo de surcos por falta de control sobre el agua de escorrentía.

En la pendiente superior, Pe1, no se observan evidencias de amenaza por falla planar siguiendo los Planos de estratificación, porque el ángulo de fricción de los estratos de caolín es superior al buzamiento de los estratos; además, la falla Fn ocasionó interrupciones en la continuidad, de los estratos en la dirección de buzamiento, produciendo un acuñamiento del bloque estructural oriental contra el occidental.

3.4.2 Modelado antrópico.

Las formas generadas son de dos clases: unas, por excavación; las otras, por rellenos. En juntas difícilmente existe un criterio técnico para su ejecución

Las unidades por excavación, encontradas son:

Escarpe excavado sobre roca meteorizada (E). Se localiza sobre la parte norte del escarpe, en una longitud de 60m, como se muestra en el Mapa Geomorfológico. La geometría está muy relacionada a la poca resistencia a ser excavada que presenta la arenisca; sin embargo, el escarpe fue parcialmente destruido por procesos de erosión concentrada realizado por el agua de escorrentía proveniente de la pendiente estructural Pe1, que en el pasado reciente fluyó sin ningún control, produciendo cárcavas y surcos. Actualmente esta agua está controlada, pero de una manera poco segura.

Escarpe excavado sobre roca levemente meteorizada (Ed1). Este escarpe, dada la mayor resistencia que presenta la roca, fue excavado siguiendo Planos de discontinuidad de la familia

de diaclasas D3; por tanto, la inclinación de este escarpe, que tiene longitud de 80m, está controlado por dicha discontinuidad, como se aprecia en el terreno, pero localmente hubo sobre excavación que condujo a fallas de tipo planar, controlada por dicha familia. En el extremo SE del escarpe hay diaclasas abiertas, hasta 10cm, el bloque de roca afectado tiene ancho de 8m, de la cara del escarpe hacia el oriente.

La inclinación actual de este escarpe es mayor a 70^0 y localmente es negativo.

El agua que, en épocas de lluvia, fluye por este sector ha generado erosión laminar y surcos.

Escarpes excavados sobre roca levemente meteorizada (Ed2). La geometría que se le dieron al cierre de la excavación, por el costado NE de la cantera, lo hicieron con inclinación mayor de 75^0; el análisis cinemático muestra que el escarpe se excavó siguiendo la orientación e inclinación de la diaclasa D4. La parte más oriental de este escarpe, con una longitud de 20m, ya fue estabilizado con anclajes y concreto lanzado; la parte occidental, con longitud de 35m, tiene un tramo de escarpe negativo, por sobreexcavación, y arriba una casa. De otra parte hay erosión laminar y surcos.

Las unidades por relleno son:

Flujos de tierra (Ft). Son el resultado del botado, desde la parte alta del escarpe, de materiales, que modificaron la inclinación del escarpe E. La pendiente del sector oscila entre 35 y 40^0. La condición de conformación y compactación de este flujo es precaria.

Flujos de detritos (Fd). Se originaron por la acumulación indiscriminada de materiales sueltos contra la cara de la unidad Ed1, en el costado SE del área. Las características granulométricas hacen que esta unidad tenga propiedades muy cambiantes de un sitio a otro.

Se destaca que los bloques que hacen parte de esta unidad podrían ser disgregados, en tamaños menores, utilizando una retroexcavadora con martillo neumático.

Con base en las anteriores descripciones, se tiene el siguiente resumen con relación a procesos que producen inestabilidad y que podrían generarla a mediano plazo:

a. En el escarpe E podrían reactivarse los problemas de erosión concentrada, si se permite el acceso de agua de escorrentía, desde la parte alta del escarpe.

b. En el escarpe Ed1 hay caída de bloques por mecanismo de falla planar favorecida por la discontinuidad D3 y la presencia de tramos de escarpe con inclinación vertical a negativa; preocupante el tramo de 8m de ancho en el cual la diaclasa tiene abertura de 10cm, reciente. De otra parte, hay erosión laminar y surcos; además, el de agua subsuperficial que aflora en un punto de la base del talud, debe ser drenada.

En el escarpe Ed2, el principal problema es la existencia de un tramo de escarpe sobreexcavado en la base, y sobre él parcialmente apoyada una vivienda. El otro problema es la erosión laminar y surcos que lo afectan.

c. En el flujo de tierras (Ft), el proceso principal a superar es la condición de estabilidad límite en que se encuentra. Además, la presencia de humedad que debe ser controlada con subdrenaje.

En el flujo de detritos (Fd), es la posición de equilibrio límite en que se hallan algunos de los grandes bloques que hacen parte de esta unidad. La solución es disgregarlos o convertirlos en muchas porciones más pequeñas, usando una retroexcavadora con martillo neumático.

En el ANEXO II.III se aprecia el Plano geomorfológico y de procesos.

4. ESTUDIO GEOTÉCNICO

4.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Las actividades de levantamiento geológico se ligaron con la geotecnia, identificado los materiales constituyentes del escarpe a partir del levantamiento geológico y de los depósitos que se encuentran suprayacentes con la ayuda de la exploración de campo y los resultados de laboratorio.

Complementariamente, se identificaron los fenómenos potenciales por sectores, los cuales determinan las zonas de análisis geotécnico con la información del tipo y estado de los materiales del macizo y depósitos antrópicos; además se realizó el análisis de estabilidad correspondiente a cada uno de los mecanismos de falla identificados por zonas.

4.2 MÉTODO DE TRABAJO

A partir de la información existente y la visita a la zona del proyecto por parte del grupo técnico, se definió el tipo, ubicación y profundidad de la exploración de campo, se detectaron los problemas potenciales y una vez recibida la información de las diferentes columnas estratigráficas obtenidas por Geología y las características intrínsecas de los depósitos a partir de la exploración de campo se decidió qué tipo de ensayos se debían ejecutar sobre las muestras recuperadas.

Con la información topográfica, que sirvió como base de los diferentes análisis, y los datos obtenidos de la apreciación geológica, se adelantó una primera aproximación al esquema conceptual de trabajo por medio de la zonificación geotécnica, la cual arrojó los primeros indicios cualitativos de soluciones tentativas para los diferentes fenómenos existentes y potenciales.

Con ayuda de las herramientas computacionales disponibles, que utilizan modelos de equilibrio límite en todos los casos, se llevó a cabo el análisis de estabilidad para los siguientes mecanismos de falla identificados:

Deslizamientos en Material Suelto.
Caída de Bloques.
Desprendimiento de Cuñas.

4.3 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO Y CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Con el fin de identificar el estado, espesor y composición actual de los materiales depositados en la cantera norte, identificar la profundidad a la cual se encuentra el basamento rocoso, recuperar muestras de los materiales del perfil, evaluar la posición del nivel freático y la condición de saturación de los materiales, se ejecutaron tres sondeos con profundidades entre 3.3m y 4.7m, los cuales se ubican en el Plano 4 del ANEXO II.II. En estos puntos se trató de encontrar el contacto suelo/roca, pero en el sondeo No. 2 los depósitos alcanzaron una

profundidad de 4.7m, lo cual evidencia que la sobrecarga de origen antrópica es de importancia sobre esta roca meteorizada. Los registros de perforación se presentan en el ANEXO III.I. Se adelantó igualmente un levantamiento estructural el cual sirvió para la caracterización geológica que se ubica en el Plano 2 del ANEXO I.III.

Estas perforaciones se adelantaron mediante barreno de accionamiento manual en los materiales blandos y con ayuda de una pesa de 140lb para SPT en las zonas más duras; Se realizó recuperación de muestras en bolsa, núcleos alterados por medio de un muestreador tipo split spoon y muestras inalteradas, modelando bloques en la roca alterada para ensayos de corte y compresión inconfinada, con el propósito de establecer índices de comportamiento mecánico del macizo, en términos de resistencia.

4.4 ENSAYOS IN SITU Y DE LABORATORIO

4.4.1 Ensayos In-Situ

Adicionalmente al ejercicio propio de la perforación se realizó paralelamente el ensayo de penetración estándar (SPT). Este ensayo in-situ arrojó que para el material colocado se obtienen valores de número de golpes (N) de 6 a 14, los cuales según correlaciones para materiales de baja plasticidad, limo arcillosos, podrían corresponder a resistencia no drenadas del orden de 0.32 a 0.9 kg/cm^2, o valores de resistencia a compresión simple que en el orden de 0.64 a 1.8 kg/cm^2.

4.4.2 Ensayos de laboratorio

Las muestras recuperadas durante la exploración se sometieron a ensayos de clasificación y resistencia, con el fin de caracterizar los materiales constitutivos del subsuelo como se describe a continuación.

Pruebas de clasificación

- Límites de Atterberg.
- Humedad Natural.
- Peso Unitario.
- Granulometría con lavado.

De resistencia

- Compresión Inconfinada.
- Corte Directo.

En el Cuadro 4.1 se presenta el resumen de los resultados de laboratorio y en el ANEXO III.II se presentan los resultados obtenidos para cada muestra.

PERFORACION	S-1			S-2			S-3				
MUESTRA	1-1.	1	2	1	2	3	1	2	3	4	5
PROFUNDIDAD [m]	1.20-1.80	2.20-2.45	2.45-3.35	1.40-2.00	2.60-3.20	4.10-4.70	1.45-1.90	210-2.55	2.55-3.15	3.20-3.60	3.60-4.50
HUMEDAD NATURAL w [%]	12,6	17,0	19,2	19,2	17,3	19,0	11,0	6,4	13,8	16,2	20,3
PESO UNITARIO γ_t [Ton/m^3]	1,83			2,01		1,84	1,83	1,74		2,03	
PESO UNITARIO SECO γd [Ton/m^3]	1,63			1,69		1,54	1,65	1,64		1,75	
LIMITE LIQUIDO	35,3	31,1	32,6			38,9	26,0	22,9		33,3	40,5
LIMITE PLASTICO	24,8	20,7	19,6			29,1	16,7	16,3		16,8	22,2
INDICE DE PLASTICIDAD	10,5	10,4	13,0			9,8	9,3	6,6		16,5	18,3
INDICE DE CONSISTENCIA	2,162	1,356	1,031			2,031	1,613	2,500		1,036	1,104
INDICE DE LIQUIDEZ	-1,162	-0,356	-0,031			-1,031	-0,613	-1,500		-0,036	-0,104
CLASIFICACION U.S.S.C.	ML	SC	CL		GC	ML	SC	CL	SC	CL	SC
RESIST. COMP. INCONFINADA [Kg/cm^2]								2,78		2,86	
% GRAVAS		0,0	9,7		32,8		0,0		0,0		0,0
% ARENAS		58,9	35,1		31,8		70,0		67,8		56,0
% FINOS		41,1	55,2		35,4		30,0		32,2		44,0

PERFORACION	BLOQUE 1	BLOQUE 2
HUMEDAD NATURAL w [%]	13,9	20,3
PESO UNITARIO γ_t [Ton/m^3]	1,91	1,72
PESO UNITARIO SECO γd [Ton/m^3]	1,70	1,42
LIMITE LIQUIDO	32,3	54,5
LIMITE PLASTICO	18,6	26,2
INDICE DE PLASTICIDAD	13,7	28,3
INDICE DE CONSISTENCIA	1,343	1,208
INDICE DE LIQUIDEZ	-0,343	-0,208
CLASIFICACION U.S.S.C.	CL	SC
C (Kg/cm2)	0,08	0,22
ϕ (grados)	23^o	25.8^o
RESIST. COMP. INCONFINADA [Kg/cm^2]		2,81
% GRAVAS	0,7	0,0
% ARENAS	18,0	51,2
% FINOS	81,3	48,8

Cuadro 4.1. Resumen de Resultados de Laboratorio

4.5 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Según las tres perforaciones realizadas en el material depositado, se encuentran depósitos limoarcillosos de baja compresibilidad y plasticidad media con presencia de escombros de construcción y material más grueso con tamaños de arena a cantos, probablemente proveniente de escombros de construcción; debajo de este material se encuentra la arenisca cuarzosa la cual debido a su meteorización, se clasifica desde el punto de vista de tamaños de granos como arena arcillosa; se reconoce también algunas capas delgadas de arcillolita.

En el ANEXO III.I, se presentan los perfiles estratigráficos correspondientes con los registros de campo y en el ANEXO II.I se presenta la secuencia litológica levantada en las actividades de geología.

4.6 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Una vez establecidos los criterios geomorfológicos que condicionan la evolución de las laderas en el área en estudio, se establece una zonificación geotécnica que determina zonas con comportamientos geotécnicos similares, con tipologías y dinámicas de movimientos característicos en cada zona.

El sector se puede categorizar como una geoforma de modelado antrópico conformada por un talud de corte minero, correspondiente a un frente de explotación de materiales para construcción abandonado.

La comparación morfométrica entre la topografía de 1978, fuente IGAG, y el levantamiento actual, muestra que el talud minero se ha mantenido mostrando una estabilidad del macizo, y los cambios en 20 años obedecen a cortes para la construcción de viviendas y debidos a excavaciones en la pata del talud. (Ver perfiles topográficos Plano No.3).

Dadas las características geomorfológicas del talud establecidas en el Capítulo 3 se busca establecer una zonificación del mismo, que permita por una parte definir la estabilidad por sectores o alineamientos y por la otra que sea la base para el planteamiento de alternativas de mitigación del riesgo asociado.

De acuerdo a lo anterior, las zonas se establecen con criterios dinámicos, teniendo en cuenta el perfil geotécnico representativo de cada alineamiento del talud, sobre los cuales se asocia una condición predominante de estabilidad en términos de factor de seguridad y probabilidad de falla. En general, se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

Tipo de Material: De acuerdo con los trabajos de geología y exploración, los siguientes son los tipos de materiales presentes en el área de estudio:

Macizo rocoso, compuesto por intercalaciones de areniscas con arcillas, Ksgtm
Suelos residuales y
Materiales superficiales, Qrb, Qr, Qdl.

Tipos de Procesos de Degradación: Se establecieron dos tipos de procesos y dos tipos de FRM asociados a los mecanismos de falla identificados en el capítulo anterior, así:

- Erosión
- Deslizamientos
- Deslizamientos rotacionales en suelo
- Planares, caída de bloques, cuñas y volteo.

Se establecen 5 perfiles geotécnicos característicos de las condiciones actuales del talud, los cuales permiten establecer las condiciones de estabilidad propias de cada sector del talud, además de facilitar la zonificación del talud y el planteamiento de alternativas de mitigación de la amenaza.

De acuerdo con lo anterior, el talud se sectoriza en cinco (5) zonas homogéneas más el patio de la cantera sur y la zona final del escarpe limitada por la quebrada, con los alineamientos aproximadamente rectilíneos que se describen a continuación (ver Plano 4).

4.6.1 Zona geotécnica I

Está delimitada por la Carrera 4 Bis hasta donde se inicia el tratamiento en concreto neumático; se encuentra caracterizada por la presencia de arenisca masiva cuarzosa con capas de arcillolita caolinítica.

La situación más desfavorable que se presenta en esta zona es originada por la existencia de un bloque en pendiente negativa, en el extremo noroccidental, sobre el que se ubican un par de viviendas y adicionalmente existe el patio de otra en la pata del mismo. Esta situación se evaluó, como se indica posteriormente, con un análisis de falla por volcamiento sobre el perfil A-A' (ver Plano 3 del ANEXO I.III), con solicitación a tracción y por deslizamiento del bloque sobre Planos de discontinuidad subverticales. La presencia de una familia de discontinuidades subverticales evidentes en el bloque, que se presentan abiertas en un sector, evidencian la alta amenaza de caída del bloque.

Otro fenómeno amenazante presente en esta zona está relacionado con la generación de cuñas por algunas familias de diaclasas en el sector limitado por el bloque y el muro en concreto neumático.

Como solución conceptual se consideró que las viviendas en la corona del bloque citado y la de la pata necesitan ser evacuadas y sus propietarios reubicados ya sea el recalce, anclaje o el corte del bloque. Sin embargo, la evidente socavación provocada por el hombre ampliando el área de vivienda y explotando materiales de construcción, aconsejan abatir el bloque y aislar la zona. Adicionalmente se plantea el pernado de la zona para evitar la caída de cuñas.

4.6.2 Zona geotécnica II

Es donde se ubica el tratamiento en concreto neumático, la cual limita con la Zona I y la Zona 3 donde se encuentran los rellenos antrópicos; a partir de la lectura geológica, bajo el tratamiento actual, se presentan características similares a las descritas para la Zona I, relacionadas con la presencia de arenisca masiva cuarzosa con capas de arcillolita caolinítica.

No se presentan evidencias de procesos que puedan amenazar la integridad de las personas y las viviendas que se ubican en esta zona, ya que el tratamiento se comporta de manera adecuada, por lo cual se busca fortalecer su desempeño integrando un sistema de drenaje adecuado, ya que el agua brota por los orificios donde se colocaron los pernos, lo cual evidencia la necesidad de esta adición. De manera complementaria se propone complementar la pavimentación de la vía para impermeabilizarla.

4.6.3 Zona geotécnica III

Este sector se caracteriza por la presencia de los materiales depositados por el hombre, los cuales dominan la morfología y se encuentran sobre la arenisca descrita en la Zona I.

En esta zona se ubicaron dos perforaciones, las cuales señalaron que pueden existir profundidades de relleno mayores a los 4.7m, lo cual evidencia el control que tienen estos

depósitos en esta parte del escarpe, con posibles movimientos rotacionales. El perfil B-B' ilustra la configuración del terreno en esta zona (ver Plano 3 del ANEXO I.III).

Como solución conceptual se concibe la descarga de los rellenos y reconfigurar el talud para mejorar sus índices de estabilidad; esta solución puede estar complementada con la construcción de un gavión o estructura de retención en la pata que retenga los materiales que puedan moverse y adicionalmente un plan de ubicación de escombros en toda la zona para evitar que estos depósitos vuelvan a presentarse.

4.6.4 Zona geotécnica IV

Es donde los materiales conforman el tabique que separa las dos canteras y se desarrolla hasta el cambio de estado de la roca, ya que esta arenisca presenta un alto grado de meteorización con características cuarzosas y cemento arcilloso, que presenta amenaza de deslizamiento del material más alterado.

Según el ensayo de corte ejecutado sobre un espécimen en bloque relativamente intacto (ver Foto 5 del ANEXO IV), se obtuvo como parámetros de resistencia un valor de c de 0.22 kg/cm^2 y un ángulo de fricción de 25.8º. Los análisis de estabilidad fueron desarrollados sobre la sección C-C' que se ilustra en el Plano 3 del ANEXO I.III.

Al igual que en el caso anterior, como solución conceptual se concibe la descarga de los rellenos y roca meteorizada y la reconfiguración del talud para mejorar los índices de estabilidad.

4.6.5 Zona geotécnica V

Esta zona se extiende hasta el fin del escarpe, que se encuentra constituido en su mayoría por la arenisca masiva fracturada y al igual que la primera zona, presenta una amenaza latente de caída de bloques y desprendimiento en cuñas por el alto grado de diaclasamiento existente, lo que ha generado la presencia de bloques en voladizo de gran tamaño que pueden provocar el daño de una vivienda en la corona del escarpe y que de rodar podrían alcanzar con algún grado nocivo de energía las viviendas localizadas en el antiguo patio de la cantera.

En este sector se evaluó la resistencia al corte de otro bloque de arcillolita caolinítica y se obtuvo un valor de c de 0.08 kg/cm^2 y un ángulo de fricción de 23.0º. Los análisis geotécnicos correspondientes desprendimientos de bloques y caída de bloques fueron llevados a cabo sobre los perfiles D-D' y E-E' que se encuentran en el Plano 3 del ANEXO I.III.

La solución conceptual para esta zona consiste en reducir el riesgo generado por los bloques con alta probabilidad a la caída, descargándolos por medio de un sistema de explosión controlada, remoción manual o mecánica y generar una pendiente favorable con la ayuda de protección viva. También puede optarse por el simple mecanismo de evitar la llegada de bloques a las viviendas del patio de la cantera mediante el levantamiento de un terraplén.

4.6.6 Zona geotécnica VI

Comprende la región ubicada más al sur del proyecto y está delimitada por el fin del escarpe y la quebrada; se caracteriza por la presencia de desechos de explotación con una baja pendiente lo cual hace la zona muy estable, que se encuentran confinando la arenisca descrita en la zona V.

.

Limitando el proyecto y fuera del alcance de los análisis del mismo, se encuentran cantos rodados no entrabados en la cual puede presentarse deslizamiento de material hacia la quebrada, originado por un agudo fenómeno de erosión, con la consecuente generación de flujos torrenciales cuyo probable efecto aguas abajo conviene analizar, en vista de que podrían desbordarse hacia el antiguo patio de la cantera. Lo anterior genera la necesidad de colocar controles a este posible fenómeno.

Adicionalmente, existen grandes bloques de arenisca friable que fueron generados luego de la explotación a cielo abierto.

4.6.7 Zona geotécnica VII

Corresponde al piso de la cantera ubicada más al sur, el cual está constituido por material de arenisca cubierto de rellenos y bloques y adicionalmente es el material de desplante de las viviendas potencialmente afectables. Sin embargo, no se considera para el análisis geotécnico por no presentar un fenómeno amenazante.

Las zonas descritas anteriormente se presentan en el Plano 4 del ANEXO II.II.

4.7 ANÁLISIS DE POSIBILIDAD CINEMÁTICA

Se adelantaron los análisis de posibilidad de cinemática de falla del macizo rocoso a lo largo de las discontinuidades, para lo cual se establecieron los alineamientos de los taludes con sus pendientes y parámetros promedios. Los análisis se adelantaron según los criterios establecidos por Hoek y Bray, 1974. Para efectos de cálculos se consideró el ángulo de fricción de 21º a lo largo de las discontinuidades.

Para cada alineamiento de talud, dependiendo de su localización relativa a las estaciones de toma de información, se le asociaron las familias de discontinuidades características y la estratificación. En cada uno de ellos se adelantaron de manera analítica las posibilidades de falla planar a lo largo de las discontinuidades, mientras para las fallas en cuña se establecieron las diferentes intersecciones de discontinuidades para los respectivos análisis.

Los resultados se resumen en el ANEXO V, Tabla V.I.

4.8 ANÁLISIS DE ESTABILIAD

Reuniendo los datos topográficos, geológicos, geomorfológicos y la caracterización geotécnica se realizaron análisis generales de estabilidad para la sección típica definida en cada zona, con

base en métodos ortodoxos y para taludes particulares usando el modelo más conveniente dependiendo del tipo de mecanismo de falla identificado para la zona particular.

Para la evaluación de estabilidad dada la presencia de agentes detonantes como el agua, según lo reportado en el levantamiento geológico en la parte inferior de la zona V, se definió asumir valores de niveles de agua en la masa del orden de RU=0.30 que significa que la masa puede llegar a saturarse de manera muy rápida ante eventos de lluvia de alta intensidad especialmente sobre el macizo rocoso que posee permeabilidades altas.

4.8.1 Deslizamientos en Materiales Sueltos

Secciones de Análisis

El análisis de estabilidad de taludes se realizó en los lugares en que se consideró como el mecanismo de falla más probable al estar constituidos por rellenos heterogéneos en estado suelto (limos, escombros de construcción y otros materiales) y roca meteorizada del lugar.

Las secciones de análisis corresponden a las zonas geotécnicas III y IV con los perfiles B-B' y C-C' respectivamente, los cuales se indican en el Plano 3 del ANEXO I.III.

Parámetros de Resistencia

La definición de las capas de material y las propiedades del suelo estuvo basada en las descripciones y perfiles geológicos de cada sección y en los resultados de las perforaciones realizadas en campo y ensayos de laboratorio sobre muestras del sitio. A continuación se presenta la descripción de cada uno de los materiales definidos para el estudio y sus propiedades.

Relleno: Material compuesto por escombros de construcción, basuras, limos, arcillas y arenas, todo en estado suelto, aparentemente arrojado por los habitantes desde la parte superior; se considera como el material que presenta una mayor amenaza por deslizamiento para las viviendas localizadas en la pata de los taludes. Posee una profundidad variable y hasta de 2.2m en el sitio del sondeo S3 (Perfil B-B).

Caolinita: Capa delgada de arcillosita caolinítica encontrada en las paredes de la cantera que aún se encuentran expuestas; se considera constante en todo el macizo rocoso y muy alterada en la superficie.

Roca con estructura cruzada: Al igual que la anterior, de acuerdo a las observaciones de campo es constante en el macizo rocoso y aparentemente es el material que aflora en la parte baja del relleno y se encuentra meteorizada.

Roca altamente meteorizada: Material areno arcilloso proveniente de la descomposición de la arenisca, encontrado en la parte baja del talud correspondiente al perfil B-B. Sus características geomecánicas fueron establecidas mediante la realización de un ensayo de corte directo y asociadas también a la parte alta del macizo (debajo de la vía) debido a la carencia de información en este sitio, lo cual permitió realizar un análisis más conservativo.

Roca Sana: Aunque no existe exploración que permita definir la profundidad de la roca sana, ésta se estableció con base en los perfiles geológicos realizados para la zona. Corresponde a roca arenisca.

A continuación se presenta una Tabla resumen de los parámetros definidos para cada tipo de suelo y un diagrama de cada una de las secciones analizadas:

MATERIAL	PESO UNITARIO (KN/m3)	COHESIÓN (Kpa)	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (º)
Relleno	18,3	12	22,0
Caolinita	19,1	8	23,0
Roca con Estructura Cruzada	17	5	35,0
Roca Altamente Meteorizada	17,2	22	25,8
Arenisca	23	1000	35,0

Cuadro 4.2. Resumen de los Parámetros de resistencia de los Materiales

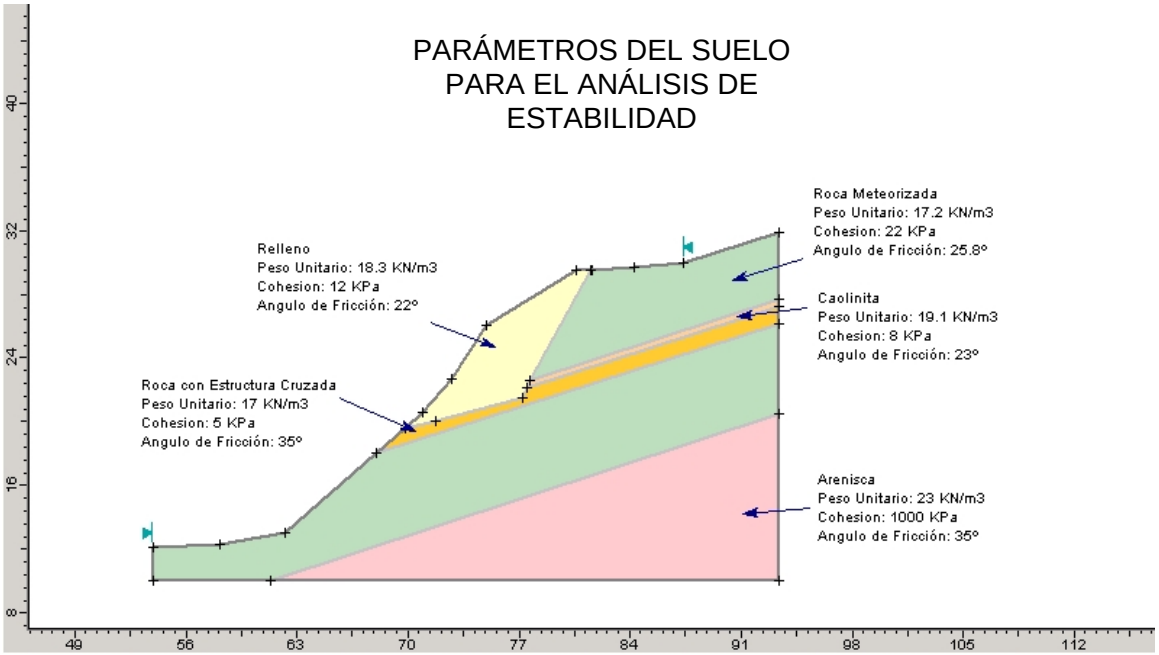


Figura 4.1. Descripción de las propiedades del Suelo – Sección B-B

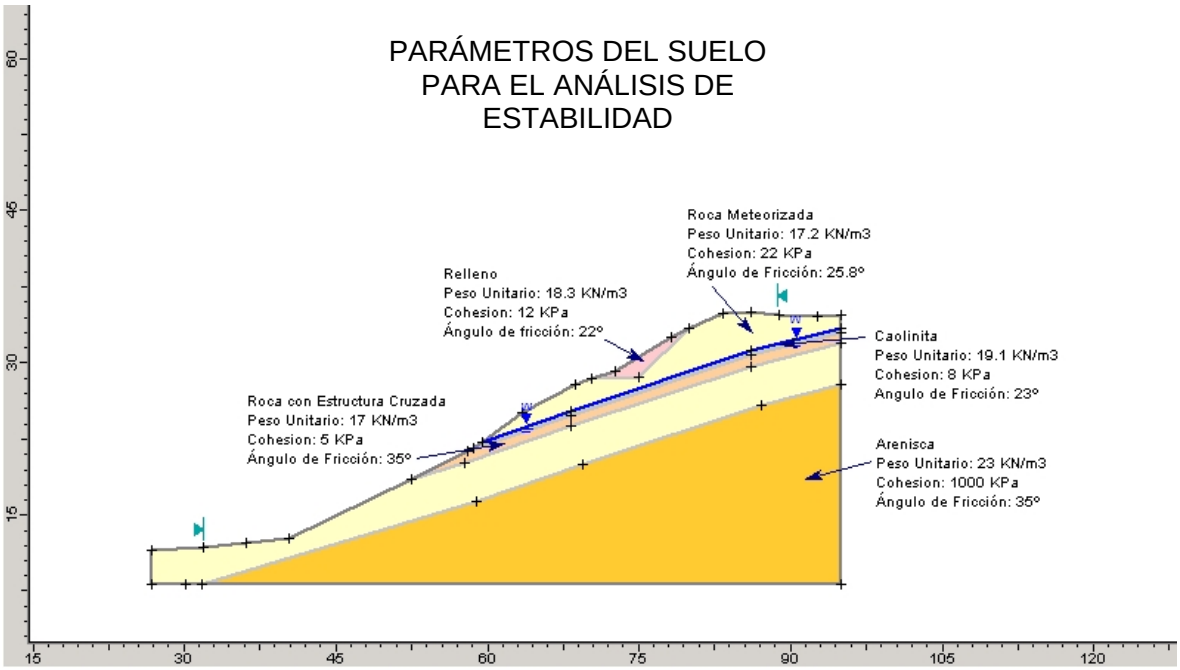


Figura 4.2. Descripción de las Propiedades del suelo – Sección C-C

Procedimiento para el Análisis

El análisis de estabilidad de taludes se llevó a cabo mediante el uso del programa SLIDE, que emplea las metodologías de Bishop y Janbu simplificado, para realizar análisis de equilibrio límite. El programa fue desarrollado por el Grupo de Mecánica de Rocas de la Universidad de Toronto (Rocscience Inc.).

Para los dos taludes se estudiaron diferentes condiciones mínimas y máximas de cohesión y ángulo de fricción interna del relleno en el perfil B-B` para la zona III y la roca meteorizada en el perfil C-C` para la zona IV, ya que éstos se consideran como los materiales con más posibilidad de deslizamiento; las condiciones utilizadas en los análisis se presentan a continuación.

Relleno Heterogéneo		
	MÍNIMO	**MÁXIMO**
c (KN/m^2)	12	20
ϕ (º)	22	28
Roca Meteorizada		
	MÍNIMO	**MÁXIMO**
c (KN/m^2)	22	50
ϕ (º)	26	30

Cuadro 4.3. Parámetros de Resistencia Mínimos y Máximos Para los materiales críticos

Adicionalmente se estudiaron diferentes combinaciones de condiciones de análisis, colocando sismo (de 0.25g) y agua. En el ANEXO III.III se encuentra el resumen para todas las

condiciones analizadas y las memorias arrojadas por el programa SLIDE para los parámetros mínimos.

Evaluación de la Distancia de Viaje del Deslizamiento.

Para la evaluación de la distancia de viaje de cada uno de los casos estudiados anteriormente para cada talud, se utiliza el modelo establecido por P.J. Finlay et al., 1998, resumido en la siguiente ecuación:

Log L = 0.109 + 1.01*log H – 0.506*log (tan a)
Ha = 0.678 + 0.695*D + 0.0537*H

Cuyos coeficientes se describen en el siguiente diagrama:

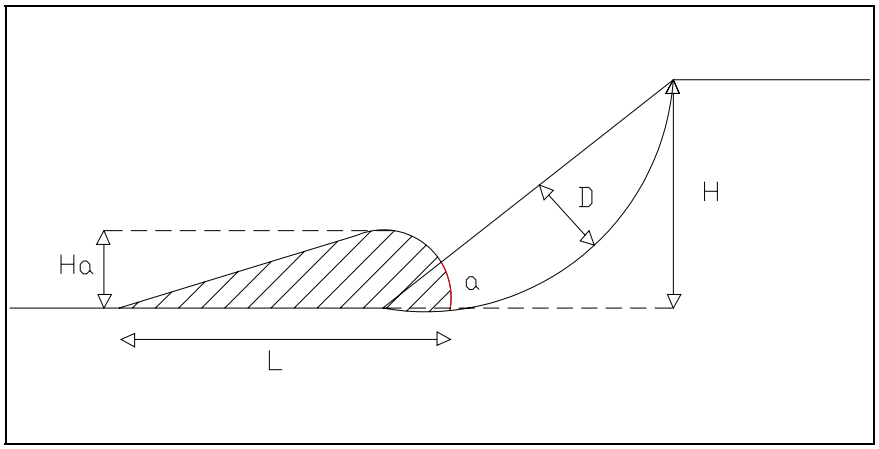


Figura 4.3. Esquema para la evaluación de la Distancia de viaje del Deslizamiento

Los valores requeridos para la ecuación fueron medidos sobre cada uno de los diagramas de las superficies de falla arrojados por el programa SLIDE, tomando como H la altura de dicha superficie. El ángulo a se determinó como un valor medio para todo el talud. Las memorias se encuentran en el ANEXO III.III.

4.8.2 Deslizamiento de Cuñas y Láminas de Roca

Con el propósito de establecer la cinemática de los probables movimientos de remoción en la masa rocosa encontrada en Soratama, se adelantó la representación estereográfica de la estructura levantada por el especialista en geología, con ayuda del programa DIPS (Rocscience Inc.). Las memorias de las representaciones citadas se incluyen en el ANEXO III.IV.

Tales resultados muestran la susceptibilidad de ocurrencia de deslizamientos en cuña, o en cuña limitada por otra discontinuidad en el fondo a manera de fallas planares, particularmente en las zonas I y V, tal como se ilustra en las figuras del ANEXO III.IV. Dichos mecanismos forman cuñas de tendencia seudovertical que generan el deslizamiento de columnas aciculares de roca. El deslizamiento columnar de tales cuñas se aprecia en el terreno, particularmente en

la zona V. El tamaño de las cuñas y bloques está limitado por la susceptibilidad de ocurrencia de este tipo de fenómenos.

Para este tipo de fenómeno se utilizó el programa Swedge con el análisis determinístico, el cual arroja un factor de Seguridad, como también se adelantó un análisis Probabilístico para las diferentes combinaciones de diaclasas que podrían generar cuña, como lo fueron la familias D2, D3 y D4; Se llevaron a cabo análisis para condiciones estáticas, dinámicas y con presencia de agua con combinaciones para parámetros máximos y mínimos, bajo las consideraciones más negativas, cuyos resultados se resumen en la Tabla que se presenta en el ANEXO III.IV.

Para la zona I se adelantó el análisis mediante el programa Wedge para las familias de diaclasas D1, D3 y D4, con parámetros mínimos, en la condición actual y para el fenómeno detonante más importante, que en este caso está relacionado con la presencia de presiones de agua en las diaclasas, ya que la condición con sismo no afecta considerablemente los análisis. Los resultados se presentan en el ANEXO III.IV, de acuerdo con los cuales, las combinaciones D1-D3 presentan factores de seguridad de 1.59 para la condición más desfavorable, mientras que para la combinación D1-D4 se tiene un factor de seguridad de 1.752 en la condición seca y 0.068 en la condición con agua, lo cual aumenta la amenaza por caída de cuñas en la zona.

El análisis en la zona I indica que existe la posibilidad de ocurrencia de falla en cuña de una masa de suelo relativamente grande, que incluye probablemente parte de la zona II, lo que permite identificar las razones posibles por las cuales fue implementado el muro con pernos existente en dicha zona, y además permite plantear la posibilidad de estabilizar la zona con esta misma técnica.

Fueron realizados análisis de cuñas en la zona IV, cuyo talud norte puede formar configuraciones perjudiciales con las familias de diaclasas D1, D2 y D3, encontrando factores de seguridad menores a uno (FS = 0.42, ver ANEXO III.IV) para la combinación D1-D4; sin embargo, se considera que para esta zona el fenómeno de remoción en masa predominante es el deslizamiento del material suelto expuesto debido a la alta meteorización del suelo, el cual a su vez confina la roca sana, por tanto, la posibilidad de formación de cuñas y su posterior falla es mínima.

4.8.3 Caída de Bloques

Debido a que se evidencian bloques con alta susceptibilidad al desprendimiento y viaje sobre la pendiente que facilita esta situación, se desarrolló un modelo de caída de bloques a partir de las secciones topográficas A-A`, G-G´ y E-E`, las cuales representan las zonas amenazadas I, III y V.

Teniendo en cuenta que este mecanismo de falla es susceptible de ocurrir solamente por la acción del hombre al excavar en su base y producir cambios morfométricos en el talud dejando perfiles negativos y sin soporte en la masa rocosa; por tanto la ocurrencia o no del evento esta dada si se excava o no se excava en la base del talud, es decir que su probabilidad de ocurrencia debido al factor antrópico es de 0.5.

El modelo considera coeficientes de restitución característicos para la roca sana y diferentes estratos registrados en el levantamiento geológico; Los bloques se caracterizan a partir de su tamaño, para este análisis a partir de las visitas de campo y materiales despendidos se tomaron bloques de lado 0.5 y 1.0 m como típicos, otro insumo relevante en el análisis es el peso de la roca y la velocidad horizontal, se ha considerado condición estática y 2.5 m/s.

A partir de estos criterios se evaluaron 150 bloques con la posibilidad de desprenderse por evento, llegando a la conclusión que una barrera a 11.0 metros a partir de la base del escarpe era suficiente para contener la totalidad de lo bloques desprendidos. También se halló que pueden existir daños en la vivienda 7 de la zona I y eventualmente en la vivienda 9 de la Zona III. Los resultados de estos análisis se presentan en el ANEXO III.V, allí se hace un listado de las condiciones halladas incluyendo la distancia más probable a la cual llegaría el bloque con y sin obras.

En las Tablas V.II a V.IV del ANEXO V se presentan los resúmenes de los resultados en términos de factores de seguridad para cada condición establecidos para cada zona o perfil geotécnico.

5. EVALUACIÓN DE AMENAZA POR FRM

5.1 INTRODUCCIÓN

Con la información presentada en el capítulo anterior se complementaron los datos necesarios para evaluar el comportamiento y respuesta de los diferentes materiales del sector estudiado frente a los factores geológicos y antrópicos actuantes en el sector. La zonificación "morfológica–geotécnica" definida anteriormente sirvió como base para poder desarrollar de la mejor manera posible el análisis de estabilidad del sector estudiado. En los siguientes parágrafos se explica de manera clara y resumida la forma como se evaluó la amenaza por fenómenos de remoción en masa (FRM) y el análisis de los resultados obtenidos.

5.2 ZONIFICACIÓN POR AMENAZA

La zonificación de la Amenaza se adelanta para cada una de las zonas geotécnicas definidas para el talud. De acuerdo a los mecanismos de falla asociados a cada zona y la acción de los agentes detonantes se realiza la evaluación de la amenaza en términos de probabilidad de falla.

La aproximación probabilística de la amenaza se adelanta por el método de estimación de punto (PEM) propuesto por Rosenblueth, 1975. Se establecen diferentes escenarios de acuerdo con los detonantes (agua y sismo), partiendo de una condición de falla de talud sin agua y sin sismo hasta llegar a una falla con agua y con sismo. Los análisis de estabilidad necesarios para el modelo probabilística se realizan de acuerdo al mecanismo de falla según métodos explicados en el capítulo anterior.

Para las zonas **ZI y ZV**, se establece como factor de seguridad actual de Fs = 1,0 y una probabilidad de falla igual a Pf = 0,5, debido a que el factor detonante es el hombre al adelantar las excavaciones en la base del talud facilitando, desde el punto de vista cinemático, la caída de los bloques, los cuales no fallarían en condiciones normales aún con taludes verticales como los actuales. De hecho el talud se ha mantenido estable por más de 20 años.

El cuadro 5.1 muestra los resultados de la evaluación de la amenaza en términos de probabilidad de falla para cada una de las zonas y mecanismos de falla establecidos.

Como resultado final se presenta la figura 5.1, en donde se muestra la probabilidad de falla vs. el factor de seguridad, la cual permite extrapolar los resultados de estabilidad para los escenarios futuros con obras.

ϕ (°)	c (T/m2)	BB	CC	DD	AA
		Zona III	Zona IV	Zona V	Zona I
		FS	FS	FS	FS
min	min	1,030	1,660	2,530	1,000
min	min	0,830	1,490	1,930	1,000
min	min	0,710	1,030	2,310	1,000
min	min	0,550	0,860	0,980	1,000
min	max	1,300	2,300	4,390	1,000
min	max	1,050	2,090	4,350	1,000
min	max	0,930	1,460	4,630	1,000
min	max	0,760	1,300	2,060	1,000
max	min	1,160	1,850	2,730	1,000
max	min	0,900	1,620	1,950	1,000
max	min	0,790	1,140	2,66	1,000
max	min	0,570	0,940	1,02	1,000
max	max	1,390	2,310	5,14	1,000
max	max	1,100	2,130	4,36	1,000
max	max	0,860	1,470	4,79	1,000
max	max	0,770	1,300	2,11	1,000
Fs(E)-A		0,973	1,844	3,149	1,000
Pf - A		0,615	0,001	0,037	0,500
Pf - C4		0,174	0,001	0,012	0,500
Pf - C25		0,540	0,013	0,037	0,500
Fs(E) 25		0,998	1,841	3,161	1,000

Cuadro 5.1. Evaluación de la Probabilidad de Falla en cada Zona

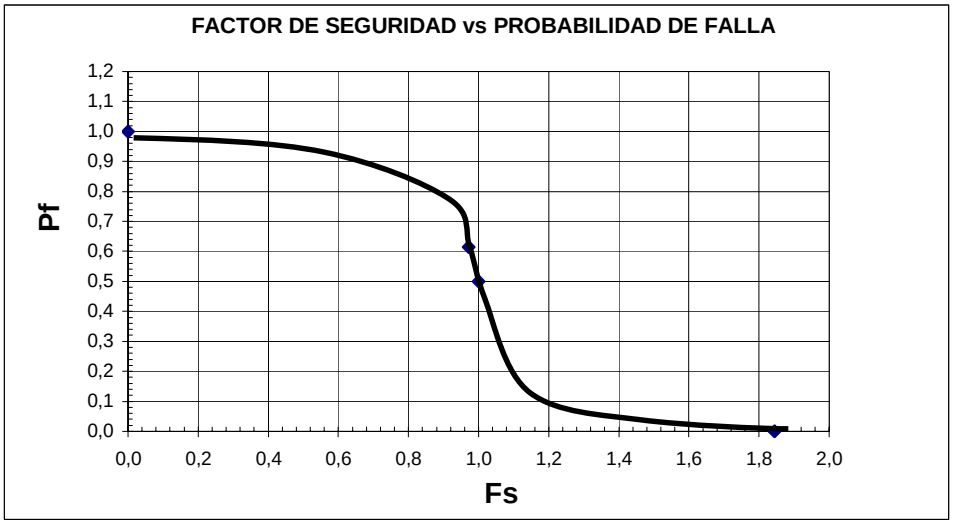


Figura 5.1. Factor de Seguridad vs. Probabilidad de falla

La figura No 5.1 muestra que el talud presenta un equilibrio en su estado límite al presentar factores de seguridad esperados cercanos a 1 con probabilidades de falla asociadas de 0,5 a 0,6 y su inestabilidad esta dada directamente por la acción del hombre y el principal detonante es el agua. Alcanzar probabilidad de falla cercanos al FS=1,2 muestra que el macizo rocoso en su condición natural tiende a la estabilidad debido al bajo buzamiento de la ladera estructural.

La estimación del área de afectación de los eventos amenazantes tanto hacia la parte posterior del movimiento como el avance de la masa movilizada se realiza siguiendo los siguientes procedimientos:

Para la zona ZI y ZV, de caída de bloques se modeló mediante el programa Rock Fall (ver ANEXO III.V), el cual establece la distancia de viaje del bloque en función de la geometría del área y de los materiales de la conforman.

Para la zona Z III, la distancia de viaje o posible área de afectación de los procesos que se desencadenan en cada zona, se utiliza el modelo establecido por P.J. Finlay et al., 1998, que tiene en cuenta la morfometría de la ladera, altura y pendiente y el espesor de la masa movilizada.

Para delimitar el área de afectación de los eventos amenazantes en la corona del talud, se tomo a criterio del evaluador como máxima distancia la banca de la vía. En esta etapa se desarrolló un proceso que permitió llegar a delimitar espacialmente los diferentes grados de amenaza dentro del área de interés, integrando la información básica, hasta aquí obtenida. Para la categorización de la amenaza se tuvieron en cuenta aspectos de magnitud, estado de actividad y tendencia a la propagación de los procesos que actualmente están afectando el área.

Para la Categorización de la Amenaza actual se estableció un período de corto plazo a 4 años, el cual se considera adecuado para la evaluación del riesgo actual y configura un nivel de probabilidad mayor que para un tiempo de exposición de un año y se categoriza en función del valor esperado de Fs para un escenario de ocurrencia del evento por influencia del agua y sin sismo; mientras la amenaza para un tiempo mayor de exposición se categoriza en función de la probabilidad de falla asociada a los condiciones críticas de los eventos detonantes lluvia y sismo -en el caso del presente estudio- se toma como tiempo de exposición máximo de 25 años o de periodo de diseño.

Se toma como escala de Categorización de la amenaza, la establecida en el estudio de INGEOCIM 1998, la cual permite partir de una misma referencia y unificar criterios al respecto, agrupando las calificaciones como altas (niveles altos y muy altos), medias y bajas (niveles bajos y muy bajos).

La representación de estos resultados sobre la base cartográfica se presenta en el Plano 7, empleando el criterio semáforo, esto es:

Tonos rojos: Niveles de amenaza altos.
Tonos amarillos: Niveles de amenaza medios.
Tonos verdes: Niveles de amenaza bajos.

Los resultados para cada zona se resumen en cuadro 5.1.

FACTOR DE SEGURIDAD	PROBABILIDAD DE FALLA	NIVEL DE AMENAZA	TONO ASIGNADO EN PLANO
<= 0.625	> 0.731	Muy Alta MA	Rojo
> 0.625 - 1.328	0.731 - 0.326	Alta A	Rojo
> 1.328 - 1.936	0.326 - 0.121	Media M	Amarillo
> 1.936 - 3.408	0.121 - 0.004	Baja B	Verde
> 3.408	<= 0.004	Muy Baja MB	Verde

Fuente: González & Millán[1].

Cuadro 5.2. Categorización de los Niveles de Amenaza

El cuadro 5.3 presenta los resultados de las características de los eventos amenazantes asignados para cada zona geotécnica y el Plano 7 del ANEXO VI.II muestra la configuración espacial de la Amenaza, establecida en cada zona geotécnica teniendo en cuenta la posible trayectoria de la masa movilizada.

ZONA	PERFIL	T. FALLA	TALUD H (m)	DISTANCIA DE VIAJE (m)	FS(E)	PF	CATEGORIA DE AMENAZA	TONO ASIGNADO EN PLANO
I	A-A´	Caída de bloques	7.5	Contacto 4.5	1.0	0.5	A	Rojo
III	B-B'	Rotacional	15.5	24.26	0. 973	0.615	A	Rojo
III	G-G´	Caída de bloques	21.0	32.4	1.0	0.5	A	Rojo
IV	C-C´	Rotacional	21.0	32.4	1.84	0.001	M	Amarillo
V	D-D'	Cuñas Caída de bloques	14.5	28.0	3.149	0.037	B	Verde
V	E-E`	Caída de bloques	13.0	37.0	1.0	0.5	A	Rojo

Cuadro 5.3. Resultados de la Amenaza por FRM por Zonas Homogéneas

Las zonas III y V presentan doble mecanismo de falla, por tanto para efectos del mapeo de la amenaza se define la condición más crítica para ser representada. Mientras para la evaluación de la vulnerabilidad la asignación de eventos a los elementos expuestos se realiza de manera individual y tomando el evento de mayor potencialidad de daño.

En general se puede establecer que los mecanismos de falla presentes y posibles en el área son de pequeña magnitud, se presentan de manera localizada y se caracterizan por presentar factores de seguridad cercanos a la unidad y detonados principalmente por la acción del agua como presiones sobre el sistema de discontinuidades del macizo rocoso.

El potencial de daño es alto para el caso de caída de bloques en las Zonas de análisis I y V, especialmente por la facilidad de viaje de los bloques caídos; mientras los mecanismos de falla

[1] **GONZALEZ A. & MILLÁN J.,** 1999. Procedimiento para la Evaluación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa en Santafé de Bogotá, Colombia. XI Conferencia Panamericana de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, Foz do Iguacu, Brasil.

de tipo rotacional sobre los rellenos de la zona III y la roca meteorizada en la zona IV presentan bajas magnitudes y bajo potencial de daño.

La zona II presenta un nivel de amenaza bajo debido a la existencia del muro en concreto neumático, el cual reduce el potencial de daño sobre las viviendas localizadas en esta zona.

El sector del patio de la cantera no presenta fenómenos amenazantes, por lo que aparece en el plano de amenaza con una tonalidad verde que representa los niveles de amenaza bajos.

6. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

La evaluación de vulnerabilidad se adelanta siguiendo los lineamientos metodológicos establecidos por LEONE, 1996. Así, en forma semicuantitativa se establece el nivel de vulnerabilidad de las unidades de vivienda, en función de los posibles daños que pueden llegar a sufrir los elementos expuestos situados en la región de afectación previsible por el fenómeno amenazante. El nivel de daño de los elementos expuestos se define tipificando las viviendas por su tipología establecida en el inventario y sus modos de daño asociados a la solicitación impuesta por los diferentes eventos amenazantes, los que a su vez dependen de los mecanismos de falla y de su distancia de viaje, establecidos en el Capítulo 5, Evaluación de Amenaza.

6.1 INVENTARIO DE VIVIENDAS

En cuadro 6.1 se presenta el resumen general del inventario, el cual está discriminado en tres partes, siendo éstas: datos básicos, datos de los elementos estructurales y datos sociales, la tabla VI.I del Anexo VI presenta el inventario junto con la evaluación estructural detallada de las viviendas, los formatos de campo se presentan en el ANEXO VI.III.

A partir del contraste georeferenciado entre la información legal según D.A.P.D. (PLU 72/4-01y PLU 72/4-02) con la obtenida de predios para este estudio, (Ver Plano 2), se puede apreciar que no existe una concordancia espacial ni con la forma de las manzanas y las viviendas, se puede concluir que la zona que relaciona el estudio ha presentado un crecimiento a partir de la cartografiada por al entidad, hallándose que las viviendas de la zona sur del sector no se encuentran en el plano.

Es indispensable recalcar que la información recolectada es de carácter más cualitativo que cuantitativo sobre su tipología estructural y de la condición social de los habitantes del sector, dentro del objetivo de poder aproximarse conceptualmente a su resistencia o capacidad de respuesta ante eventos de remoción en masa de diferentes magnitudes. La numeración adoptada para la identificación de manzanas y viviendas es independiente para el presente informe.

De los datos registrados, se puede observar que es un barrio de nuevo asentamiento, ya que la construcción de las mayoría de las viviendas, el periodo de las familias viviendo en la casa actual y en el barrio es menor a 20 años, pero se encuentra que en este lapso no ha existido un cambio notable entre los habitantes, ya que el periodo promedio de estancia en el barrio es de 19 años. Desde el punto de vista de infraestructura las viviendas cuentan con todos los servicios básicos pero las redes de gas domiciliario no se han colocado aún. No se presenta un hacinamiento latente, ya que el promedio de hogares es de 1.3 y el número de personas habitándola es de 6.

Conviene agregar que en general que las casas en su mayoría son de uno o dos pisos y casi ninguna ha sido construida específicamente para resistir empujes o fuerzas laterales generadas por fenómenos de remoción en masa y que por lo tanto, la evaluación que sobre el particular puede hacerse con base en el inventario es muy limitada. En conclusión, se busca definir de manera más sistemática una metodología de evaluación más específica, en cuanto a la capacidad intrínseca de la estructura existente a reaccionar ante eventos de tal naturaleza.

Ficha	No. de la manzana	No. del lote	Código del barrio o asentamiento	Dirección	Propietario	Tiempo de vivir en el barrio (Años)	Tiempo de vivir en la casa (Años)	No. de apartamentos en la edificación	No. de familias en la edificación	No. de residentes en la edificación	Area bruta de la construcción (m2)	Número de pisos	Edad de la const. (Años)	Agua	Alcantarillado	Energía eléctrica	Gas	Teléfono	Calle pavimentada
1	1	1	Soratama	CRA.3 No. 167 - 33	Lilia Celmira Torres	17	17	1	1	5	50	1	17	SI	SI	SI	NO	SI	SI
2	1	2	Soratama	Cra. 4 No. 167 - 34	Dora Judith Lopez	19	19	1	1	8	60	1	19	SI	SI	SI	NO	SI	SI
3	1	3	Soratama	Cll 3 No. 167- 24	Jose Roa	28	8	1	2	8	90	1	8	SI	SI	SI	NO	SI	SI
4	1	4	Soratama	Cra. 4 No. 167 - 14	Estefania Mendoza	8	8	2	3	10	70	3	8	SI	SI	SI	NO	SI	SI
5	1	5	Soratama	Cll 3 No. 167- 08	Emelina Rodriguez	10	10	1	1	10	60	1	10	SI	SI	SI	NO	SI	SI
6	2	6	Soratama	Cra.4 No 166 - 94	Tobias Torres	25	25	1	1	6	140	1	25	SI	SI	SI	NO	SI	SI
7	1	7	Soratama	Cll 167 No. 3 - 42							70	1		SI	SI	SI	NO	SI	SI
8	1	8	Soratama	Cll 167 No. 3 - 34	Carlos Ramiro Sepulveda	10	10	2	2	8	70	1	10	SI	SI	SI	NO	SI	SI
9	1	9	Soratama	167 No. 3 - 10							90	1		SI	SI	SI	NO	SI	SI
10	1	10	Soratama	Cll 167 No. 3 - 28	Carlos Zuluaga	9	9	1	1	3	140	2	9	SI	SI	SI	NO	SI	SI
11	1	11	Soratama	Cll 167 No. 13 - 14	Luis Miguel Barreto	17	17	1	1	7	80	2	17	SI	SI	SI	NO	SI	SI
12	2	12	Soratama	Cll 167 No. 3 - 15							84	1	84	SI	SI	SI	NO	SI	NO
13	2	13	Soratama	Cll 167 No. 3 - 17 int. 1	Bedsabe Ochoa	22	22	1	2	7	120	1	22	SI	SI	SI	NO	SI	SI
14	2	14	Soratama	Cra. 3 No. 166 a - 32	Luis Enrique Macias	12	12	1	1	6	170	2	12	SI	SI	SI	NO	SI	SI
15	2	15	Soratama	Cra. 4 No. 166A - 20 int 1	Maria Antonia Cano	25	25	1	1	4	60	1	25	SI	SI	SI	NO	SI	SI
16	3	16	Soratama	Cra 4 No. 166A - 20 int 3	Luis Alberto Gonzalez	20	5	2	2	8	200	3	5	SI	SI	SI	NO	SI	SI
17	3	17	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 20 Int. 2	Nestor Alvarado			1	1	3	72	1	72	SI	SI	SI	NO	SI	SI
18	3	18	Soratama	LOTE							120			SI	SI	SI	NO	SI	SI
19		19	Soratama	LOTE							108			SI	SI	SI	NO	SI	SI
20	2	20	Soratama	Cra. 4 No. 166A - 20 int 4	Bridgida Lizarazo	25	25	1	3	14	130	2	25	SI	SI	SI	NO	SI	SI
21	3	21	Soratama	Cra. 4 No. 166A - 21 int 5	Jose Virgilio Diaz	20	20	1	1	3	140	2	10	SI	SI	SI	NO	SI	SI
22	3	22	Soratama	Cra. 3 No. 166 a - 08	Luz Nacilia	40	40	1	1	3	50	1	40	SI	SI	SI	NO	SI	SI
23	3	23	Soratama	Cll 166 No. 4-06							70	1		SI	SI	SI	NO	SI	SI
24	3	24	Soratama	cra. 4 No. 166 - 60	Carlos Lineros	20	20	1	2	6	200	2	20	SI	SI	SI	NO	SI	NO
25	3	25	Soratama	Cll 166 No. 3-42	Jose Domingo Reyes	13	13	1	1	6	50	1	13	SI	SI	SI	NO	SI	NO
26	3	26	Soratama	Cll 166 No. 3 -20	Lucia Ramos	18	18	1	1	6	150	2	18	SI	SI	SI	NO	SI	NO
27	4	27	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 50 int 15	Leonel Torres	6	6	1	1	5	78	1	6	SI	SI	SI	NO	SI	NO
28	3	28	Soratama	LOTE							91							SI	
29	4	29	Soratama	Cra. 4 No. 166 -50 Int 14							100	2	6	SI	SI	SI	NO	SI	SI
30	4	30	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 50 Int 13	Blanca Torres	38	3	1	1	4	40	1	3	SI	SI	SI	NO	SI	NO
31	4	31	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 50 int 16							30	1		SI	SI	SI	NO	SI	NO
32	4	32	Soratama	Cll 166 No. 3 - 73	Martha Arismendi	30	1	1	1	4	60	1	30	SI	SI	SI	NO	SI	NO
33	3	33	Soratama	Cra. 4 Bis 166 - 50 Int. 4	Maria Rojas Chigai	11	11	1	1	4	114	2	6	SI	SI	SI	NO	SI	NO
34	3	34	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 50 Int. 3	Maria E. Diaz	40	17	1	1	5	50	1	17	SI	SI	SI	NO	SI	NO
35	3	35	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 50 Int 2	Jose Velasquez	9	9	1	1	3	72	1	9	SI	SI	SI	NO	SI	NO
36	4	36	Soratama	cll 166 No. 3-78							36	1		SI	SI	SI	NO	NO	NO
37	4	37	Soratama	Cra. 4 No 16 - 04 Int. 1	Luis Gonzales	30	30	1	1	4	130	2	10	SI	SI	SI	NO	SI	NO
38	4	38	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 09 int 3							100	2		SI	SI	SI	NO	SI	NO
39	4	39	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 54 Int. 2	Ana Velazco	20	15	1	1	4	77			SI	SI	SI	NO	SI	NO
40	4	40	Soratama	Cll 166 No 3 - 75	Javier Suares	20	11	1	1	6	84	1	11	SI	SI	SI	NO	SI	NO
41	3	41	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 50 int 1	Alfonso Cardenas	20	20	2	2	9	142	2	10	SI	SI	SI	NO	SI	NO
42	4	42	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 30 Int. 2	Crisanto Suarez	14	4	1	1	5	144	2	4	SI	SI	SI	NO	SI	NO
43	5	43	Soratama	Cra. 4 No. 166 - 45	Hector J Castillo	20	20	1	1	5	361	1	20	SI	SI	SI	NO	SI	NO
44	6	44	Soratama								50	1		SI	SI	SI	NO	SI	NO
45	6	45	Soratama								50	1		SI	SI	SI	NO	SI	NO

Cuadro 6.1. Inventario de Viviendas e Información Socioeconómica

6.2 CONDICIÓN ACTUAL

6.2.1 Estructura de las viviendas

A partir del inventario realizado, se establecen niveles de capacidad de respuesta ante posibles solicitaciones de fenómenos amenazantes, FRM, de acuerdo al tipo de estructura de la vivienda inventariada, definiéndose seis tipologías:

A - Viviendas con estructura en concreto o mampostería estructural.
B - Viviendas con muros cargueros, pero sin confinamiento adecuado.
C - Viviendas de muros cargueros y viviendas prefabricadas.

D - Viviendas informales.
E - Edificaciones en proceso de construcción.
F - Lotes vacíos
Nota: Tomado de IRH, 1999.

De ésta forma, las viviendas tipo **A** se consideran menos vulnerables que las viviendas tipo **D;** es decir, tienen una mayor capacidad de resistir. La clasificación **E** y **F** se tiene en cuenta porque se asume que estos predios hacen parte del loteo de los barrios en estudio y de alguna forma representan algún valor para sus propietarios y puede representar limitantes para ser desarrollados o construidos.

En un primer nivel se incluyen las casas que de forma aparente cumplen con rasgos y parámetros mínimos de rigidez y solidez estructural, representados en una estructura aporticada, mampostería estructural o el empleo de muros cargueros confinados por columnas a distancias razonables y con placa de entrepiso en concreto. Lo anterior, sin entrar a establecer la existencia o no de cálculos estructurales y el cumplimiento de otros requisitos a nivel de distribución y refuerzo mínimo, lo que no estaba dentro del alcance del presente estudio.

En un segundo nivel, se clasifican las viviendas construidas con muros cargueros, tienen placa de entrepiso en concreto y la incorporación de columnas y elementos de amarre es local y esporádica, es decir, son viviendas que en su concepción tratan de adicionar algún tipo de refuerzo adicional a la metodología tradicional de muros y placas.

En un tercer nivel, se clasifican todas las demás tipologías de viviendas, es decir, viviendas con muros cargueros, fundados sobre cimiento ciclópeo y viviendas prefabricadas.

En un cuarto nivel, se incluyen las viviendas construidas con madera, cartón o tejas metálicas o sus combinaciones, es decir viviendas informales o viviendas que normalmente se llaman tuguriales.

Vale la pena anotar que las viviendas se encuentran referenciadas espacialmente en el área de estudio, de tal forma que resulta simple asignarles el tipo de evento amenazante al que están expuestas.

6.2.2 Condición social

Este asentamiento humano se genera alrededor de la Industria de Explotación de materiales para construcción, como lo muestra la antigüedad del frente de explotación; según topografía de 1978 el talud minero ya existía y se iniciaba incipientemente el desarrollo habitacional alrededor del frente de explotación.

El desarrollo del poblamiento del Barrio Soratama y específicamente del sector de estudio, empieza aproximadamente hace 20 años, siendo más intenso en los últimos años; gran parte de sus pobladores son provenientes de barrios aledaños, mientras que otros habitantes han adquirido su lote con el transcurrir del tiempo y han construido su vivienda. En el área de estudio se registraron 44 familias y 189 habitantes, en algunas viviendas viven hasta 14

personas repartidas en dos apartamentos, en promedio habitan cinco personas por predio. El cuadro 6.1 presenta el inventario de viviendas y los datos socioeconómicos de cada una.

- Servicios Sociales.

En el área de estudio y en su alrededor más cercano, no se encuentran áreas Institucionales como Centros de Salud, Iglesia y Hogares de Bienestar Familiar, por lo que los habitantes del sector sólo tienen acceso a estos servicios en los barrios circunvecinos. Adicionalmente el barrio no cuenta con espacios de recreación y está rodeado o colinda con un área de explotación inactiva.

- Infraestructura De Servicios Públicos.

Según las encuestas realizadas en el sitio de estudio, el 100% de los habitantes cuentan con los servicios de agua, alcantarillado, luz, y teléfono, De otra parte, el lineamiento vial de acceso se encuentra definido y con manejo de aguas de escorrentía.

El acceso al barrio está determinado por la vía principal; el servicio de transporte urbano se puede categorizar como de buena frecuencia y este es realiza en jeeps, de hecho el paradero se encuentra ubicado sobre la corona del talud. La vía de acceso se encuentra pavimentada hasta el punto medio del talud; hecho que configura un factor contribuyente a los procesos de degradación por la ausencia de control de aguas de escorrentía, función de este tipo de infraestructura.

- Tipo de Edificaciones

El tipo de construcción de las viviendas en este sector es en su mayoría de 2 pisos y se puede calificar como regulares a malas, siendo las de menores características las localizadas en el pie del talud. Igualmente se presenta una heterogeneidad en la tipología de las viviendas, lo que surge como respuesta al mismo proceso individual de conformación del barrio. Los materiales más utilizados para la construcción de las viviendas, son bloque, ladrillo y concreto; los techos varían de tejas de Zinc, madera, plástico, hasta tejas de cemento de asbesto y los pisos son de concreto, madera y otros en tierra.

Algunas viviendas se encuentran en mal estado por la ausencia de materiales de construcción adecuados y por la carencia de diseños y técnicas de construcción. El 13% de las viviendas han sufrido problemas de caída de rocas, según la información de los habitantes.

- Actividades económicas.

La capacidad económica de los habitantes desde el punto de vista de sus ingresos, se puede catalogar como baja a muy baja, ya que en un alto porcentaje trabaja independientemente como conductores y ayudantes de volquetas, otros generan sus ingresos de pequeñas tiendas que tienen en sus viviendas. El salario mensual de los habitantes oscila entre cero y seiscientos mil pesos mensuales, ya que un 30 % de los cabeza de familia están sin empleo, lo cual indica que la posibilidad actual de recuperar sus condiciones de vida ante el evento de una catástrofe es nula. La mayoría de los ingresos se encuentran entre 1 y 2 salarios mínimos, sumando el trabajo de por lo menos dos personas por grupo familiar.

En cuanto a sus bienes y pertenencias, la mayoría de las familias catalogan que sus pertenencias presentan un valor menor a 2 millones de pesos, mientras que las familias restantes estiman un valor promedio de 4 millones de pesos. De igual forma pasa con el valor del inmueble, ya que algunas familias estiman que su vivienda o lote puede encontrarse entre los 2 y 25 millones de pesos, valor que creen conveniente, si llegaran a ser desalojados de sus viviendas.

- Percepción del problema

La comunidad no reconoce los problemas por la ocurrencia de FRM que se presentan en el sector, subvalorando las posibles consecuencias de ellos.

Cualquiera que sea su percepción ante los problemas de inestabilidad, la decisión de no evacuar sus viviendas es una constante en los habitantes, puesto que allí adquirieron su lote y construyeron su vivienda ya que según ellos nunca se ha presentado problemas con el talud adyacente a sus casas.

En general no se nota que la comunidad se encuentre organizada y los esfuerzos por mejorar su entorno frente a los derrumbes o deslizamientos como ellos identifican los movimientos en masa, son individuales y esporádicos.

6.3 EVALUACIÓN DE DAÑOS POSIBLES

La estimación cuantitativa de daños posibles se adelanta para cada tipo de vivienda en función de la asignación de una solicitación impuesta por un determinado proceso generador de daño, que a su vez depende del grado de exposición del elemento expuesto. Este procedimiento se realiza a criterio del experto en evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa, tomando como base la siguiente Tabla de Clasificación de daños propuesta por DRM (DELEGATION AUX RISQUES MAJEURS) y presentada por LEONE, 1996.

INTENSIDAD DE DAÑO	MODOS DE DAÑO	PORCENTAJE DE DAÑO
1	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada	0,01 – 0,1
2	Fisuración de muros. Reparaciones no urgentes	0,2 – 0,3
3	Deformaciones importantes, fisuras en elementos estructurales	0,4 –0,6
4	Fracturación de la estructura, evacuación inmediata	0,7 – 0,8
5	Derrumbe parcial o total de la estructura	0,9 – 1,0

Tomada de Leone, 1996.

Cuadro 6.2 Intensidades de Daño.

Donde el porcentaje de daño se define como la diferencia entre el valor inicial del bien antes del evento y el valor final del bien después del evento, dividida por el valor inicial del bien.

6.3.1 Asignación de Solicitación

La asignación de solicitaciones se realiza definiendo una región de interacción entre el fenómeno y el elemento expuesto para el mecanismo de falla que arroje la condición más crítica en los análisis de estabilidad.

- Tipo de Movimientos y Solicitaciones

Para el modelo de vulnerabilidad es necesario establecer los deslizamientos rotacionales y traslacionales y las caídas de bloques como los eventos generadores de daño, para los cuales -en cada zona geotécnica o condición local- de manera cualitativa y/o cuantitativa se le define su área de afectación, teniendo en cuenta tanto la magnitud del evento como la morfometría del frente de viaje del movimiento y su influencia en cuanto al retroceso de la corona del movimiento.

Se definen tres tipos de solicitaciones:

Desplazamientos verticales–DV (Caída de bloques).
Empujes-E (deslizamientos).
Impactos-I (Cuñas y caída de bloques).

Los desplazamientos verticales son experimentados por los elementos localizados sobre la corona de los escarpes mineros y su posible área de retroceso; su valoración se hace a partir de la dinámica de los movimientos, que para este caso específico se considera que se desencadenarían de manera súbita y rápida de los bloques fallados.

Las solicitaciones por empuje son experimentadas por los elementos que se encuentran al frente de la masa en movimiento sobre la dirección de avance; su magnitud se establece con criterios geométricos en función de la relación entre la altura de la acumulación del material movido y la del elemento expuesto, sobre la base de tres niveles:

Alta Altura de acumulación mayor a los 2/3 de la altura del elemento.
Media Altura de acumulación entre 1/3 y 2/3 de la altura del elemento.
Baja Altura de acumulación menor a 1/3 de al altura del elemento.

La solicitación por impacto se asocia a los movimientos que por su dirección de viaje sobre taludes seudo verticales pueden impactar las viviendas que se localizan justamente en la base del talud. Su estimación de daño se asocia con los volúmenes de material movilizado.

- Cualificación de los Daños

La cualificación de los daños se realiza generando una matriz que permite adelantar la asignación de los índices correspondientes en función de la tipología de las viviendas y el tipo de solicitación. La tipología de las viviendas representa la capacidad de asimilación de la estructura a solicitaciones impuestas por el fenómeno amenazante. Con estos criterios se define la siguiente matriz:

	TIPOLOGÍA					
SOLICITACIÓN	A	B	C	D	E	F
Desplazamiento Vertical	3	4	4	4	1	1
Empujes	2	2/3	3	4	1	1
Impactos	1	2 / 4	4	4/5	1	1
No Solicitación						

Cuadro 6.3. Matriz de Índices de Daños

6.3.2 Evaluación de Vulnerabilidad

Con base en la matriz de daños se establece el algoritmo de asignación en cada caso en particular, definiendo el índice de vulnerabilidad como el porcentaje de pérdida esperado, evaluado en función del valor inicial de la vivienda antes del evento y el valor final una vez que ocurre el daño, con base en el área construida de cada predio tomado como dato básico en el formulario de inventario.

Como variable discriminante en este proceso se introduce el área de afectación del predio por efectos de la solicitación, ya que los movimientos en masa son de pequeña magnitud. Adicionalmente se tienen en cuenta que los costos de reparación son mayores si se hiciera obra nueva, por lo tanto, el costo de daño se afecta por un multiplicador de 1.2. La Tabla VI.II del ANEXO VI muestra los resultados obtenidos. Los intervalos de clasificación se pueden discriminar en bajos (niveles bajos y muy bajos), medios y altos (niveles altos y muy altos) según la información contenida en el siguiente cuadro:

NIVELES	VULNERABILIDAD	TONO ASIGNADO EN PLANO
MB Muy Bajo	< 0.1	Verde
B Bajo	< 0.3	Verde
M Medio	< 0.6	Amarillo
A Alto	< 0.8	Rojo
MA Muy Alto	< 1.0	Rojo

Tomada de UPES / INGEOCIM, 1998

Cuadro 6.4. Categorización Niveles de Vulnerabilidad

6.4 EVALUACIÓN DE RIESGO

Una vez definida la amenaza en términos de probabilidad de ocurrencia y establecidos los índices de vulnerabilidad en términos de costo de daño, el riesgo por fenómenos de remoción en masa en términos de costo esperado de falla se define como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad (Ver Plano 7).

Adicionalmente se establece un índice de riesgo **IR** definido como el porcentaje de daño esperado con relación al valor inicial del predio, el cual permite establecer intervalos de riesgo.

La categorización de los niveles de riesgo se establece teniendo en cuenta la alta vulnerabilidad social de la comunidad afectada, de tal forma que una afectación mayor al 30 % del predio, define daños a las viviendas que son de difícil recuperación por parte de los propietarios, por tanto se considera como alto riesgo tal como se muestra el Cuadro 6.5.

NIVELES	ÍNDICE RIESGO	TONO ASIGNADO EN PLANO
MB Muy Bajo	< 0.01	Verde
B Bajo	< 0.10	Verde
M Medio	< 0.30	Amarillo
A Alto	< 0.50	Rojo
MA Muy Alto	> 0.51	Rojo

Cuadro 6.5 Categorización Niveles de Riesgo.

Como conclusión se puede establecer que el área en su conjunto presenta una baja vulnerabilidad y un bajo nivel de riesgo, y localmente los predios de alta vulnerabilidad se asocian a que están expuestos de manera directa a los procesos degradacionales del talud minero, los cuales se localizan sobre la corona del talud de corte o directamente en la base del mismo, configurando una alta vulnerabilidad por exposición. En general los niveles de daño se pueden considerar como medios a altos y se establecen con el grado de afectación de los eventos sobre las construcciones, aunque el grado de afectación en área es medio el nivel de daño es alto desde el punto de vista de la baja capacidad de recuperación de la comunidad.

La representación de estos resultados sobre la base cartográfica se presenta en el Plano 7, empleando el criterio semáforo, esto es:

Tonos rojos: Niveles de riesgo altos (calificación alta y muy alta).
Tonos amarillos: Niveles de riesgo medios.
Tonos verdes: Niveles de riesgo bajos (calificación baja y muy baja).

7. ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

7.1 INTRODUCCIÓN

Con los diferentes factores y elementos que se tuvieron en cuenta para la determinación del riesgo en el sector estudiado, especialmente con el conocimiento adquirido de cada uno de los procesos de remoción en masa y en general de erosión, se plantearon las diferentes alternativas de mitigación y control. Entre los parámetros más importantes que siempre se tuvieron presentes en la selección de las obras de mitigación estuvo la funcionalidad de la obra frente al aspecto humano–social, la factibilidad de la medida mitigante y la relación costo/beneficio.

7.2 ANÁLISIS Y CRITERIOS DE DISEÑO

Los resultados de la evaluación del riesgo en el área estudiada muestran que los niveles de amenaza actual se generan por la alta intervención del hombre sobre el medio físico. Las áreas inestables están asociadas principalmente a dos actividades antrópicas: los cortes mineros producto de la excavación y banqueo para la construcción de viviendas y la conformación de rellenos en materiales tipo estéril, desechos de construcción y basuras, construidos sin un control técnico adecuado.

La baja consolidación urbana sin manejo urbanístico, la falta de pavimentación total de la vía sumado a la ausencia de manejo de las aguas de escorrentía, junto con el mal uso que la comunidad da a las áreas comunes del barrio, botadero de basuras, configuran agentes aceleradores de los procesos de inestabilidad y en ocasiones magnifican los eventos generadores de daño.

Los procesos generadores de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en el sector estudiado se caracterizan por ser superficiales. Los mecanismos de falla de los depósitos son de carácter progresivo y de poca velocidad, salvo el evento de caída de bloques con velocidad horizontal, los procesos presentan bajo poder destructivo de acuerdo con las características de los mecanismos de falla, especialmente su baja energía potencial como se deduce de los eventos que ocasionaron las ultimas emergencias en el barrio, las cuales se debieron a la alta vulnerabilidad de las viviendas afectadas.

El riesgo asociado a los eventos amenazantes se configura, dada la alta exposición de las viviendas construidas, bien sea en la base de los taludes (muy próximas al pie del talud), o sobre el escarpe de las laderas inestables, sin haber dejado el aislamiento mínimo necesario para determinar una franja de seguridad.

7.3 PLAN GENERAL DE ACCIONES

El plan de acciones establece las medidas preventivas, correctivas y de mitigación que buscan en primera instancia, bajar al mínimo los niveles de riesgo a que está expuesta la comunidad, bien sea controlando los procesos o anulando los niveles de exposición de las viviendas y, en segunda instancia, busca corregir las condiciones del entorno físico y ambiental que favorecen la ocurrencia de los procesos de inestabilidad.

Cada una de las medidas se debe convertir en planes y proyectos, los cuales en su conjunto se consideran esenciales para un manejo integral y sistemático de la problemática de riesgo actual del sector estudiado. En la medida en que los proyectos no sean llevados a cabo el problema se puede magnificar de tal forma que la población afectada se multiplicaría.

7.3.1 Medidas preventivas y correctivas

Dentro de este grupo se proponen las siguientes acciones:

Regulación del espacio público: Se refiere a la restricción de uso del suelo que se debe aplicar en las áreas no urbanizadas y en los predios producto de la reubicación, especialmente la franja de afectación directa del talud. Definición de área de aislamiento mediante construcción de una barrera física que impida la aproximación al escarpe.

Reubicación de familias: Comprende la reubicación de las familias y adquisición de predios que se localizan en áreas de alto riesgo.

Obras de protección y control: Este grupo de medidas busca la consolidación urbana, mediante obras en el ámbito de infraestructura, como la conformación de la vía de acceso y el manejo de aguas de escorrentía, y mediante el control de erosión y reforestación de las áreas adyacentes.

Información pública: Esta actividad busca mediante campañas educativas darle a la comunidad la información y capacitación necesaria para mejorar la actitud de ésta frente a su medio físico, su entorno habitacional y frente al cuidado y mantenimiento de las obras de prevención y mitigación que se lleguen a adelantar en el sector.

7.3.2 Medidas de mitigación

Este tipo de medidas tienden a disminuir en forma directa el riesgo y buscan modificar las características de los eventos amenazantes o las características de los elementos expuestos. Teniendo en cuenta las características de los eventos amenazantes en el área y que su afectación se limita a las áreas inmediatamente adyacentes, se establecieron como medidas de mitigación obras físicas de intervención y control de los fenómenos de remoción en masa. Dichas medidas se subdividieron en:

I. Control de Erosión

Obras para el control de la escorrentía Superficial.

Perfilado de Taludes y empradización.
Perfilado de taludes y protección de concreto lanzado

II. Estabilización

Retiro de masas inestables.
Estabilización mediante pernado del macizo rocoso.
Confinamiento talud mediante relleno en la pata del talud.
Manejo de aguas sub – superficiales.
Arborización como barrera viva de control de viaje de las rocas.

Es evidente que la puesta en marcha y la ejecución de este esquema de medidas de prevención y mitigación debe ser compartida por las diferentes entidades del orden Distrital además del DPAE y naturalmente, como actor principal, la comunidad interesada.

Como puede apreciarse al nivel de proyecto que involucre la ejecución de obras físicas de mitigación, se identificaron tres principales tipos de obras: perfilado de taludes, obras de control y labores complementarias.

7.3.3 Planteamiento de Medidas

Como planteamiento de medidas se presentan a escala general las diferentes alternativas de tratamiento de las zonas inestables como las medidas o acciones necesarias establecidas como parte de la solución de la problemática de los riesgos del sector en estudio y que deben ser tenidas en cuenta para un manejo integral del sitio.

Y son el resultado de un planteamiento en términos de viabilidad técnica como económica y que buscan minimizar el riesgo por fenómenos de remoción en masa existente.

Perfilado de taludes.

Se recomienda en los sectores o taludes de mayor pendiente afectados por procesos intensos de erosión y deslizamientos, localmente cubiertos con materiales botados o rellenos heterogéneos.

El perfilado de los taludes mediante el retiro total de las masas susceptibles al movimiento, permite eliminar el evento amenazante. Esta medida se aplica a las zonas definidas con grados de amenaza media a alta por procesos de pequeña magnitud, asociados a materiales botados y rellenos de nivelación mal conformados.

Igualmente en los sectores donde aflora el macizo rocoso, el corte del talud se establece con pendientes que minimicen las posibilidades de falla planar o en cuña según análisis.

Reubicación de familias.

Para este caso se considera necesario optar por este tipo de medida, teniendo en cuenta la alta proximidad de algunas viviendas en la base y corona del talud donde existe mayor amenaza por FRM, lo que cualquier acción necesariamente conlleva a la intervención de dichos predios. Se

contempla tanto la reubicación de viviendas como la compra de predios o lotes que aún no han sido construidos. La selección de los predios a adquirir y familias a reubicar se debe establecer en función de las políticas del DPAE y la alterativa de mitigación adoptada, en cada alternativa planteada se presenta las viviendas que a criterio del Consultor se debe incluir en el programa de reubicación.

Consolidación Urbana.

El plan de obras de prevención contempla acciones tendientes a consolidar el barrio como un área residencial con los servicios mínimos requeridos y el establecimiento de unas normas, también mínimas, que permitan un ordenamiento urbanístico tendiente a erradicar los agentes físicos de riesgo, además de la regularización del barrio dentro de los parámetros exigidos por la oficina de Planeación Distrital, la preservación del entorno y la mejor convivencia ciudadana.

Aunque este tipo de acciones no son competencia directa del DPAE ni hacen parte de este estudio, se consideran básicas para el manejo integral de la problemática de riesgos. A continuación se relacionan las obras y medidas que cumplen los objetivos expuestos:

- Complementación de la construcción de la vía perimetral, tanto para el tránsito vehicular como peatonal, cuya mayor injerencia corresponde al IDU en su Programa de Pavimentos Locales, y cuya implementación mejorará la conducción de las aguas superficiales y de infiltración, disminuyendo de esta forma, el aporte de agua a las zonas inestables.

- Protección de la zona baja del barrio por medio de unos gaviones de encauzamiento en el cambio de dirección de la quebrada ubicada e el costado sur del área de estudio.

- Establecimiento de campañas educativas que lleven a la comunidad a entender claramente el nivel de riesgo a que están expuestos, reconocimiento de los agentes detonantes y cómo debe ser el comportamiento frente a los mismos, aceptación de las bondades de las obras recomendadas para la mitigación del riesgo y cómo debe ser el mantenimiento de las mismas.

Estas campañas deben ser realizadas por la DPAE a través del CLE correspondiente, mediante charlas, talleres y/o cartillas de fácil entendimiento y divulgación.

Política de no-intervención.

Este tipo de acción es válida como ejercicio técnico para establecer los niveles de riesgo que pueden llegar a ser asumidos por parte de la Ciudad en el sector estudiado, pero pierde total validez del planteamiento, en el siguiente contexto:

La degradación del medio físico adelantada por la acción del hombre, es de carácter exponencial y en un futuro próximo puede llegar a magnificar la problemática de riesgo en el sector y por ende, la misma problemática social.

La comunidad está en su derecho de que el Estado intervenga su hábitat para mejorar su calidad de vida. El avance de los procesos amenazantes como los fenómenos de remoción en masa, al no ser tratados pueden llegar a cobrar vidas humanas, especialmente niños.

7.4 PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En este numeral se establecen los indicadores que, desde el punto de vista de mitigación de riesgos por fenómenos de remoción en masa, se deben seguir para la atenuación de los efectos que puedan generar la ocurrencia de eventos amenazantes en la zona en estudio. Dentro de este contexto sólo se tienen en cuenta las obras y medidas que buscan estabilizar los movimientos o disminuir la vulnerabilidad actual (Ver NUMERALES Nos. 7.3.1 y 7.3.2).

Para éste ejercicio la consultoría se apoyó en la técnica de los árboles de decisión. Estos permiten establecer un análisis beneficio / costo de las diferentes alternativas y con base en los resultados obtenidos, se puede definir o recomendar la línea de acción que debe entrar a seguir la DPAE. Lo anterior no significa que se deje de lado en la toma de decisiones, los aspectos sociales como elementos básicos de la función pública.

El numeral correspondiente a las obras planteadas para la consolidación urbana se considera básico para el manejo integral del problema, pero no se tiene en cuenta como variable decisoria, ya que la responsabilidad principal no recae en la DPAE.

El ANEXO VII.II presenta la cuantificación de costos para las alternativas, las cuales se describen a continuación.

7.4.1 Planteamiento de Alternativas

Para establecer los elementos para la toma de decisiones se realizó un análisis prospectivo comparativo entre la condición actual y escenarios o alternativas con la implementación de obras y medidas de reubicación de familias, y se compararon los riesgos asumidos en términos de los costos de cada alternativa bajo los siguientes criterios:

Reducir los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos a valores bajos y eventualmente a medios.

Para el caso estudiado, se tienen los siguientes planteamientos de escenarios buscando siempre minimizar la afectación sobre la comunidad (léase minimizar la reubicaciones de familias), basados en el planteamiento de medidas expuesto en el numeral 7.3.3:

- Alternativa 0 o Condición actual. (Ho)

Corresponde al escenario actual, el cual representa la línea base de referencia y dentro del contexto de la ciudad y su gestión de riesgos es un escenario que puede imperar a corto plazo, es decir a 4 años. La ausencia de intervención ahondaría la falta de control del desarrollo periférico urbano, ya que los asentamientos en antiguas canteras generan riesgo, el cual debe ser conocido por los posibles habitantes de estas zonas.

- Alternativa 1. (H1)

Esta alternativa busca la mitigación mediante la reubicación de familias y demolición de construcciones que se encuentran con altos niveles de vulnerabilidad, y lograr que el riesgo asociado se reduzca a niveles aceptables sin recurrir a un masivo programa de reubicación, solución que implica factores de difícil tratamiento como la repercusión social sin un entendimiento claro de los mecanismos amenazantes. Además incluye la construcción del tramo de vía que se encuentra destapado para así realizar un mejor manejo de la escorrentía y reducir los factores detonantes de los FRM. El costo total de esta alternativa es de $219’636.000.

- Alternativa 2. (H2)

La alternativa H2 contempla acciones entre el control de los eventos amenazantes y la reubicación de familias, planteando soluciones mixtas puntualizadas. Esta alternativa puede considerarse en un punto de equilibrio cuando los fenómenos permiten realizar obras de costo razonable para lograr un control aceptable de la amenaza. El costo estimado es de $261’728.036.

- Alternativa 3. (H3)

Esta alternativa busca minimizar el riesgo con la implementación de obras sobre todos los fenómenos que implican amenaza y relaciona medidas constructivas más elaboradas como la colocación de anclajes, pernos y malla con concreto neumático. Esta solución implica una alta inversión que no es justificada al permitir la progresión del fenómeno de invasión en zonas de alto riesgo. El costo estimado para esta alternativa es de $279’872.334.

Las alternativas H2 y H3 llevan implícito el manejo de aguas de escorrentía por medio de cunetas en la pata del talud y tratamiento de los taludes contra la erosión.

7.4.2 Análisis de Alternativas con obras

Se realizaron análisis de estabilidad con obras para las Zonas III y IV con nuevas conformaciones de talud y con las condiciones más desfavorables y parámetros mínimos se obtuvieron factores de seguridad con valores superiores a 1.0. Para la Zona I se realizó el análisis con pernos de resistencia mínima de 14t para reducir la probabilidad de falla a desprendimiento por cuñas y el retiro del bloque por potencial planar; Para la zona V se adelantó el análisis de caída de bloques considerando la ubicación del terraplén a 11.0m desde la base del escarpe junto con barreras vivas, con lo cual se reduce el posible contacto de bloques transportados con las viviendas.

A partir de dichos análisis fueron obtenidos nuevos factores de seguridad con los cuales fue posible obtener la nueva probabilidad de falla para cada condición con base en la figura 5.1, que presenta el gráfico de Factores de Seguridad Vs. Probabilidad de Falla para la región de estudio. A cada una de las nuevas condiciones se le asoció una nueva probabilidad de falla, como se observa en el cuadro 7.1 y en las memorias de cálculo del ANEXO VII.I, la cual sirvió como insumo para realizar la evaluación de las alternativas y la nueva condición de amenaza.

Zona	Fenómeno	Tipo de Obra	Evento Detonante	Factor de Seguridad	Probabilidad de Falla
I	Cuñas	Pernos	Agua	3.732	0.03
III	Deslizamiento	Perfilado de taludes	Agua y Sismo	1.002	0.48
III	Deslizamiento	Retiro de rellenos y pernado	Agua y Sismo	1.207	0.09
IV	Deslizamiento	Perfilado de taludes	Agua y Sismo	1.138	0.15
V	Cuñas	Pernos	Agua y Sismo	2.4	0.008
V	Cuñas	Barreras vivas y terraplén de protección	*	*	0.004
V	Bloques		*	*	0.004

Cuadro 7.1. Probabilidad de falla con obras

7.4.3 Análisis de Costo/Eficiencia y Árbol de Decisión

A partir de dichos análisis fueron obtenidos nuevos factores de seguridad con los cuales fue posible obtener la nueva probabilidad de falla para cada condición con base en la figura 5.1 que presenta el gráfico de Factores de Seguridad Vs. Probabilidad de Falla para la región de estudio. A cada una de las nuevas condiciones se le asoció una nueva probabilidad de falla (Ver ANEXO VII.I), la cual sirvió como insumo para realizar la evaluación de las alternativas.

Para su análisis de la condición actual se cuenta con los resultados obtenidos en los numerales de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. Las condiciones futuras con obras o medidas se establecen con base en el mismo procedimiento modelando las condiciones de amenaza y vulnerabilidad a los nuevos escenarios.

A partir de los costos se adelanto el árbol de decisiones para cada una de las alternativas donde intervienen la probabilidad de la ruta y el valor de la misma para evaluar finalmente el riesgo asumido, tal como se presenta en el ANEXO VII.III.

Aunque desde el punto de vista de riesgo, medida como la perdida estimada en términos de daño sobre las edificaciones y el entorno, la alternativa de menor costo es la H0, condición actual, desde el punto de vista de afectación sobre los habitantes del sector no se puede asumir como tal porque es la de mayor exposición de los habitantes. La alternativa H2, se considera la mas viable tanto técnica como económicamente la cual plantea una solución intermedia entre la disminución de la vulnerabilidad por retiro de las viviendas y el control de los eventos amenazantes mediante obras, aspecto que resulta mucho mas costoso.

7.4.4 Zonificación de Amenaza con obras

A partir de la seguridad que imprimen las obras al conjunto se reduce la amenaza de los diferentes fenómenos que se detectan en el área, es así como se presenta en el Plano 8 (ver ANEXO VII.IV), la nueva distribución de Amenaza reduciéndose a media en la Zona V, hasta el sitio donde se plantea colocar el terraplén de aislamiento que contendría la eventual caída de bloques; La Zona III igualmente se reduce a media a partir de las obras de perfilamiento y reconformación de pendientes del talud por medio del escalonamiento. Toda el área restante se reduce a amenaza baja, con lo cual cambiaría su condición final de riesgo igualmente.

8. DISEÑO DE ALTERNATIVA SELECCIONADA

Como planteamiento de medidas se presentan a escala general las diferentes alternativas de tratamiento de las zonas inestables que implican medidas o acciones necesarias establecidas como parte de la solución de la problemática de los riesgos del sector en estudio y que deben ser tenidas en cuenta para un manejo integral del sitio. Cada una de ellas son el resultado de un planteamiento en términos de viabilidad tanto técnica como económica y que buscan minimizar el riesgo por fenómenos de remoción en masa existente.

8.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS A IMPLEMENTAR POR ZONAS

El resultado de los diseños se presenta en los planos de obras en planta (Plano 9) y de detalles (Plano 10) que se encuentran en el ANEXO VIII.IV. A continuación se describen las obras a implementar junto con las especificaciones de construcción para cada una de ellas (Ver ANEXO VIII.V).

8.1.1 Zona 1- Bloque en voladizo y Escarpe expuesto

En esta zona se encuentra el macizo expuesto donde se observan las diaclasas típicas de toda la zona de estudio; como característica determinante de esta zona se encuentra la presencia de un bloque en voladizo y la posibilidad de generación de cuñas por las familias de diaclasas D1 y D4, lo cual representa una amenaza importante a cuatro viviendas.

Como solución se establece el corte y retiro de este bloque, con lo que se reduce la amenaza, pero que a su vez implica la reubicación de familias y adquisición de predios que se localizan en áreas de corona y pata del escarpe. Estos predios serían el 1, 2, 3 y 7.

Adicionalmente, se recomienda colocar pernos en la zona expuesta, cada 2.5m y al tresbolillo para eliminar la amenaza por caída de cuñas sobre las viviendas cercanas que permanecerán después de la obras y la integridad de la zona en general, de acuerdo a las memorias mostradas en el ANEXO III.IV.

El volumen a excavar del bloque en voladizo se evaluó a partir del lineamiento de las diaclasas existentes en el sector y los datos en planta y corte de topografía, obteniéndose un volumen total de bloque de 35.56m^3 (ver Esquema VIII.I del ANEXO VIII.I).

<u>Especificaciones</u>

El procedimiento a seguir implica la excavación en roca con taladro y transporte manual de bloques hasta el frente del escarpe. La unidad de medida es entonces el metro cúbico (M3). Dado que se planea la compra del predio 3, la extracción del material podría efectuarse por la parte occidental y a través de dicho predio.

Se planea que la duración de esta actividad será de 20 días y requerirá de una persona calificada para el manejo del taladro y dos obreros para la extracción del material.

Se recomienda mover el material de excavación hasta el frente del escarpe dado que podría ser utilizado nuevamente en la conformación de rellenos y talud de protección.

Como complemento de lo anterior, deberán revisarse las siguientes Especificaciones que se anexan al informe:

- INV-Artículo 210. EXCAVACION DE LA EXPLANACION, CANALES Y PRESTAMOS
- INV-Artículo 201. DEMOLICIÓN Y REMOCIÓN
- IDU-95-Sección 3. DEMOLICIONES

Especificación Particular

Una vez se efectúe el retiro del bloque, se debe proceder con la colocación de los pernos separados cada 2.5 m, a 1/3 y 2/3 de la altura del escarpe, conformando una distribución al tresbolillo; las varillas de anclaje se pueden construir con acero corrugado de 1" y longitudes no menores de 6.0 m. Los pernos se deben adosar al talud mediante la ejecución de una perforación del orden de 4 pulgadas de diámetro, y la aplicación de lechada agua cemento a gravedad con un azimut de 20º respecto a la norte para garantizar el desarrollo de la tensión requerida, la carga mínima de diseño fue 14t. En el extremo de las varillas se debe contemplar una tuerca y una platina de reacción de acuerdo a lo descrito en la especificación particular que se anexa y el Plano 10 de detalles del ANEXO VIII.IV.

8.1.2 Zona 2 - Escarpe Recubierto

Esta zona corresponde al tratamiento existente con concreto lanzado en el escarpe; dicho tratamiento actualmente no presenta un alto grado de deterioro y ha funcionado adecuadamente, pero requiere la implementación de medidas de drenaje complementarias que permitan el eficiente desempeño del mismo evitando la acumulación de agua que pueda ocasionar su posterior daño, considerando la presencia de la roca de caolinita y los afloramientos de agua que se evidencian actualmente.

Por esta razón se recomienda colocar tres niveles de subdrenajes en el muro distribuidos de la siguiente forma:

Una línea de cuatro subdrenajes cortos (0.40m) en la parte superior e inferior del muro. Una línea de tres subdrenajes largos (2.0m) hincados en el estrato de arcillolita caolinita existente en la Zona 1.

Como complemento a lo anterior se recomienda realizar una campaña de observación del desempeño actual del muro existente con el fin de identificar grietas o daños existentes en él, invasión de vegetación o animales, integridad perimetral, desprendimientos, así como el funcionamiento de los anclajes existentes para su posterior mantenimiento.

El Esquema VIII.II del ANEXO VIII.I muestra la distribución aproximada de los subdrenajes propuestos.

Especificación Particular

Los subdrenajes recomendados consisten en tubos perforados de PVC con diámetro de 2" que deben instalarse perforando el muro con extractor de núcleos o taladro de perforación horizontal, de 2.5" hasta la longitud recomendada, introduciéndolos en él y rellenando superficialmente el orificio con mortero 1:5. La unidad de medida es el metro lineal (Ml).

8.1.3 Zonas 3 y 4 - Rellenos heterogéneos y Roca meteorizada

Debido al riesgo que representa la acumulación de material de relleno depositado en la Zona 3 y la meteorización de la roca existente en la Zona 4, se recomienda perfilar los taludes de ambas zonas generando una berma de ancho variable a media ladera y un escalón en la pata del talud con el material excavado, bajo el cual se ubicará una cuneta longitudinal, lo cual permite reducir la susceptibilidad del movimiento de remoción y por tanto incrementa el factor de seguridad general del talud.

Se planea que el volumen de excavación total aproximado será de 1779.3m^3 y el volumen de material de relleno para la conformación el talud será de 382.21m^3. Se recomienda utilizar el mismo material excavado para la conformación de los rellenos de la zona. Con base en lo anterior, se calcula que el volumen de material sobrante será aproximadamente de 1397m^3 (teniendo en cuenta en el material de relleno una contracción del material suelto del 20%), el cual quedará disponible para ser utilizado en la conformación del terraplén de protección de la Zona 5.

Como fenómeno de amenaza adicional se presenta la susceptibilidad de caída de bloques cercanos a la vivienda #9, lo cual genera la necesidad de adquirir este predio.

El Plano 9 (ver ANEXO VIII.IV) contiene las curvas de nivel aproximadas producto del terraceo realizado en las zonas.

Especificaciones

El perfilamiento se realizará dejando pendientes 1H:2V a partir de la corona del talud y hacia abajo hasta una profundidad de 7.5m en donde se localizará la primera terraza; el material de dicha excavación se colocará en la pata del talud, conformando un relleno apisonado, con altura de 2.5m y pendiente 1.5H:1.0V, hasta las cercanías con la Zona 4, en donde tal relleno desaparece. De este punto en adelante, el material excavado se colocará en la Zona 5 para la conformación del terraplén. La reconformación del terreno se presenta en el Plano 9.

Luego de la conformación de los taludes de ambas zonas, será necesario revegetalizar la superficie con pasto Kikuyo.

Como complemento deben revisarse las siguientes especificaciones, que se anexan al informe:

- INV-Artículo 210. EXCAVACION DE LA EXPLANACION, CANALES Y PRESTAMOS
- INV-Artículo 810. EMPRADIZACIÓN DE TALUDES
- IDU-95-Sección 11A. RELLENOS CON MATERIAL DE EXCAVACIÓN
- IDU-95-Sección 60. SIEMBRA DE GRAMA

8.1.4 Zona 5 y 7 - Escarpe expuesto, Bloques en voladizo, Patio de la Cantera

Representa el sector de mayor magnitud, en el que se encuentra como fenómeno principal la caída bloques y cuñas, para lo cual se propone el retiro de bloques en voladizo, la siembra de árboles sobre el patio de explotación sur como elemento amortiguador y barrera de aproximación primaria. Adicionalmente se plantea generar una zona de aislamiento por medio de un terraplén con pendientes 2H:1V, corona de 1.0 metro y altura de 2.50 metros, el cual será dotado de una cuneta para captar las aguas superficiales con desagüe a la quebrada ubicada en la parte sur del sector, con los convenientes elementos disipadores de energía y entrega en el caso de optar por lineamientos de caídas importantes de agua, el detalle de sección de esta cuneta se presenta en el Plano 10 de ANEXO VIII.IV.

Especificaciones

Se plantea que el retiro de bloques se efectúe de manera mecánica (con retroexcavadora) y sus productos podrán utilizarse para la conformación del terraplén de protección junto con los de las otras excavaciones, material que se estima será suficiente.

Dada la existencia de una vivienda sobre uno de los bloques a retirar y otra muy cerca a esta zona con gran amenaza, se recomienda su reubicación. Dichas viviendas son la #44 y la #45.

Los árboles a sembrar en dicha zona corresponden a Eucaliptos colocados cada 10 m, sembrados en materas construidas por excavación de la roca in situ, con dimensiones 1.0x1.0x1.0 y rellenadas con tierra negra abonada.

El material constituyente del terraplén deberá ser apisonado, lo cual podrá hacerse con la misma máquina de corte por capas con espesor máximo de 30cm, hasta lograr una compactación mínima del 90% del Ensayo Próctor Modificado. Para tal efecto, será necesario realizar mezclas del material obtenido de las excavaciones y sobre éste efectuar el correspondiente ensayo para encontrar la humedad óptima y la densidad de compactación máxima.

Adicionalmente se recomienda empradizar la superficie del talud con cespedones de pasto y plantas ornamentales.

Como complemento deben revisarse las siguientes especificaciones, que se anexan al informe:

- INV-Artículo 210. EXCAVACION DE LA EXPLANACION, CANALES Y PRESTAMOS
- INV-Artículo 220. TERRAPLENES
- IDU-95-Sección 10. COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE TERRAPLENES
- IDU-95-Sección 61. PLANTACIÓN DE ÁRBOLES

8.2 OBRAS COMPLEMENTARIAS

Se plantean algunas obras adicionales necesarias para la prevención de posibles fenómenos.

8.2.1 Gaviones de protección en la Quebrada

Tal como se explicó en el numeral 4.6.6, el fenómeno erosivo de la quebrada sobre las paredes del lecho podría generar un fenómeno de flujos torrenciales para lo cual se propone colocar un muro en gaviones en el costado norte de la quebrada con el fin de prevenir dicho fenómeno.

Especificaciones

Se recomienda armar dos niveles de muro, el primero con una sección transversal de 1.0m de alto por 20m de ancho; el segundo se desplantará sobre el centro del anterior y tendrá una sección de 1.0m de alto por 1.0m de ancho, ambos colocados a lo largo de aproximadamente 30m.

El muro deberá cimentarse 30cm debajo del suelo natural para garantizar la estabilidad.

Como complemento, será necesario revisar las siguientes especificaciones, que se anexan al informe:

- INV-Artículo 681. GAVIONES
- IDU-95-Sección 68. GAVIONES METÁLICOS

8.2.2 Vía en Concreto Rígido

Dentro de los límites del proyecto se encuentra un tramo de vía sin pavimentar, que podría llegar a afectar el talud por problemas de drenaje. Por tanto se recomienda realizar su pavimentación mediante concreto hidráulico.

Especificaciones

La estructura de pavimento recomendada consiste en placas de concreto de 3.0m X 3.0m con espesor de 17cm, cimentadas en un material de relleno tipo B-200 de espesor 30cm, con pasadores de barra lisa, tipo A37, con 45cm de longitud y diámetro de 1" colocados cada 30cm. Adicionalmente se colocarán anclajes de barra corrugada, tipo PDR 60, de 80cm de longitud y diámetro ½", cada 60cm.

Adicionalmente deben tenerse en cuenta las siguientes especificaciones, que se anexan al informe:

- INV-Artículo 500. PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO
- INV-Artículo 330. BASE GRANULAR

- INV-Artículo 310. CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE
- IDU-95-Sección 33. PAVIMENTOS DE CONCRETO
- IDU-95-Sección 14. BASE GRANULAR
- IDU-95-Sección 1. EXCAVACIONES PARA LA CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE
- IDU-95-Sección 80. JUNTAS DE PAVIMENTOS

8.2.3 Andén Lateral en la Vía

Especificaciones Particulares

A lo largo de la vía debe construirse un andén de adoquines de acuerdo a los lineamientos de la Cartilla de Andenes del Decreto 1003 del 2000, sección C40. La estructura del andén estará comprendida por un adoquín de 6cm de alto o similar, colocado sobre un lecho de arena de 4cm de espesor que esta subyacido a su vez por una capa de subbase granular de 30cm descrita en el aparte C10 de la cartilla.

8.2.4 Baranda de Protección Lateral

Como protección para la comunidad se recomienda colocar una baranda metálica lateral en la vía hacia el costado del escarpe.

Especificaciones

Deben tenerse en cuenta las siguientes especificaciones, que se anexan al informe:

- IDU-95-Sección 69. DEFENSAS METÁLICAS
- INV-Artículo 730. DEFENSAS METÁLICAS

8.2.5 Otras Especificaciones

Adicionalmente deben revisarse y tenerse en cuenta las siguientes especificaciones, que se anexan al informe:

- IDU-95-Sección 4. TRANSPORTE DEL MATERIAL SOBRANTE
- IDU-95-Sección 77. MITIGACIÓN DEL IMPACTO URBANO E INFORMACIÓN A LA COMUNIDAD
- INV-Artículo 900. TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE EXCAVACIONES Y DERRUMBES

En el anexo VIII.V, se presentan las especificaciones técnicas de construcción INVIAS e IDU-95 respectivas nombradas anteriormente, que pueden ser consultadas para la implementación de las obras recomendadas.

8.3 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO.

Las cantidades de obra fueron estimadas a partir de dimensiones tomadas en planta (Plano 2) y perfiles del terreno (ver Esquemas ANEXO VIII), de acuerdo a los requerimientos de cada zona.

Los precios unitarios fueron evaluados teniendo en cuenta análisis especiales (materiales, mano de obra, equipos y herramientas) y los requerimientos generales de acuerdo al caso, teniendo en cuenta los precios actualmente vigentes para obras de este tipo (Vía y andén).

La Tabla VIII.I del ANEXO VIII.I contiene los resultados de las mediciones de las cantidades de obra y la Tabla VIII.II del ANEXO VIII.II los análisis de precios unitarios correspondientes a cada actividad.

En algunos casos las cantidades fueron estimadas, y en otros, se asignaron costos globales. Tales actividades fueron las siguientes:

- Mantenimiento del muro existente
- Barreras Vivas (Eucalipto, 8 unidades)
- Baranda de Protección Lateral

El presupuesto final de obra fue evaluado teniendo en cuenta las cantidades de obra calculadas y los análisis de precios unitarios, obteniendo un costo parcial para la alternativa sin vía de $176`657.892, y para la alternativa con vía pavimentada $261`743892. La Tabla VIII.IV del ANEXO VIII.III presenta el presupuesto detallado.

8.4 CRONOGRAMA ESTIMADO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

A partir de las obras propuestas y de las metodologías existentes para el desarrollo de trabajos de este tipo, se adelantó un cronograma de obra, el cual concibe los comités mensuales para cumplimiento de hitos, labores de adecuación, labores de topografía, labores para el perfilado del escarpe, labores para la ejecución de las obras de control, labores de urbanismo y labores complementarias. Este cronograma se presenta en el ANEXO VIII.III, Cuadro VIII.I y define las labores dependientes y precedentes para un calendario semanal.

Adicionalmente la Tabla VIII.V del ANEXO VIII.III presenta la matriz de responsabilidades para la ejecución de las obras de mitigación y prevención establecidas para la alternativa de diseño.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro de la identificación como fenómeno asociado a alta amenaza representativo se detectó la caída de bloques, el cual se encuentra determinado por las diaclasas existentes y la descompensación por pérdida de soporte de los bloques superiores en diferentes periodos. De igual manera, se identificó la presencia de rellenos heterogéneos que fueron depositados indiscriminadamente como relleno de una antigua cárcava, lo cual generó la idea de botadero e inclusive se encuentran basuras depositadas recientemente, en estos depósitos y en la roca meteorizada de la zona IV se asocian fenómenos de deslizamiento.

A partir de la evaluación por amenaza de las zonas en estudio, se estableció que se presentan diversos niveles de riesgo, y se deben básicamente a los diferentes fenómenos que se presentan, el diverso comportamiento de los materiales y los cortes que generó la antigua explotación y posteriormente los habitantes de la zona 1. Sin embargo, los eventos amenazantes son de poca magnitud debido al poco espesor de material que puede moverse, suelo residual y capa vegetal.

Las viviendas se caracterizan por presentar niveles de vulnerabilidad variables, debido a la diferente naturaleza de las construcciones, a su proximidad y exposición en el patio de cantera norte y a la pequeña magnitud de los eventos amenazantes, los cuales presentan bajo poder de destrucción, lo que contrasta con las distancias de viaje de las masas y bloques movilizados, las cuales pueden ser mayores de 30.0m e inclusive podrían generar daños en las viviendas, para los casos más desfavorables.

Si se considera la posibilidad de permitir crecimiento urbano en la zona V, el nivel de vulnerabilidad en esta zona aumentaría a niveles muy altos (MA) ya que: los niveles de exposición se incrementarían en igual medida; Por consiguiente la distancia de viaje que alcanzarían los bloques deslizados afectarían las viviendas actuales, lo cual indica que es importante implementar un plan de control de crecimiento urbano hacia las zonas inestables.

El nivel de riesgo presente en el sector en estudio puede llegar a altos niveles, siendo las viviendas de las zonas I, III y V las más vulnerables ante la amenaza.

La solución recomendada implica como principio fundamental mejorar la geometría desfavorable y retirar los depósitos susceptibles al movimiento, por tal razón la mayoría de las actividades están relacionadas con la remoción de bloques de roca y el perfilamiento de talud tanto para las áreas de relleno como para el macizo rocoso. Esta solución es económica y ambientalmente favorable ya que el hecho de poder utilizar los materiales excavados como relleno de pata, terraplén o diferenciador de coeficiente de restitución genera poco transporte de material y reducción del impacto para la zona. Complementariamente se recomiendan medidas de adquisición de predios y complementación de obras que le imprimen un grado de seguridad adecuado, dentro de las que se encuentran barreras como los árboles, manejo del drenaje y construcción del terraplén y obras accesorias como la revegetación, el mantenimiento del muro existente, el aislamiento de las obras por medio de una barrera metálica, el andén y la vía, la cual compromete al IDU como entidad ejecutora.

Una vez evaluada la vulnerabilidad de las viviendas de la área del estudio, se identificó que las casas 01, 02, 03, 07, 09, 44 y 45 (plano No. 8) son las más vulnerables a los fenómenos posibles, por lo cual a las anteriores viviendas se les asignó un nivel de riesgo alto y recomendación de adquisición.

Recientemente se construyó un sistema de captación de aguas de escorrentía, el cual funciona adecuadamente, pero para conformar un sistema adecuado de evacuación de aguas, el cual evite el impacto de estas en la estabilidad general, se requiere complementación construyendo andenes y el tramo de vía restante.

Se advierte a la entidad, que aunque no representa una amenaza por FRM, la quebrada que se encuentra delimitando el estudio en la parte sur puede generar una condición de alto riesgo al desbordarse, ya que por tratarse de flujos esporádicos, los cauces se convierten en torrenciales con un elevado potencial de arrastre de lodos y fragmentos, lo que puede causar daños relevantes aguas abajo de este punto. Por tal motivo se recomienda de manera adicional, la construcción de un muro de gaviones de 2 cuerpos en el cambio de dirección, ya que según lo observado, se presenta un desprendimiento continuo que ha ocasionado bastante irregularidad en las paredes del cauce. Sin embargo esta no es una solución global y por el contrario implica un estudio detallado de la capacidad de daños nocivos potenciales de este flujo a partir de la producción hidrológica natural, como antrópica aguas arriba.

10. LIMITACIONES

El presente informe es el resultado de la exploración geotécnica efectuada en el lugar sobre el que se encuentra la zona de estudio, los resultados de laboratorio y las condiciones observadas y analizadas por los especialistas.

Sin embargo, las observaciones deben confirmarse durante la construcción y advertir al grupo de estudio cualquier eventualidad presente.

11. BIBLIOGRAFÍA

- ASTÉ J. et al., 1994. Riegos Naturales y Vulnerabilidad. I Simposio Panamericano de Deslizamientos de Tierras, Guayaquil.

- BRABB E.E., 1984. Innovative Approaches to Landslide Hazard and Risk Mapping. Fourth International Symposium on Landslide, Canadian Geotechnical Society, Toronto Canadá.

- BUREAU OF RECLAMATION, 1982. Diseño de Presas Pequeñas.

- CIVILES LTDA., Estudio de Riesgos por remoción en masa y diseños detallados de obras de protección, control y estabilización en el barrio La Peña, Localidad de Santa Fé, en la Ciudad de Bogotá, D.C. Abril 2000.

- CIVILES LTDA., Estudio de Riesgos por remoción en masa en el barrio Paraíso, Localidad de Chapinero, en la Ciudad de Bogotá, D.C. Diciembre 2000.

- GONZALEZ A., 1990. Metodología para la Evaluación de Riesgo por Deslizamientos a Nivel Intermedio, VI Jornadas Geotécnicas SCI. Memorias Tomo II.

- GONZALEZ A. & MILLÁN J., 1999. Procedimiento para la Evaluación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa en Santafé de Bogotá, Colombia. XI Conferencia Panamericana de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, Foz do Iguacu, Brasil.

- HOEK & BRAY, J., 1977. Rock Slope Engineering.

- INGEMÉTRICA LTDA Ingenieros Consultores. Zonificación de Amenazas y Riesgos por Remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y Diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar el antiguo escarpe de explotación frente al Barrio Soratama, Localidad de Usaquén, Abril 1999.

- INGEOCIM Ltda. (1998). Estudio para el Análisis y Caracterización del Terreno para varias localidades de Santa Fe de Bogotá. UPES – FOPAE.

- INGEOCIM Ltda. (1998). Zonificación de Riesgo por Inestabilidad del terreno para diferentes localidades de Bogotá. UPES – FOPAE.

- INGEOMINAS, UPES, DNPAD (1997). Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Convenio Interadministrativo 01-93.

- INGEOMINAS, UPES, Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres., 1997. Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Convenio Interadministrativo 01-93.

- INGEVEL Y CIA LTDA. Estudio Geológico y Geotécnico entre las Calles 154 y 157 y Barrio Soratama Norte de Bogotá, 1990.

- JULIVERT, M. 1968. Lexique Stratigraphique International. Vol. V, Fascicule 4A, Colombie, 651 pp. París.

- MILLÁN J. Y LOZANO J., 1996. La Erosión en los Estudios de Zonificación de Áreas Urbanas por Fenómenos de Remoción en Masa, VI Congreso Colombiano de Geotecnia, Bucaramanga.

- UNIÓN TEMPORAL SUIZA. Estudio de Riesgo por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar el escarpe del barrio Bonanza Sur, de la Localidad Ciudad Bolívar, en la Ciudad de Bogotá, D.C. Noviembre 2003.

12. ANEXOS

ANEXO I. INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA
I.I. Certificación de coordenadas.
I.II. Carteras de topografía.
I.III. Planos topográficos en planta a escala 1:500 y Perfiles Topográficos

ANEXO II. INFORMACIÓN GEOLÓGICA
II.I Secuencia litológica.
II.II Plano Geológico Local, zonificación geotécnica a escala 1:500; Perfiles Geológicos
II.III. Plano Geomorfológico (inventario de Procesos) a escala 1:500.
II.IV. Figura de Geología regional a escala 1:10000 y Perfil regional.
II.V. Red estereográfica de información geológica.
II.VI. Formatos de inventarios de procesos.
II.VIII Fotos aéreas y fotointerpretación

ANEXO III. INFORMACIÓN GEOTÉCNICA
III.I Columnas estratigráficas y registros de exploración.
III.II Resultados de laboratorio.
III.III Análisis de estabilidad con programa SLIDE y cálculo de la Distancia de Viaje
III.IV Resultados del Análisis de cuñas con programa SWEDGE y WEDGE
III.V. Resultados del Análisis de caída de bloques con programa ROCK FALL.

ANEXO IV. ANEXO FOTOGRÁFICO

ANEXO V. PRODUCTOS DE ANÁLISIS DE AMENAZA.

ANEXO VI. PRODUCTOS DE ANÁLISIS DE RIESGO Y VULNERABILIDAD.
VI.I. Tablas resumen de resultados.
VI.II Plano de zonificación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo.
VI.III. Formatos de campo para la Evaluación de las viviendas

ANEXO VII. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN
VII.I Análisis de estabilidad con Obras.
VII.II Cuantificación de costos por alternativa.
VII.III Árbol de decisión.
VII.IV. Plano de alternativas de mitigación y amenaza con obras.

ANEXO VIII. DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DEFINITIVA
VIII.I Cantidades de Obra.
VIII.II Análisis de Precios Unitarios.
VIII.III Presupuesto de Obra, Cronograma y Matriz de Responsabilidades.
VIII.IV. Planos de Obras.
VIII.V Especificaciones Técnicas de Construcción

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 2
1.1 ALCANCE DEL ESTUDIO 2
1.2 ALCANCE DEL INFORME FINAL 2
1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO 2
1.3.1 Objetivo general 2
1.3.2 Objetivos específicos 2
1.4 ORGANIZACIÓN DEL INFORME 3
1.5 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS 3
1.5.1 Recopilación de información previa, clasificación y análisis 3
1.5.2 Levantamiento topográfico 4
1.5.3 Estudio Geológico y Geomorfológico 4
1.5.4 Actividades de geotecnia 4
1.5.5 Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo 4
1.5.6 Estudio de Alternativas de Mitigación 5
1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS 5
1.7 DELIMITACIÓN GEOMÉTRICA DEL ÁREA DE ESTUDIO 6
2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 7
2.1 CRITERIOS DE LEVANTAMIENTO 7
2.2 MÉTODO DE TRABAJO 7
2.2.1 Logística 7
2.2.2 Control geodésico 7
2.2.3 Levantamiento topográfico 8
2.2.4 Parámetros 8
2.2.5 Equipo utilizado en el levantamiento 8
2.2.6 Cálculo 8
2.2.7 Interpretación 9
2.2.8 Ajuste de dibujo 9
2.2.9 Documento 9
3. ESTUDIO GEOLÓGICO 10
3.1 MÉTODO DE TRABAJO 10

3.2 GEOLOGÍA REGIONAL DE LA LADERA Y DEL ÁREA 10
3.2.1 Geología Regional de la Ladera 10
3.2.2 Geología estructural regional. 12
3.2.3 Probable modelo hidrogeológico regional. 12
3.3 GEOLOGÍA LOCAL 13
3.3.1 Litologías. 13
3.3.2 Estructuras geológicas. 15
3.4 GEOMORFOLOGÍA E INVENTARIO DE PROCESOS 16
3.4.1 Modelado Estructural 17
3.4.2 Modelado antrópico. 17
4. ESTUDIO GEOTÉCNICO 20
4.1 CRITERIOS DE DISEÑO 20
4.2 MÉTODO DE TRABAJO 20
4.3 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO Y CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO 20
4.4 ENSAYOS IN SITU Y DE LABORATORIO 21
4.4.1 Ensayos In-Situ 21
4.4.2 Ensayos de laboratorio 21
4.5 PERFIL ESTRATIGRÁFICO 22
4.6 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA 22
4.6.1 Zona geotécnica I 24
4.6.2 Zona geotécnica II 24
4.6.3 Zona geotécnica III 24
4.6.4 Zona geotécnica IV 25
4.6.5 Zona geotécnica V 25
4.6.6 Zona geotécnica VI 26
4.6.7 Zona geotécnica VII 26
4.7 ANÁLISIS DE POSIBILIDAD CINEMÁTICA 26
4.8 ANÁLISIS DE ESTABILIAD 26
4.8.1 Deslizamientos en Materiales Sueltos 27
4.8.2 Deslizamiento de Cuñas y Láminas de Roca 30
4.8.3 Caída de Bloques 31
5. EVALUACIÓN DE AMENAZA POR FRM 33
5.1 INTRODUCCIÓN 33
5.2 ZONIFICACIÓN POR AMENAZA 33
125....1. CCATEGORIA DE AMENAZA 36
6. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO 38
6.1 INVENTARIO DE VIVIENDAS 38
6.2 CONDICIÓN ACTUAL 39
6.2.1 Estructura de las viviendas 39

6.2.2 Condición social 40
6.3 EVALUACIÓN DE DAÑOS POSIBLES 42
6.3.1 Asignación de Solicitación 43
6.3.2 Evaluación de Vulnerabilidad 44
6.4 EVALUACIÓN DE RIESGO 44
7. ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN 46
7.1 INTRODUCCIÓN 46
7.2 ANÁLISIS Y CRITERIOS DE DISEÑO 46
7.3 PLAN GENERAL DE ACCIONES 47
7.3.1 Medidas preventivas y correctivas 47
7.3.2 Medidas de mitigación 47
7.3.3 Planteamiento de Medidas 48
7.4 PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 50
7.4.1 Planteamiento de Alternativas 50
7.4.2 Análisis de Alternativas con obras 51
7.4.3 Análisis de Costo/Eficiencia y Árbol de Decisión 52
7.4.4 Zonificación de Amenaza con obras 52
8. DISEÑO DE ALTERNATIVA SELECCIONADA 53
8.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS A IMPLEMENTAR POR ZONAS 53
8.1.1 Zona 1- Bloque en voladizo y Escarpe expuesto 53
8.1.2 Zona 2 - Escarpe Recubierto 54
8.1.3 Zonas 3 y 4 - Rellenos heterogéneos y Roca meteorizada 55
8.1.4 Zona 5 y 7 - Escarpe expuesto, Bloques en voladizo, Patio de la Cantera 56
8.2 OBRAS COMPLEMENTARIAS 57
8.2.1 Gaviones de protección en la Quebrada 57
8.2.2 Vía en Concreto Rígido 57
8.2.3 Andén Lateral en la Vía 58
8.2.4 Baranda de Protección Lateral 58
8.2.5 Otras Especificaciones 58
8.3 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO. 59
8.4 CRONOGRAMA ESTIMADO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS 59
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 60
10. LIMITACIONES 62
11. BIBLIOGRAFÍA 63
12. ANEXOS 65

ALCALDÍA MAYOR DE BOGTÁ D.C.

FONDO DE PREVEMCIÓN Y ATENCIÓN DE EMENRGENCIAS - FOPAE

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO SORATAMA DE LA LOCALIDAD USAQUÉN EN BOGOTÁ, D.C

Contrato No. CONS-200/03

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento presenta Resumen Ejecutivo correspondiente al "ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO SORATAMA DE LA LOCALIDAD USAQUÉN EN BOGOTÁ, D.C.", contrato de consultoría No. 200 de 2003, celebrado entre el FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ D.C., FOPAE y CIVILES LTDA.

El sector de estudio se encuentra ubicado en la localidad Usaquén al Nor-oriente de la ciudad; está limitado por el occidente norte y oriente por la vía de acceso a esta zona del barrio, la cual varía su identificación de Calles 166 Bis a 167A y Carreras 3 a 4Bis; por el sur está limitado por una quebrada. El área estimada de la zona a partir del levantamiento topográfico es de 15325m^2 y corresponde a una zona de antigua explotación de materiales para construcción, caracterizada por la existencia de dos semicírculos de explotación limitados por una zona de areniscas y arcillolitas muy meteorizadas de alta pendiente.

Como actividades determinantes derivadas del contrato, se desarrollaron la recopilación de información previa, levantamiento topográfico, estudio Geológico y Geomorfológico, Evaluación Geotécnica, de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo, el Estudio de Alternativas de Mitigación y el diseño detallado de las obras definitivas, incluyendo Planos de obras, cantidades de obra, presupuesto, cronograma de obra y especificaciones técnicas de construcción, de acuerdo a lo estipulado en el contrato y los términos de referencia.

Para facilitar los análisis correspondientes fueron definidas siete zonas con comportamientos geotécnicos similares, con tipologías y dinámicas de movimientos característicos, localizando en el primer semicírculo de explotación se localizan las primeras tres zonas de análisis; la cuarta zona corresponde al sector que divide los semicírculos y las tres zonas restantes se encuentran en el semicírculo del sur.

Iniciando el recorrido de norte a sur se encuentra la Zona 1, en donde se observan bloques de arenisca afectados por la acción antrópica, cortes verticales e incluso con pendientes negativas; existen dos viviendas en la corona de uno de estos bloques y otra debajo de la zona de pendiente negativa, las cuales presentan la mayor vulnerabilidad. Adicionalmente se presenta la posibilidad de falla de cuñas en la zona.

Continuando el recorrido se encuentra la Zona 2, caracterizada por la existencia de un escarpe de areniscas revestido en concreto neumático reforzado y pernos, cuyo estudio se ignora al igual que la longitud de los pernos; Este se considera un sector estable, aunque se observa que no posee sistema de drenaje horizontal, por lo que el agua contenida en el macizo rocoso fluye al exterior por los agujeros de los pernos y las fisuras del concreto de recubrimiento.

A continuación, se definió la Zona 3, en donde el escarpe se encuentra recubierto por rellenos heterogéneos, que pueden presentar amenaza por deslizamiento.

Dividiendo los dos semicírculos citados, se presenta una arenisca muy meteorizada donde se pueden encontrar algunos rellenos y de la cual se extrajo una muestra en bloque para obtener sus parámetros a partir de un ensayo de corte; Este sector se definió como la Zona de análisis 4 y al igual que la zona 3 se plantea una reconformación del talud.

En el segundo escarpe, se observa la arenisca más fracturada producto de la explotación, intercalada con arcillolitas, con taludes verticales e incluso negativos, como en el caso anterior, definido en este caso como Zona de análisis 5. Además se observaron evidencias de explotación artesanal de bloques en la base del macizo, produciendo pérdida de soporte del mismo.

La Zona 6 está comprendida por el fin del escape y la quebrada y se caracteriza por la presencia de desechos de explotación con baja pendiente y por tanto, con nivel de amenaza bajo. Sin embargo, debido a la presencia de cantos rodados en la quebrada, fuera de los límites del proyecto, podrían presentarse fenómenos de flujos torrenciales debido a la erosión que ésta pueda generar en las orillas, que se desbordarían eventualmente sobre el patio de la cantera.

Adicionalmente, existen bloques remanentes de explotación en el patio de la cantera, constituidos también por areniscas, aunque en condición estable y que no representan fenómenos de amenaza. Tal patio se definió como Zona 7.

Geológicamente, el tramo de ladera en estudio está conformado por secuencia litológica de rocas sedimentarias perteneciente a la Formación Arenisca Tierna (ksgt) que en el costado NE del escarpe presenta meteorización importante, por lo cual en la cartografía se hizo esta distinción, identificándola con al sigla Ksgtm. Además hay depósitos de origen antrópico: rellenos (Qr), botaderos de escombros (Qrt) y depósito de grandes bloques de arenisca (Qbl).

Como estructuras geológicas se presentan los pliegues con orientación media N-30^0–E e inclinación hacia el SE con buzamiento que oscila entre 22 y 16^0; fallas geológicas en el costado sur del escarpe normal (Fn) y de rumbo (Fr), y en general, cinco familias de diaclasas: cuatro de diaclasas y la estratificación. Los desprendimientos de bloques de roca en el escarpe, están relacionados a una diaclasa 274/81^0, buzamiento mínimo medido 70^0, relacionada a falla normal.

Con el fin de identificar el estado, espesor y composición actual de los materiales depositados en la cantera norte, identificar la profundidad a la cual se encuentra el basamento rocoso, recuperar muestras de los materiales del perfil, evaluar la posición del nivel freático y la condición de saturación de los materiales, se ejecutaron tres sondeos con profundidades entre 3.3m y 4.7m. En estos puntos se trató de encontrar el contacto suelo/roca, pero en el sondeo No. 2 los depósitos alcanzaron una profundidad de 4.7m, lo cual evidencia que la sobrecarga de origen antrópica es de importancia sobre esta roca meteorizada.

Según las tres perforaciones realizadas, se encuentran depósitos limoarcillosos de baja compresibilidad y plasticidad media con presencia de escombros de construcción y material más

grueso con tamaños de arena a cantos, probablemente proveniente de escombros de construcción; debajo de este material se encuentra la arenisca cuarzosa la cual debido a su meteorización, se clasifica desde el punto de vista de tamaños de granos como arena arcillosa; se reconocen también algunas capas delgadas de arcillolita.

De acuerdo con los fenómenos amenazantes definidos en cada zona, se adelantaron los análisis de estabilidad, teniendo en cuenta las propiedades de los diferentes materiales constitutivos del escarpe, dentro de los que se destacan los siguientes:

MATERIAL	PESO UNITARIO (KN/m3)	COHESIÓN (Kpa)	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (º)
Relleno	18,3	12	22,0
Caolinita	19,1	8	23,0
Roca con Estructura Cruzada	17	5	35,0
Roca Altamente Meteorizada	17,2	22	25,8
Arenisca	23	1000	35,0

A partir de criterios de relación entre factores de seguridad obtenidos de dichos análisis y la probabilidad de falla definida en el análisis de amenaza, se hallaron las Categorías de Amenaza para cada zona según se muestra en el siguiente cuadro:

ZONA	PERFIL	T. FALLA	TALUD H (m)	DISTANCIA DE VIAJE (m)	FS(E)	PF	CATEGORIA DE AMENAZA	TONO ASIGNADO EN PLANO
I	A-A´	Caída de bloques	7.5	Contacto-4.5	1.0	0.5	A	Rojo
III	B-B’	Rotacional	15.5	24.26	0.973	0.615	A	Rojo
III	G-G´	Caída de bloques	21.0	32.4	1.0	0.5	A	Rojo
IV	C-C´	Rotacional	21.0	32.4	1.84	0.001	M	Amarillo
V	D-D’	Cuñas-Caída de bloques	14.5	28.0	3.149	0.037	B	Verde
V	E-E`	Caída de bloques	13.0	37.0	1.0	0.5	A	Rojo

En general se puede establecer que los mecanismos de falla presentes y posibles en el área son de pequeña magnitud, se presentan de manera localizada y se caracterizan por presentar factores de seguridad cercanos a la unidad y detonados principalmente por la acción del agua como presiones sobre el sistema de discontinuidades del macizo rocoso.

El potencial de daño es alto para el caso de caída de bloques, especialmente por la facilidad de viaje de los bloques caídos; mientras los mecanismos de falla de tipo rotacional sobre los rellenos de la zona III presentan bajas magnitudes y bajo potencial de daño.

A partir del inventario de viviendas y la evaluación de daños y pérdidas posibles, se adelantó la evaluación de vulnerabilidad y posteriormente el análisis de riesgos de donde se puede establecer que el área en su conjunto presenta una baja vulnerabilidad y un bajo nivel de riesgo, y localmente los predios de alta vulnerabilidad se asocian a que están expuestos de manera directa a los procesos degradacionales del talud minero, los cuales se localizan sobre la corona del talud de corte o directamente en la base del mismo, configurando una alta vulnerabilidad por exposición.

En general, de acuerdo con la evaluación de vulnerabilidad, los niveles de daño de las viviendas se pueden considerar como medios a altos y se establecen con el grado de afectación de los eventos sobre las construcciones; aunque el grado de afectación en toda el área es medio, el nivel de daño de algunas viviendas es alto desde el punto de vista de la baja capacidad de recuperación de la comunidad. Sin embargo, si se considera la posibilidad de permitir crecimiento urbano en la Zona 5, el nivel de vulnerabilidad en esta zona aumentaría a niveles altos ya que los niveles de exposición se incrementarían en igual medida, por lo que la distancia de viaje que alcanzarían los bloques deslizados afectarían las viviendas actuales.

Se estableció que las viviendas con un nivel de riesgo alto son: 1, 2, 3, 7, 9, 44 y 45, por lo que su reubicación es indispensable.

Finalmente se plantearon diferentes alternativas de solución, estableciendo el presupuesto aproximado para su implementación, a partir de lo cual se definieron las obras requeridas para la mitigación del riesgo. Posteriormente se realizó la medición de las cantidades de obra y el análisis de precios unitarios correspondiente a cada actividad y se definieron los costos de las obras para cada zona.

La solución recomendada implica como principio fundamental mejorar la geometría desfavorable y retirar los depósitos susceptibles al movimiento, por tal razón la mayoría de las actividades están relacionadas con la remoción de bloques de roca y el perfilamiento de talud tanto para las áreas de relleno como para el macizo rocoso. Esta solución es económica y ambientalmente favorable ya que el hecho de poder utilizar los materiales excavados como relleno de pata, terraplén o diferenciador de coeficiente de restitución reduce el impacto para la zona por el mínimo transporte de material. Complementariamente se recomiendan medidas de adquisición de predios y complementación de obras que le imprimen un grado de seguridad adecuado, dentro de las que se encuentran barreras como los árboles, el terraplén, pernos y obras accesorias como la revegetación, el mantenimiento del muro existente, el aislamiento de las obras por medio de una barrera metálica, el andén y la vía.

Para concretar el proyecto de manera articulada y completa, se requiere el compromiso y participación de varias entidades distritales de acuerdo la siguiente matriz de responsabilidades por actividades:

	RESPONSABLES					
ACTIVIDAD	**COMUNIDAD**	**FOPAE**		**IDU**	**FDL**	**EAAB**
		Niv. Resp.	**Tip. Acción**			
MEDIDAS PREVENTIVAS						
Reubicación de Familias (7)		1	Rec			
Gaviones para protección de la Quebrada		2	R		1	3
Andén lateral en la vía		2	R	1		
Baranda de Protección Lateral de la vía		1	Rec		2	
Material Informativo		1	T			
Vía con Placas de Concreto Rígido		2	R	1	2	
MEDIDAS DE MITIGACIÓN						
Remoción mecánica de bloque		1	D,C			
Subdrenajes cortos y largos	2	1	D,C,R			
Mantenimiento del muro	2	1	E			
Perfilado de Taludes	2	1	D,C			
Colocación de Relleno para la reconformación del talud	2	1	D,C			
Revegetación de la superficie del Talud	2	1	R,E		2	
Perfilado de Talud en Roca	2	1	D,C			
Terraplen de protección en la base del Talud (con drenaje)		1	D,C			
Barreras vivas (Eucaliptos)	2	1	R,E		2	
Cespedones de pasto y plantas ornamentales para Terreplén	2	1	R,E		2	

TIPO DE ACCIÓN
D: Diseño
C: Construcción
R: Recomendacioes y Pautas
E: Ejecución
Ad: Adquisición de Terrenos
Rec: Restricción de Uso
T: Talleres

NIVEL DE RESPONSABILIDAD
1: Responsabilidad principal
2: Responsabilidad de Segunda Instancia
3: Responsabilidad de Tercera Instancia

ENTIDADES RELACIONADAS
FOPAE :Fondo de Prevención y Atención de Emergencias
IDU: Instituto de Desarrollo Urbano
FDL: Fondo de Desarrollo Local
EAAB: Empresa de Acueducto y Alcantarillado

Se advierte a la entidad, que aunque no representa una amenaza por FRM, la quebrada que se encuentra delimitando el estudio en la parte sur puede generar una condición de alto riesgo al desbordarse, ya que por tratarse de flujos esporádicos, estos se convierten en torrenciales con un elevado potencial de arrastre de lodos y fragmentos, lo que puede causar daños relevantes aguas abajo de este punto. Por tal motivo se recomienda de manera adicional, la construcción de un muro de gaviones de 2 cuerpos en el cambio de dirección, ya que según lo observado, se presenta un desprendimiento continuo que ha ocasionado bastante irregularidad en las paredes del cauce. De todas maneras esta no es una solución global y por el contrario implica un estudio detallado de la capacidad de daños nocivos potenciales de este flujo a partir de la producción tanto hidrológica natural como antrópica aguas arriba.

Como resumen de soluciones definitivas por zonas se plantean las siguientes:

- Zona 1: Se establece el corte y retiro del bloque, lo que a su vez implica la reubicación de familias y adquisición de los predios que se localizan en áreas de corona y pata del escarpe: 1, 2, 3 y 7, además la instalación de pernos al tresbolillo en el escarpe expuesto; Costo Estimado: $32'623.748^{oo}.

- Zona 2: Se recomienda implementar una línea de cuatro subdrenajes cortos (0.40m) en la parte superior e inferior del muro y una línea de tres subdrenajes largos (2.0m) hincados en el estrato de arcillolita caolinita existente en la Zona 1. Como complemento, se recomienda realizar una campaña de observación del desempeño actual del muro existente con el fin de identificar grietas o daños existentes en él, invasión de vegetación o animales, integridad perimetral, desprendimientos, así como el funcionamiento de los anclajes existentes para su posterior mantenimiento; Costo Estimado: $2'838.504^{oo}.

- Zonas 3 y 4: Se recomienda perfilar los taludes de ambas zonas generando una berma de ancho variable a media ladera y un escalón en la pata del talud con el material excavado, lo cual permite reducir la susceptibilidad del movimiento de remoción y por tanto incrementar el

factor de seguridad general del talud. Adicionalmente se requeriría adquirir la vivienda 9; Costo Estimado: $63'843.575^{oo}.

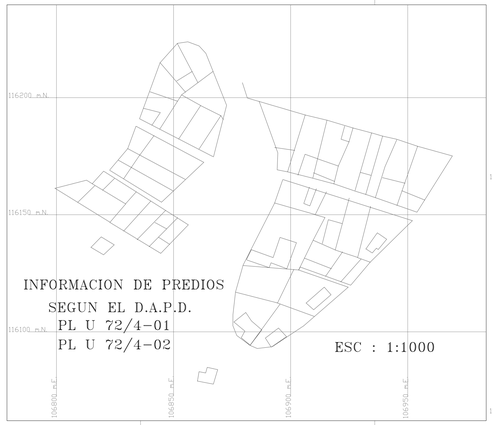
- Zonas 5 y 7: Se propone el retiro de bloques en voladizo, la siembra de árboles sobre el patio de explotación sur como elemento amortiguador y barrera de aproximación primaria. Se plantea además generar una zona de aislamiento por medio de un terraplén con pendientes 2H:1V, corona de 1.0 metro y altura de 2.50 metros. Adicionalmente se requeriría adquirir las viviendas 44 y 45; Costo Estimado: $34'230.021^{oo}.

- Limite con Zona 6: Muro de Gaviones; Costo Estimado: $12'231.675^{oo}.

- Otras Obras: Estas incluyen la barrera metálica de aislamiento de las obras, la cuneta en la pata del talud, el andén y la pavimentación de vía de la corona del escarpe; Costo Estimado: $115'976.368^{oo}.

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	V. PARCIAL
ZONA 1				
Desprendimiento mecánico de bloque	M3	35,56	$41.067	$1.460.331
Compra de Vivienda #1	U	1,00	$1.500.000	$1.500.000
Compra de Vivienda #2	U	1,00	$1.800.000	$1.800.000
Compra de Vivienda #3	U	1,00	$10.800.000	$10.800.000
Compra de Vivienda #7	U	1,00	$10.500.000	$10.500.000
			SUBTOTAL:	**$26.060.331**
ZONA 2				
Subdrenajes cortos y largos	Ml	9,20	$28.750	$264.504
Mantenimiento del muro	Gl	1	$2.000.000	$2.000.000
			SUBTOTAL:	**$2.264.504**
ZONAS 3 y 4				
Excavación mecánica de los materiales de la superficie del talud	M3	1779,30	$22.524	$40.077.205
Colocación de Relleno para la reconformación del talud	M3	382,21	$18.113	$6.922.985
Revegetación de la superficie del Talud	M2	1816,74	$3.327	$6.043.386
Compra de Vivienda #9 (Zona 3)	U	1	$10.800.000	$10.800.000
			SUBTOTAL:	**$63.843.575**
ZONAS 5 Y 7				
Perfilado de Talud en Roca	M3	19,79	$39.343	$778.695
Terraplen de protección en la base del Talud (L=75m)	M3	1125,00	$21.983	$24.731.133
Barreras vivas (Eucaliptos)	U	8,00	$54.865	$438.920
Cespedones de pasto y plantas ornamentales para Terreplén	M2	730,82	$7.227	$5.281.274
Compra de Vivienda #44	U	1	$1.500.000	$1.500.000
Compra de Vivienda #45	U	1	$1.500.000	$1.500.000
			SUBTOTAL:	**$34.230.021**
VARIOS				
Gaviones para protección de la Quebrada	M3	90,00	$135.908	$12.231.675
Andén lateral en la vía	M2	150,00	$58.100	$8.715.000
Baranda de Protección Lateral de la vía	Gl	1,00	$9.300.000	$9.300.000
Material Informativo	Gl	1,00	$1.000.000	$1.000.000
			SUBTOTAL:	**$31.246.675**
			COSTO PARCIAL DE LA ALTERNATIVA:	**$157.645.106**
Vía con Placas de Concreto Rígido	M2	900,00	$94.540	$85.086.000
			SUBTOTAL:	**$85.086.000**
			COSTO TOTAL DE LA ALTERNATIVA:	**$242.731.106**

El costo estimado total de las obras de Mitigación será de $242'731.106^{oo}, con un periodo de ejecución de cuatro (4) meses, según el cronograma detallado de obra.



CUADRO DE CONVENCIONES

Sondeo.	Pozo alcantarillado.
Punto cambio - delta.	Poste energía.
Cuneta.	Poste teléfono.
Quebrada.	Cerca
Curva de nivel.	Mojón
Paramento manzana.	Columnas estratigráficas
Bloque	Secciones
Número del Lote	Pernos
	Manzana

CUADRO DE COORDENADAS

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVAC.
CD325A	116669.15	106098.80	2584.91
CD324A	116698.02	105676.13	2564.58
MOJON 1	116070.53	106839.07	2807.16
MOJON 2	116200.20	106879.41	2801.81
MOJON 3	116168.16	106774.42	2777.50
SONDEO-1	116172.94	106878.38	2798.20
SONDEO-2	116158.27	106876.67	2800.66
SONDEO-3	116148.21	106870.28	2804.50
AREA TOPOGRAFIA	31556.25 mts²		
PERIMETRO	911.90 mts		
AREA PROYECTO	15325.00 mts²		

Secretaria
GOBIERNO

Dirección de Prevención y
ATENCION DE EMERGENCIAS

FUENTE:

INFORMACIÓN IGAC
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ELABORO:

CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

INTERVENTORIA:

GIA CONSULTORES LTDA.

ESCALA GRAFICA EN METROS

ESCALA 1:500

DISEÑO:	FECHA:
MIGUEL JARAMILLO	08-SEPT-03
DIBUJO:	FECHA:
MAURICIO A. GONZALEZ V.	09-SEPT-03
REVISO:	FECHA:
Ing.SERGIO DURAN	09-SEPT-03
APROBO:	FECHA:
Ing.CARLOS I. GUTIERREZ	10-SEPT-03
Vo.Interventoria:	FECHA:

Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar el Escarpe del Barrio Soratama Localidad de Usaquén.

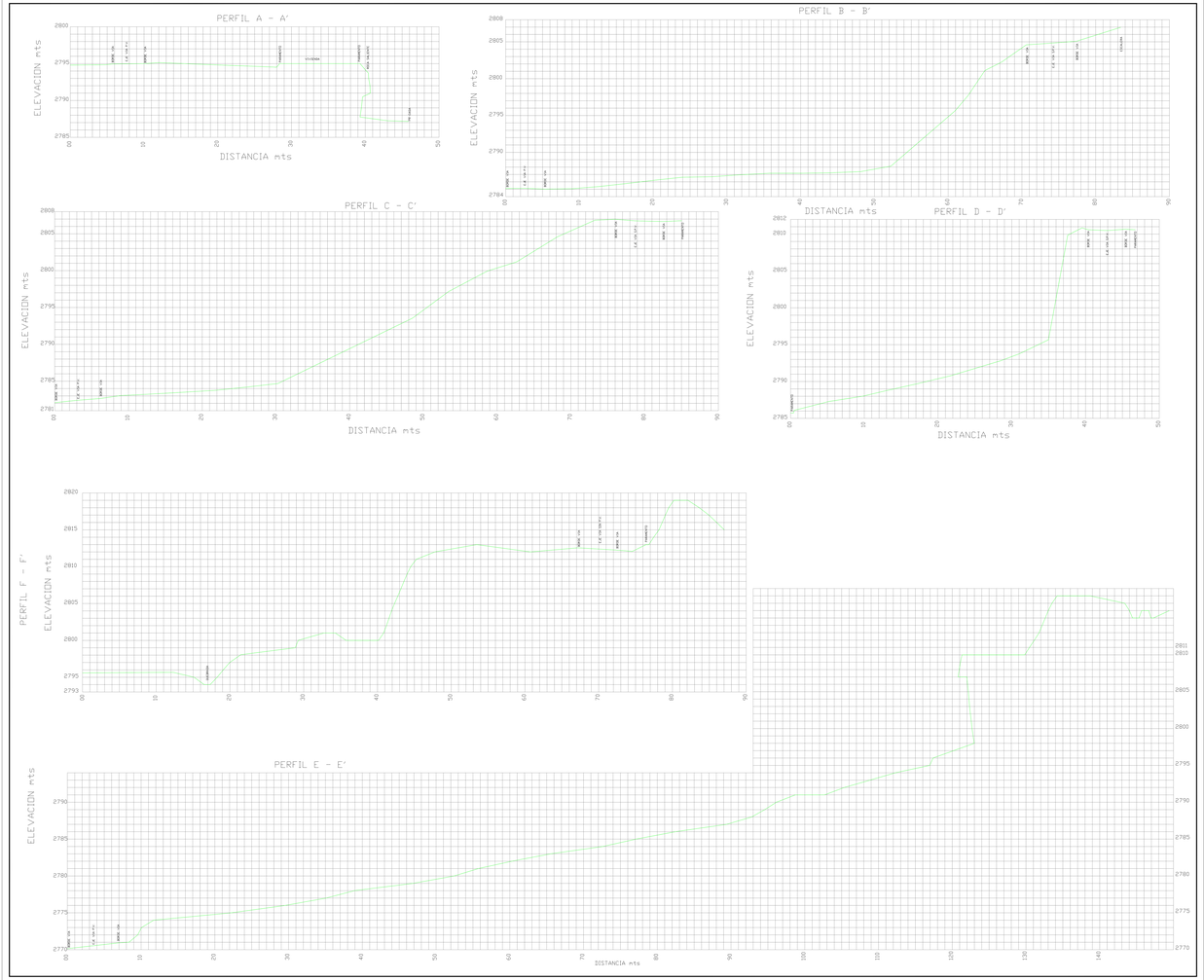
CONTRATO No.200

Contiene:

-PLANO TOPOGRÁFICO
(PLANTA)

PLANO

2



Secretaria
GOBIERNO

Dirección de Prevención y
ATENCION DE EMERGENCIAS

FUENTE:

PLANO TOPOGRÁFICO
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

ELABORO:

CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

INTERVENTORIA:

GIA CONSULTORES LTDA.

ESCALA 1:200

DISEÑO:	FECHA:
MIGUEL JARAMILLO	20-SEPT-03
DIBUJO:	FECHA:
MAURICIO A. GONZALEZ V.	20-SEPT-03
REVISO:	FECHA:
Ing.SERGIO DURAN	20-SEPT-03
APROBO:	FECHA:
Ing.CARLOS I. GUTIERREZ	22-SEPT-03
Vo.Interventoria:	FECHA:

Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar el Escarpe del Barrio Soratama Localidad de Usaquén.

CONTRATO No.200

Contiene:

PERFILES TOPOGRAFICOS

PLANO

3



CUADRO DE CONVENCIONES TOPOGRAFICAS

- Punto cambio - delta.
- Cuneta.
- Quebrada.
- Curva de nivel.
- Paramento manzana.
- Bloque
- Número del Lote
- Pozo alcantarillado.
- Poste energía.
- Poste teléfono.
- Cerca
- Mojón
- Secciones
- Número de Manzana

LEYENDA

LITOLOGIAS

-Rellenos antrópicos

Qbl. Depósito de grandes bloques de arenisca, algunos rodeados de tierra y escombros.Los bloques son friables.

Qrt. Relleno conformado por tierra y escombros de construcción.

Qr. Relleno conformado por basura, arena tierra; material parcialmente saturados.

-Rocas

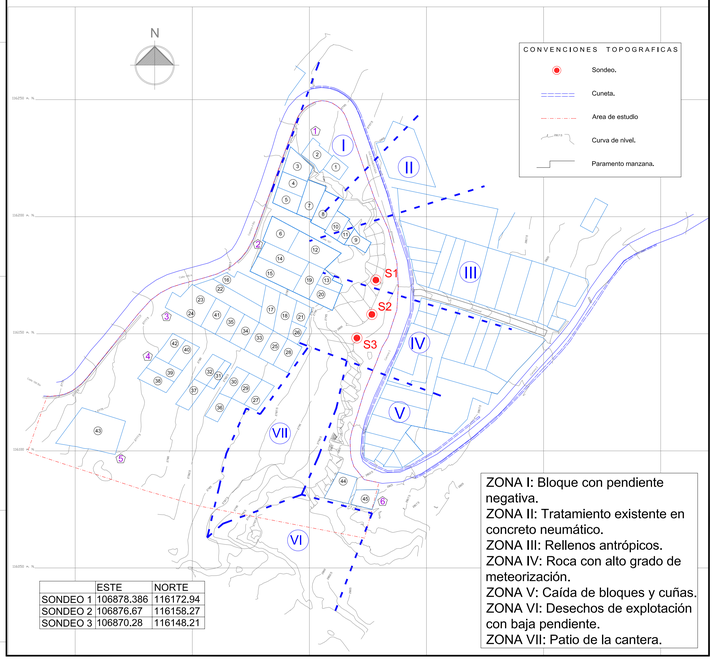
Ksgtm. Formación Arenisca Tierna. Areniscas cuarzosas, cemento arcilloso; estratificación gruesa; color terra cota a amarillo rojizo. Grado de meteorización III (Dearman), material completamente friable.

Ksgt. Formación Arenisca Tierna. Areniscas cuarzosas de grano fino a medio, estratificación gruesa a media; color amarillo claro a gris claro. Hay algunas capas delgadas de arcillolita caolinítica.

CONVENCIONES

- Contacto litológico.
- Orientación y buzamiento de estratos.
- Orientación y buzamiento de diaclasas.
- Traza falla geológica de rumbo.
- Traza falla geológica normal.
- Grietas abiertas en roca.
- Manifestación de agua subsuperficial.

ZONAS DE ANÁLISIS GEOTÉCNICO Y LOCALIZACIÓN DE EXPLORACIONES ESC.1:1000



	ESTE	NORTE
SONDEO 1	106878.386	116172.94
SONDEO 2	106876.67	116158.27
SONDEO 3	106870.28	116148.21

ZONA I: Bloque con pendiente negativa.
ZONA II: Tratamiento existente en concreto neumático.
ZONA III: Rellenos antrópicos.
ZONA IV: Roca con alto grado de meteorización.
ZONA V: Caída de bloques y cuñas.
ZONA VI: Desechos de explotación con baja pendiente.
ZONA VII: Patio de la cantera.

Secretaria
GOBIERNO

Dirección de Prevención y
ATENCION DE EMERGENCIAS

FUENTE:

PLANO TOPOGRÁFICO
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

ELABORO:

CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

INTERVENTORIA:

GIA CONSULTORES LTDA.

ESCALA GRAFICA EN METROS

ESCALA 1:500

DISEÑO:	FECHA:
Geol.PEDRO HERNANDEZ B.	15-OCT-03
DIBUJO:	FECHA:
MAURICIO A. GONZALEZ V.	15-OCT-03
REVISO:	FECHA:
Ing.SERGIO DURAN	15-OCT-03
APROBO:	FECHA:
Ing.CARLOS I. GUTIERREZ	15-OCT-03
Vo.Interventoria:	FECHA:

Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar el Escarpe del Barrio Soratama Localidad de Usaquén.

CONTRATO No.200

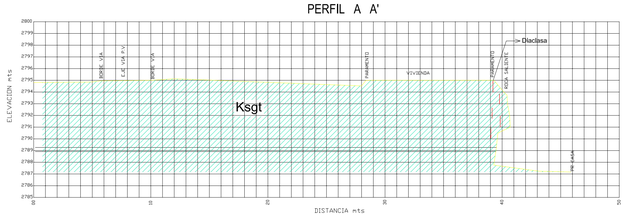
Contiene:

-MAPA GEOLÓGICO
-ZONAS DE ANÁLISIS GEOTÉCNICO Y LOCALIZACION DE EXPLORACIONES.

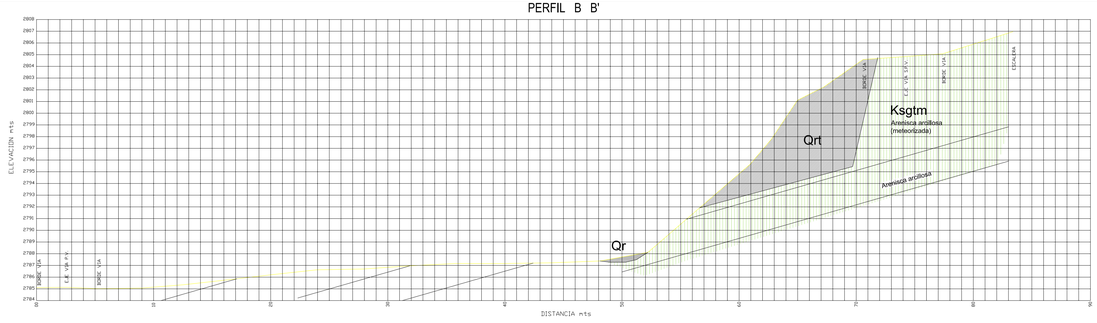
PLANO

4

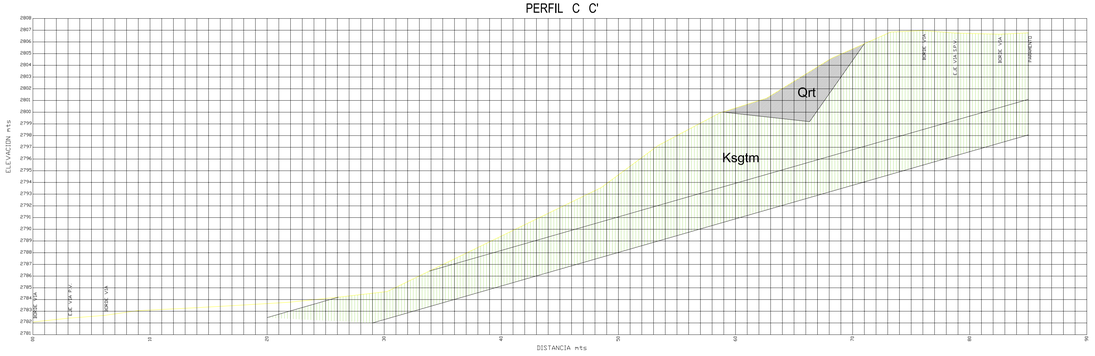
PERFIL A A'



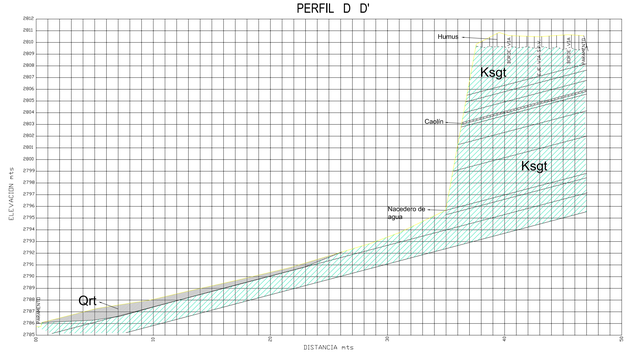
PERFIL B B'



PERFIL C C'



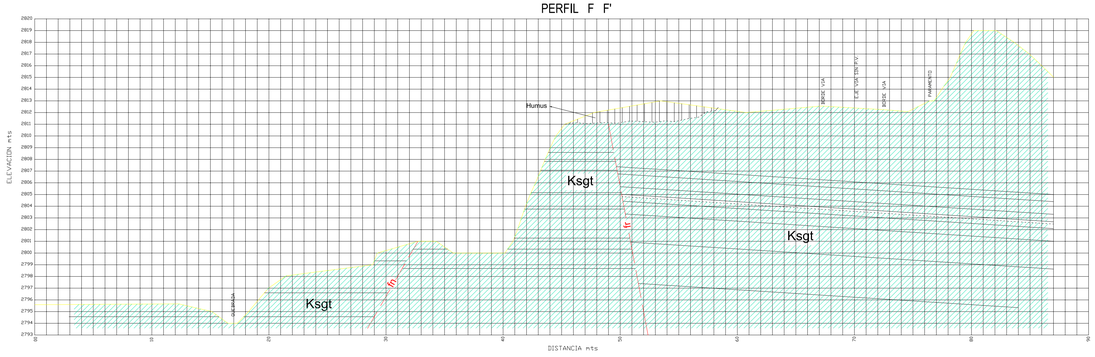
PERFIL D D'



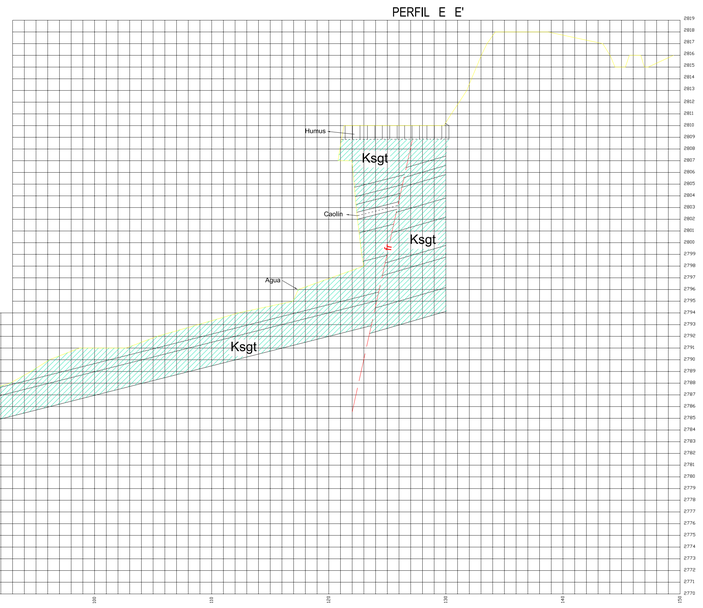
ESCALA HORIZONTAL 1:200

ESCALA VERTICAL 1:200

PERFIL F F'



PERFIL E E'



Secretaria
GOBIERNO

Dirección de Prevención y
ATENCION DE EMERGENCIAS

FUENTE:

PLANO TOPOGRÁFICO
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

ELABORO:

CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

INTERVENTORIA:

GIA CONSULTORES LTDA.

ESCALA GRAFICA EN METROS

ESCALA 1:200

DISEÑO:	FECHA:
Geol.PEDRO HERNANDEZ B.	20-SEPT-03
DIBUJO:	FECHA:
MAURICIO A. GONZALEZ V.	20-SEPT-03
REVISO:	FECHA:
Ing.SERGIO DURAN	20-SEPT-03
APROBO:	FECHA:
Ing.CARLOS I. GUTIERREZ	22-SEPT-03
Vo.Interventoria:	FECHA:

Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar el Escarpe del Barrio Soratama Localidad de Usaquén.

CONTRATO No.200

Contiene:

-PERFILES
GEOLÓGICOS

PLANO

5



CUADRO DE CONVENCIONES TOPOGRAFICAS

- Punto cambio - delta.
- Cuneta.
- Quebrada.
- Curva de nivel.
- Paramento manzana.
- Bloque
- Número de Lote
- Pozo alcantarillado.
- Poste energía.
- Poste teléfono.
- Cerca
- Mojón
- Secciones
- Número de Manzana

LEYENDA

Modelados Geomorfológicos y Unidades

-MODELADO ESTRUCTURAL.

Pe1. Pe2. Pendiente estructural.Desarrolladas sobre capas de arenisca.La inclinación oscila entre 16° y 22°.Hay dos superficies principales (Pe1 y Pe2) localmente recubiertas por rellenos sin ninguna compactación.Hay erosión laminar.

Escarpes resultantes de actividad minera, con inclinación superior a 45°. Predominan los siguentes:

Ef. Escarpe de falla.

E. Escarpes excavados sobre roca meteorizada, no se aprecia ningun control estructural sobre su geometria. Hay erosión laminar activa; en el pasado se desarrollaron procesos de erosión en carcavas de los cuales se conservan las cicatrices.

Ed_1. Escarpes excavados sobre roca levemente meteorizada. La forma que poseen esta controlada por una familia de diaclasas que facilita el proceso de volteo de bloques. La inclinación es mayor de 70° y hay zonas con talud negativo. Hay erosión laminar y surcos.

Ed_2. Escarpes excavados sobre roca levemente meteorizada. La forma actual esta controlada por otra familia de diaclasas. La inclinación es mayor de 75°. Hay taludes negativos por sobre excavación en la base. Hay erosión laminar.

Ed_2^*. Idem Ed_2 pero ya tratado con anclajes y concreto lanzado.

-MODELADO TORRENCIAL.

Ft. Flujos de tierra de origen antrópico; cubren localmente la parte media de escarpes (E).

Fd. Flujos de detritos de origen antrópico; se localizan sobre **Pe** y en la base y parte media de escarpes (Ed_1). Se destacan grandes bloques.

CONVENCIONES

- Inclinación pendiente estructutal.
- Contacto entre unidades.
- Dirección de flujo.
- Sitio de talud negativo.
- Carcava no activa.
- Area de estudio.

Secretaria
GOBIERNO

Dirección de Prevención y
ATENCION DE EMERGENCIAS

FUENTE:

PLANO TOPOGRÁFICO
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

ELABORO:

CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

INTERVENTORIA:

GIA CONSULTORES LTDA.

0 5 10 20 30 40 50
ESCALA GRAFICA EN METROS

ESCALA 1:500

DISEÑO:	FECHA:
Geol.PEDRO HERNANDEZ B.	08-SEPT-03
DIBUJO:	FECHA:
MAURICIO A. GONZALEZ V.	09-SEPT-03
REVISO:	FECHA:
Ing.SERGIO DURAN	09-SEPT-03
APROBO:	FECHA:
Ing.CARLOS I. GUTIERREZ	10-SEPT-03
Vo.Interventoria:	FECHA:

Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar el Escarpe del Barrio Soratama Localidad de Usaquén.

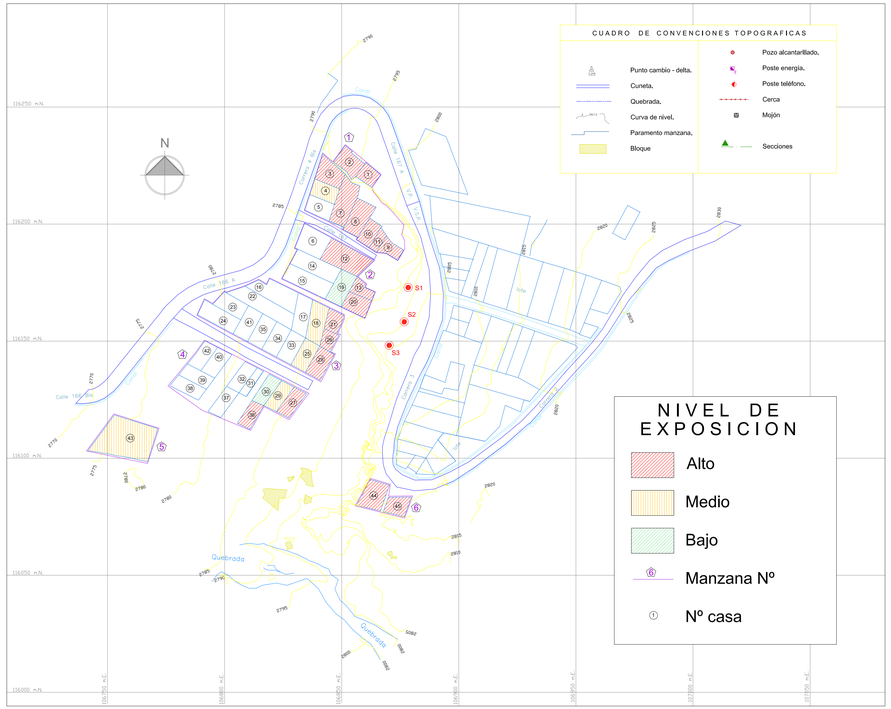
CONTRATO No.200

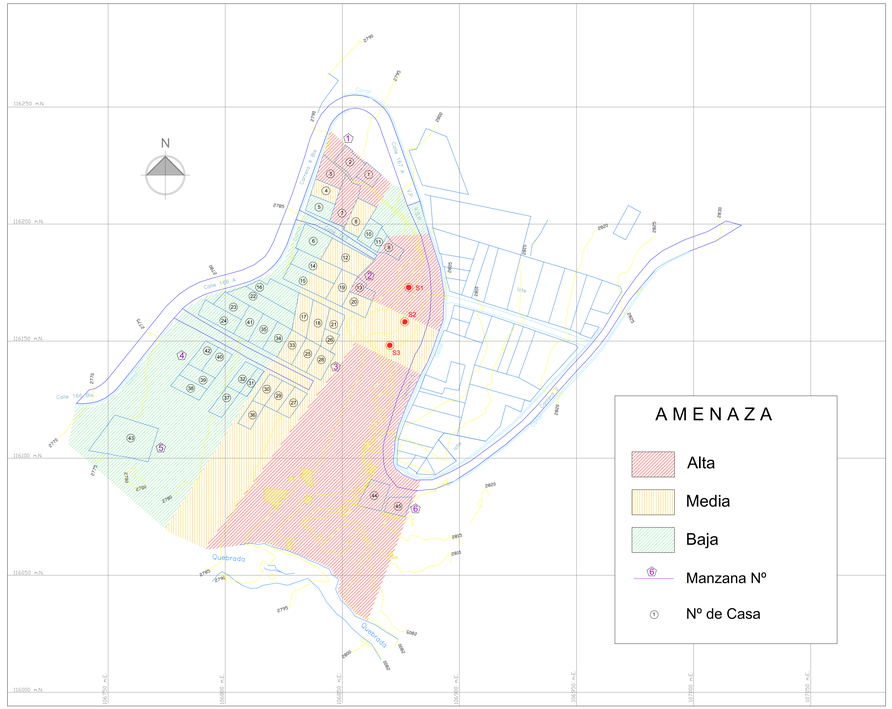
Contiene:

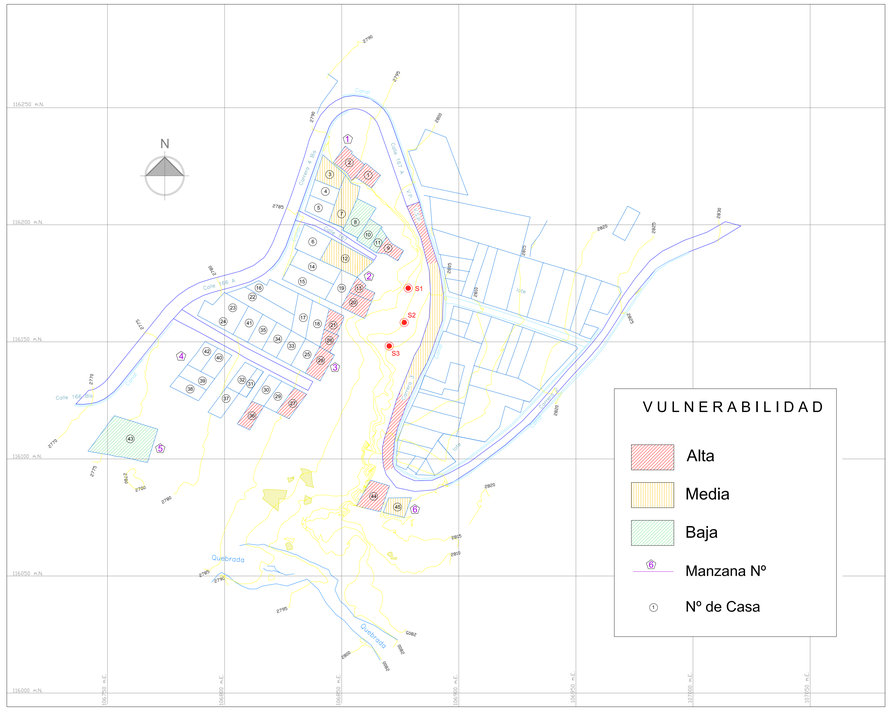
-MAPA
GEOMORFOLÓGICO

PLANO

6









Secretaria
GOBIERNO

Dirección de Prevención y
ATENCION DE EMERGENCIAS

FUENTE:

INFORMACIÓN IGAC
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ELABORO:

CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

INTERVENTORIA:

GIA CONSULTORES LTDA.

0 5 10 20 30 40 50
ESCALA GRAFICA EN METROS

ESCALA 1:1000

DISEÑO:	FECHA:
Ing.JAVIER MILLAN	15-OCT-03
DIBUJO:	FECHA:
MAURICIO A. GONZALEZ V.	15-OCT-03
REVISO:	FECHA:
Ing.SERGIO DURAN	15-OCT-03
APROBO:	FECHA:
Ing.CARLOS I. GUTIERREZ	15-OCT-03
Vo.Interventoria:	FECHA:

Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar el Escarpe del Barrio Soratama Localidad de Usaquén.

CONTRATO No.200

Contiene:

-PLANO DE RIESGOS
-PLANO DE VULNERABILIDAD
-PLANO DE AMENAZA
-PLANO DE NIVEL DE EXPOSICIÓN

PLANO

7