TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 1-1
2 DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL 2-1
3 ESTUDIO GEOLÓGICO 3-1
4 ESTUDIO GEOTÉCNICO 4-1
4.1 Exploración de campo 4-1
4.2 Ensayos de laboratorio 4-1
4.3 Caracterización geotécnica 4-2
4.4 Análisis geotécnico 4-4
5 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 5-1
6 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD 6-1
6.1 Vulnerabilidad Física 6-1
6.2 Inventario de Viviendas 6-1
7 EVALUACIÓN DEL RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 7-1
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 8-1
9 OBRAS DE MITIGACIÓN 9-1
9.1 Tipo de obras 9-1
9.2 Procedimiento constructivo 9-3
10 PRESUPUESTO DE OBRAS 10-1
11 LIMITACIONES 11-1
12 BIBLIOGRAFÍA 12-1

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 Registro Fotográfico
ANEXO 2 Resúmenes Gráficos
ANEXO 3 Resultados Encuestas Socioeconómicas
ANEXO 4 Cantidades De Obra y Presupuesto - Cronograma De Obra
ANEXO 5 Especificaciones de Construcción
ANEXO 6 Memoria de cálculo diseño de muro de contención

LISTA DE PLANOS

PLANO 1 Topografía y localización de la exploración
PLANO 2 Geología del área de estudio
PLANO 3 Secciones de análisis
PLANO 4 Amenaza actual
PLANO 4A Amenaza con obras
PLANO 5 Vulnerabilidad
PLANO 6 Riesgo
PLANO 7 Planta de obras
PLANO 8 Obras y viviendas a relocalizar
PLANO 9 Detalles constructivos
PLANO 10 Diseño Estructural muro en concreto

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS NUEVAS Y DISEÑOS PARA EL MANTENIMIENTO DE OBRAS EXISTENTES , PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE SUBA, USAQUÉN, CIUDAD BOLÍVAR Y USME DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, D.C.

SITIO 4 – BARRIO JUAN JOSE RONDON – LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR

1 INTRODUCCIÓN

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE a través de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito - DPAE suscribió el Contrato de Consultoría No. 648 de 2005 con el CONSORCIO IGR, conformado por EDGAR EDUARDO RODRÍGUEZ GRANADOS e INGENIERÍA Y GEORIESGOS LTDA, la ejecución del estudio "Elaboración de diseños de obras nuevas y diseños para el mantenimiento de obras existentes, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios críticos de riesgo inminente por remoción en masa en las Localidades de Suba, Usaquén, Ciudad Bolívar y Usme de la Ciudad de Bogotá, D.C."

El presente informe corresponde al Sitio 4 – ubicado en el barrio Juan José Rondón de la Localidad de Ciudad Bolivar, donde se ha presentado la falla de un relleno en la parte inferior de la vía peatonal de la calle 69 C Bis A Sur. El ancho del deslizamiento es de aproximadamente 25 m, la altura del escarpe es de 2.0 m, y su longitud es de 19m, aunque la longitud de la masa deslizada es de 13 m. Este movimiento afectó las tuberías del acueducto y alcantarillado, al igual que la cunetas de la mencionada vía. En el Anexo 1 se muestran fotografías tomadas en el sitio de la emergencia.

El objetivo general del estudio es realizar la evaluación de alternativas de mitigación del riesgo y la realización de los diseños detallados de las medidas recomendadas para el sector afectado, orientadas a reducir el nivel de riesgo. Para este fin se utilizó como insumo toda la información topográfica, levantamiento geológico y geomorfológico, exploración del subsuelo e inventario de viviendas, al igual que un Informe previo realizado para el Sitio por la Firma Moya y García Ltda[1]. Adicionalmente se requirió el desarrollo de las siguientes actividades para complementar la información secundaria:

- Levantamiento topográfico detallado de la zona de estudio a escala 1:500, con curvas de nivel cada 0.50 m.
- Exploración del subsuelo por medio de métodos directos (perforaciones, apiques, y trincheras) y la ejecución de ensayos de laboratorio que permitan determinar los niveles, calidad y tipo de suelo existente y elaborar el perfil geotécnico y geológico de la zona, así como la caracterización geomecánica de los materiales.

Como productos a entregar con el presente informe se cuenta con:

- Inventario y cartografía de variables como: geología e inventario de viviendas.
- Análisis de estabilidad de taludes por fenómenos de remoción en masa.

[1] *Moya y García Ltda. (2004). Elaboración de diseños detallados de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios críticos de riesgo inminente por remoción en masa en los barrios Juan José Rondón y el Triunfo en la cuenca de la Quebrada de Limas, de la localidad de Ciudad Bolívar, en la ciudad de Bogotá, D.C.*

- Planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
- Determinación y evaluación de alternativas de reducción del riesgo en la zona.
- Diseño detallado de obras
- Presupuesto
- Especificaciones de construcción

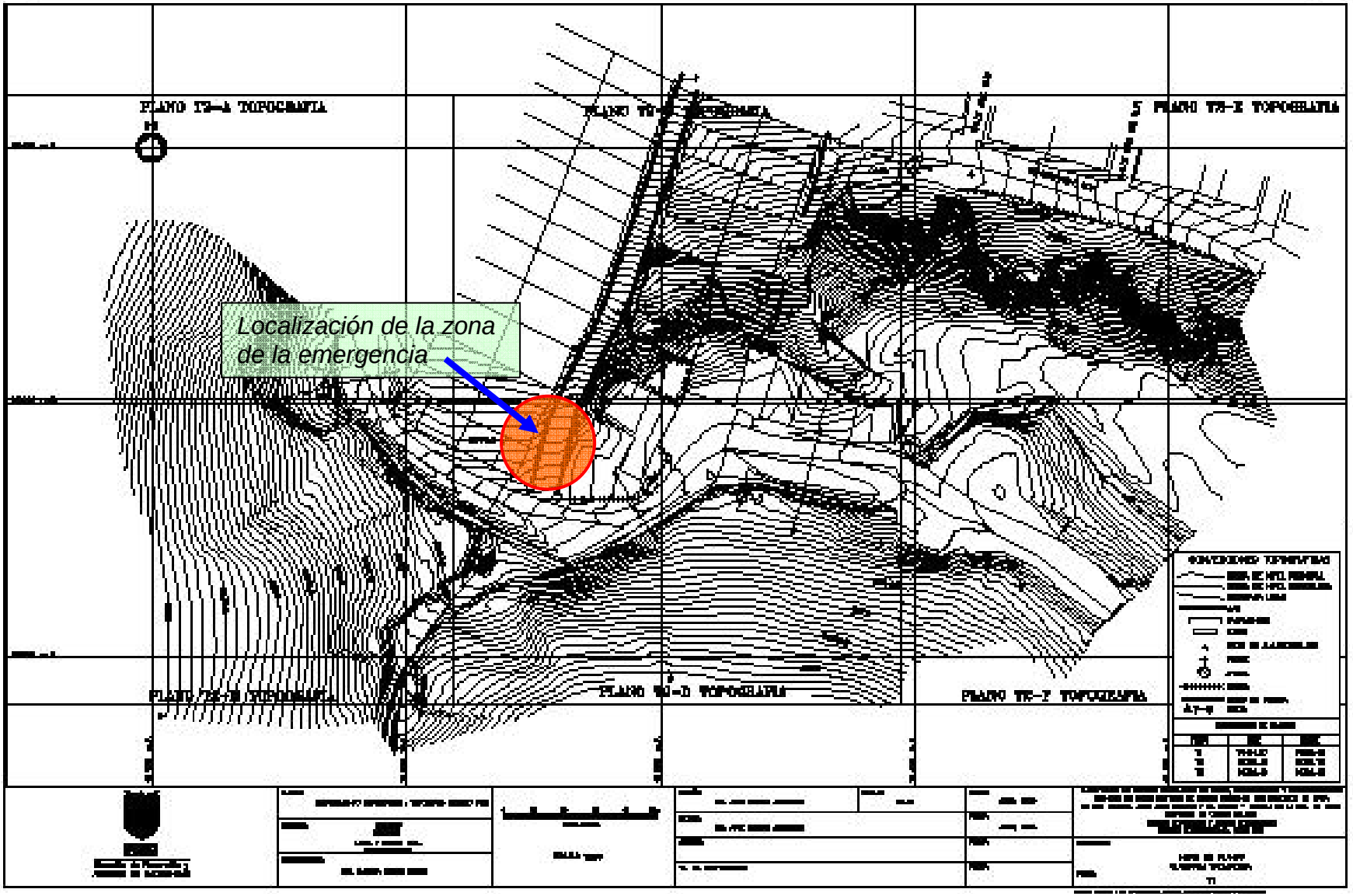


Figura 1-1 Localización de la zona de estudio – barrio Juan José Rondón. Base topográfica tomada de MGL (2004)

2 DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL

Antecedentes

El área de estudio se encuentra localizada sobre antiguas zonas de explotación de materiales, particularmente, areniscas de la Formación Guaduas. Después del abandono de la actividad minera, se emplazaron asentamientos para lo cual los primeros moradores efectuaron cortes y rellenos con el objeto de nivelar los sistemas de cimentación y vías de acceso. En la calle 69C Bis A sur, entre trasversales 20C y 20F, se conformó un relleno para la vía, sobre suelo residual de arenisca.
Debido a la temporada de lluvias ocurrida entre Mayo y Julio de 2006, la interfaz de contacto relleno-suelo residual se humedeció y como consecuencia de ello perdió su resistencia por ablandamiento. A continuación se desarrollaron de manera progresiva grietas sobre la vía, que gradualmente se conectaron para dar lugar al escarpe del deslizamiento actual.
Los movimientos iniciales de la masa deslizada provocaron el desempate de las tuberías de acueducto y alcantarillado, lo cual permitió la saturación de la masa de suelo y su desplazamiento a lo largo de una superficie de falla planas.
El deslizamiento afectó la vía peatonal, un pozo de aguas tipo combinado y la cuneta del flanco izquierdo.
La cuneta del costado derecho de la vía se sostiene, pero se encuentra sin soporte inferior, debido a que parte del terreno movilizado está por debajo de ésta.

En la parte baja se localiza una vivienda identificada como calle 69 Bis A sur # 20C-19, en cuyo muro occidental reposan parte de los materiales del deslizamiento. A la fecha de elaboración de este documento los habitantes de dicha casa, habían abandonado la vivienda. Esta casa ya fue reubicada por el DPAE.

Calidad de la construcción

Las construcciones típicas en el área de estudio, poseen entre 1 y 3 pisos, conformadas por muros de mampostería no confinada (ladrillos y bloques). Estas construcciones han sido ampliadas con el paso de los años, existiendo de esta forma diferencias entre zonas de una edificación, por variaciones en el sistema constructivo de las ampliaciones. En general, los habitantes manifiestan haber construido hace mas de 25 años, razón por la cual estás viviendas no cumplen con los requisitos mínimos de sismoresistencia.

Redes

Por el área de estudio cruzan redes de alcantarillado combinado, que para el caso de la zona afectada, se encuentran en tubería de PVC. También se encuentran tuberías de acueducto, así como mangueras de gas.

3 ESTUDIO GEOLÓGICO

A continuación se presentan los resultados del levantamiento geológico, realizado el día 12 de julio de 2006.

El sitio de interés se localiza en la vertiente occidental del valle del río Tunjuelo, inmediatamente antes de entrar en la Sabana de Bogotá.

La vertiente está conformada por una serie de cerros hasta de unos 150 m de altura, con cimas moderadamente onduladas o redondeadas. El principal drenaje natural lo establece la quebrada Trompetita, afluente de la quebrada De Limas, hacia aguas abajo. Esta quebrada corresponde básicamente a un canal de 2do orden de acuerdo con la clasificación de Horton (Suarez, 2002), de valle angosto delimitado por laderas rocosas principalmente. El canal es de unos 2 m de ancho y 1.5 m de profundidad, invadido con pasto, detritos y basura antrópica reciente.

El barrio, y en particular el sitio afectado por la inestabilidad, se localiza a unos 400 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada De Limas. En este trayecto se observa que la ladera izquierda fue laboreada de manera intensa para la extracción de materiales de construcción. El resultado es la presencia de un talud en roca de hasta unos 50 m de altura, con frecuentes desarrollos de zanjones que lo intersectan transversalmente Por la margen derecha, a la cota del canal natural se localiza el acceso vehicular, y allí no se observan labores mineras recientes. Existen labores mineras activas por encima, a unos 80 m de altura.

El barrio se establece en la margen izquierda, por detrás del talud de corte que estableció la minería mencionada. En la parte inferior de la ladera, este talud es bastante uniforme, mientras hacia la parte superior (sitio afectado), los taludes disminuyen en altura, y además los zanjones son angostos y exponen un menor pendiente. Las construcciones o lotes aprovechados para el desarrollo urbano se localizaron hacia la cima, siempre ocupando las salientes rocosas, mientras que los zanjones intermedios fueron aprovechados para las vías peatonales principales y el emplazamiento de las tuberías de acueducto y alcantarillado.

Se aprecia que los zanjones fueron conductos naturales y antrópicos para el aporte de una serie de detritos que conformaron algunos conos de deyección locales. Sobre estos conos y hacia arriba se inicio la disposición de escombros mineros y de rellenos de construcción hasta nivelar y establecer las vías peatonales.

La inestabilidad del sitio se relaciona directamente al relleno que conformó la mencionada vía peatonal, y en especial hacia la parte inferior donde este pierde el confinamiento lateral. Como factores contribuyentes y detonantes cabe mencionar, las lluvias presentadas entre mayo y junio de 2006, la fuga de agua de la tubería principal de distribución del acueducto, y seguramente de agua infiltrada dentro del relleno por fugas o de manera natural desde la parte alta.

No parece que exista relación o incidencia determinante del macizo rocoso hacia la inestabilidad del sitio. En ningún sitio vecino se observa que la roca presente manantiales o sitios de humedad manifiesta.

En el Plano 2 se presenta la zonificación geológica para el área de estudio.

4 ESTUDIO GEOTÉCNICO

4.1 Exploración de campo

La exploración de campo consistió en la ejecución de 4 sondeos, 2 mecánicos (sondeos No, 1 y 2) y 2 manuales (sondeos No. 3 y 4), y 1 Trinchera, distribuidos en el sitio del deslizamiento y en el área aledaña. En el Plano 1 se muestra la ubicación de la exploración.

Los sondeos 1 y 2 fueron realizados hasta una profundidad de 10.0 m, y los sondeos 3 y 4 se ejecutaron hasta 2.0 m. Durante las perforaciones se llevó a cabo el ensayo de penetración estándar (SPT), la recuperación de muestras en tubo de cuchara partida, recuperación de núcleos y muestras en bloque, para los ensayos de clasificación, resistencia y deformabilidad de los materiales muestreados.

La Trinchera 1 se efectuó con el ánimo de verificar las condiciones de cimentación sobre las que están las viviendas, ya que parte del material deslizado, dejó a la vista las bases de las casas.

Los perfiles estratigráficos se muestran en los registros gráficos del Anexo 2, y en el Plano 3 se presentan las secciones geotécnicas de análisis.

4.2 Ensayos de laboratorio

A partir de las muestras obtenidas de la exploración de campo, se programó una serie de ensayos de laboratorio con el fin de obtener las propiedades índice de clasificación y los parámetros de resistencia de los materiales existentes. Los ensayos realizados consistieron en humedad natural, límites de consistencia, peso unitario, granulometría, resistencia a la compresión simple, y cortes directo en suelo. En la Tabla 4-1 se presenta el número de ensayos realizados.

Tabla 4-1 Cantidad de ensayos de laboratorios ejecutados

Prueba de laboratorio	No. de ensayos
Humedad natural	14
Límites de consistencia	14
Peso unitario	3
Granulometría	2
Resistencia a la compresión simple	1
Cortes directos en suelo	1
Compresión en roca	1

Los resultados de los ensayos de laboratorio se resumen en la Tabla 4-2.

4.3 Caracterización geotécnica

Con base en la evaluación geológica, la exploración del subsuelo y los resultados de los ensayos de laboratorio en el área de estudio se identificaron en 3 materiales de acuerdo con su comportamiento geomecánico:

Material 1: Relleno antrópico: relleno areno-limoso con presencia de escombros de construcción de características heterométricas, de color amarillo, humedad media y compacidad suelta a media. Este material sirvió para la conformación de la calle 69C Bis A sur, y de algunas terrazas para la instalación de viviendas.

- Contenido de humedad natural: Wn = 16.0%.
- Número de golpes ensayo SPT: 5 – 10 golpes/pie
- Peso unitario: 1.8 ton/m³
- Ángulo de fricción: ϕ= 26.5º

Material 2: Suelo residual de arenisca, en matriz arcillosa conformado por bloques y fragmentos tamaño grava la matriz es de color habana grisácea, de humedad media. El depósito es de compacidad media a compacta. En este material se asentaron las viviendas aledañas, lo cual se detectó a través de la ejecución de la trinchera 1, ejecutada en el frente de la vivienda identificada como calle 69C Bis A sur Nº 20C- 29. Sus propiedades son las siguientes:

- Contenido de humedad natural: Wn = 10 – 15 %.
- Peso unitario total: γt =2.0 ton/m³.
- Número de golpes ensayo SPT: 20 – 30 golpes/pie
- Resistencia al corte no drenada Cu = 11.2 ton/m².
- Ángulo de fricción: ϕ= 36.7°

Resultados ensayo de corte directo
Cohesión: 0.6 ton/m²
Angulo de fricción: 21.3°

Material 3: Arenisca gris con trazas habanas, presencia de intercalaciones de arcillolita y oxidaciones, de humedad media y compacidad compacta. Este material se identificó en el escarpe de falla del deslizamiento y en el costado oriental del área de estudio. Sus propiedades geomecánicas son las siguientes:

- Contenido de humedad natural: Wn = 15 %.
- Peso unitario total: γt = 2.1 ton/m³
- Número de golpes ensayo SPT: 30 - >45 golpes/pie

Resultados ensayo de corte directo
- Cohesión: c` = 1.1 ton/m².
- Ángulo de fricción: ϕ= 30.1º

En la Tabla 4-2 se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio.

Tabla 4-2 Resultados de pruebas de laboratorio

Nomenclatura	Muestra				USCS	w_n (%)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ_t (Ton/m³)	γ_d (Ton/m³)	Corte Directo Tipo consolidado drenado (CD)				Compresión Inconfinada	
	No.	de	a	Prof. Media (m)											ϕ Wn (º)	C. Wn (Ton/m²)	ϕ Sat. (º)	C. Sat. (Ton/m²)	q_u (Ton/m²)	E_{50} (Ton/m²)
S-1	1	1.00	1.50	1.25		14.9														
S-1	2	2.00	2.15	2.08	CH	13.6				61	26	35								
S-1	4	2.60	3.10	2.85		15.4														
S-1	6	3.70	4.20	3.95		14.3	13	25	62				2.065	1.807						
S-1	7	4.20	5.20	4.70	CL	6.3	68			44	20	24								
S-1	8	5.20	5.70	5.45		18.7														
S-1	10	7.00	7.50	7.25		17.2														
S-1	12	8.50	8.80	8.65	CH	12.4				55	20	35								
S-2	2	1.00	1.50	1.25		12.5														
S-2	3	1.50	2.50	2.00	CL	7.8				38	16	23								
S-2	4	2.50	3.00	2.75		15														
S-2	5	3.00	4.00	3.50	CL	15.8				42	16	26	2.123	1.833			21.3	0.6		
S-2	6	4.00	4.15	4.08		8.9	7.3	17	75											
S-2	7	4.20	5.00	4.60		1.2							2.171	2.146						
S-2	8	5.00	5.50	5.25		17.7														
S-2	11	7.00	7.60	7.30									2.107				30.1	1.1		
S-2	12	7.60	9.00	8.30		4.5							2.078	1.989						
S-2	13	9.00	10.00	9.50	CL	5				42	18	24								
S-3	1	1.30	1.75	1.53	CL	12.8				37	17	20								
S-4	2	1.75	1.90	1.83	CL	8.2				48	17	31								
TR-1	2	1.00	1.30	1.15	CL	15				43	19	25							22.4	610

- **USCS:** Clasificación del material, según el Sistema de clasificación unificado
- **W_n:** Contenido de humedad.
- **LL:** Límite líquido
- **LP:** Límite plástico
- **IP:** Índice de plasticidad
- **LC:** Límite de contracción
- **Gs:** Gravedad específica
- **γ_T :** Peso unitario total.
- **γ_d:** Peso unitario seco.

F (%) Porcentaje de finos
A (%) Porcentaje de arenas
G (%) Porcentaje de gravas

- **q_u:** Resistencia a la compresión uniaxial
- **E_{50}:** Módulo de deformación

4.4 Análisis geotécnico

A partir de la corrección de los valores de SPT y los resultados del los ensayos de corte directo, se determinaron los parámetros con los cuales se ejecutaron los analisis de estabilidad sobre las secciones A-A, B-B, C-C y F-F, considerando en primer lugar que la falla del terreno se presento en el contacto entre el relleno heterogéneo y el suelo residual.

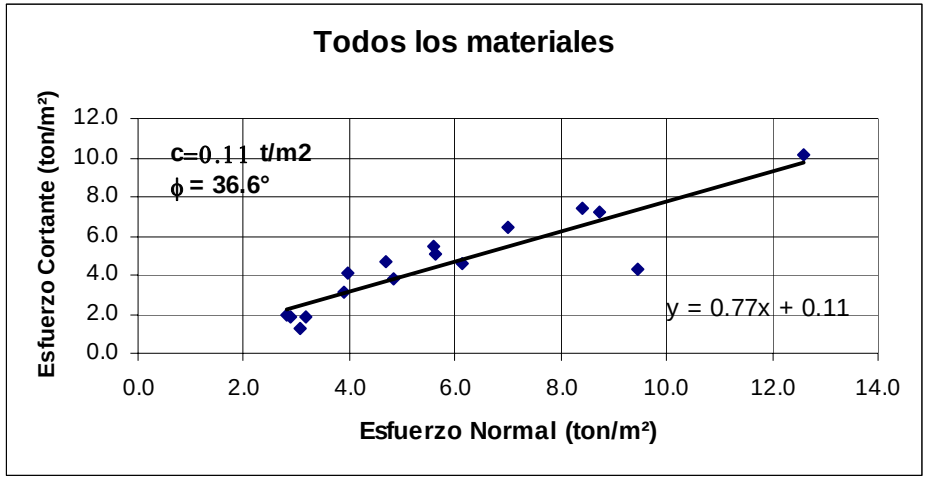
En la Tabla 4-3 se muestran los valores normalizados del ensayo de SPT.

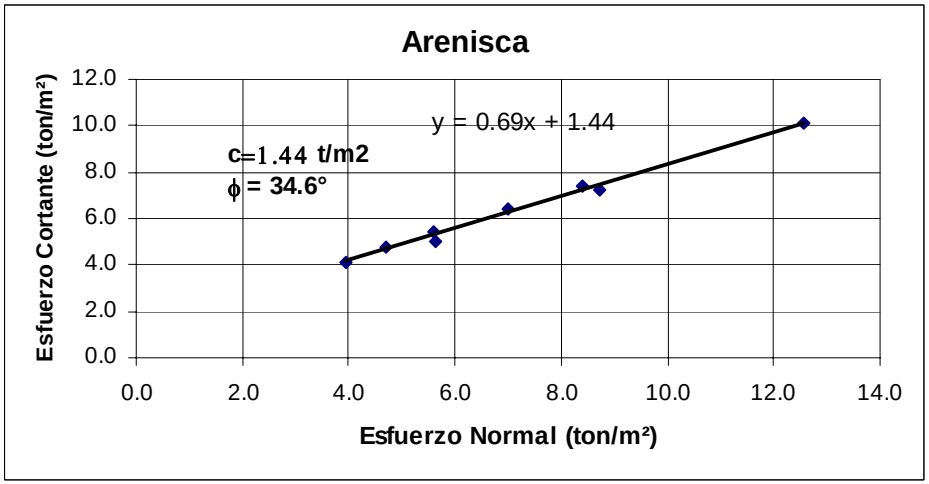
Con el fin de determinar los parámetros de análisis, se construyeron graficas que muestran la variación de la cohesión con la tangente del ángulo de fricción, para comparar tanto los resultados obtenidos por la correlación con el ensayo de SPT y el los valores de los ensayos de corte directo, y a partir de ello calibrar los parámetros empleados en los análisis de estabilidad.

En la Figura 4-2, se observa como el comportamiento de los ensayos de corte directo reporta valores de ángulos de fricción inferiores a los reportados por la correlación con SPT, esto en primer lugar para la muestra de arenisca, da evidencia de una ligera meteorización de la roca, ya que el ensayo fue efectuado en condición inundada, sobre un superficie de discontinuidad, con lo cual se registro fue el ángulo de fricción residual del material, condición en la cual no se encuentra el material en la actualidad, por lo tanto se descartaron estos valores para ser empleados en los análisis de estabilidad respectivos.

Tabla 4-3 Normalización ensayo de SPT

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)			golpes/pie			N_{45}	NF	γ	σ_v (Ton/m²)	σ_v' (Ton/m²)	Rs	Seed-Idriss	C_N (prom)	η_1		Ncorr		$\phi_{equivalente}$	
		de	a	media	1	2	3									USA	Japón	USA	Japón	Kishida	Prom
S1	M1	1.00	1.50	1.250	1	2	1	3	2.2	1.70	2.13	3.08	0.31	1.722	1.722	0.75	0.63	3.8748	3.229	23.04	23
S1	M2	2.00	2.15	2.075	40	50	50	50	2.2	**2.20**	4.57	4.69	0.47	1.464	1.464	0.75	0.63	54.887	45.739	45.25	45
S1	M4	2.60	3.10	2.850	5	3	40	43	2.2	**2.20**	6.27	5.62	0.56	1.353	1.353	0.75	0.63	43.63	36.358	41.97	42
S1	M6	3.70	4.20	3.950	4	10	19	29	2.2	2.00	7.90	6.15	0.62	1.298	1.298	0.75	0.63	28.225	23.521	36.69	37
S1	M8	5.20	5.70	5.450	14	18	27	45	2.2	**2.20**	11.99	8.74	0.87	1.082	1.082	0.75	0.63	36.533	30.444	39.68	40
S1	M10	7.00	7.50	7.250	5	3	4	7	2.2	2.00	14.50	9.45	0.95	1.035	1.035	0.75	0.63	5.4319	4.5266	24.51	25
S1	M12	8.50	8.80	8.650	25	42	50	50	2.2	**2.20**	19.03	12.58	1.26	0.908	0.908	0.75	0.63	34.061	28.384	38.83	39
s2	M2	1.60	1.50	1.550	2	7	3	10	2.1	1.70	2.64	3.19	0.32	1.701	1.701	0.75	0.63	12.755	10.629	29.58	30
S2	M4	2.50	3.00	2.750	4	12	17	29	2.1	**2.00**	5.50	4.85	0.49	1.443	1.443	0.75	0.63	31.388	26.156	37.87	38
S2	M6	4.00	4.15	4.075		40	50	50	2.1	2.20	8.97	6.99	0.70	1.219	1.219	0.75	0.63	45.723	38.103	42.61	43
S2	M8	5.00	5.50	5.250	27	30	40	50	2.1	2.20	11.55	8.40	0.84	1.107	1.107	0.75	0.63	41.504	34.586	41.30	41
S3	M1	1.20	1.70	1.450	2	5	8	13	n.e.	2.00	2.90	2.90	0.29	1.758	1.758	0.75	0.63	17.141	14.284	31.90	32
S3	M2	1.70	2.20	1.950	16	14	14	28	n.e.	**2.00**	3.90	3.90	0.39	1.577	1.577	0.75	0.63	33.109	27.59	38.49	38
S3	M3	2.40	2.70	2.550	18	23	30	50	n.e.	**2.20**	5.61	5.61	0.56	1.354	1.354	0.75	0.63	50.774	42.311	44.09	44
S4	M1	1.20	1.60	1.400	6	7	10	17	n.e.	2.00	2.80	2.80	0.28	1.780	1.780	0.75	0.63	22.689	18.907	34.45	34
S4	M2	1.70	1.90	1.800	18	50	50	50	n.e.	**2.20**	3.96	3.96	0.40	1.567	1.567	0.75	0.63	58.772	48.977	46.30	46





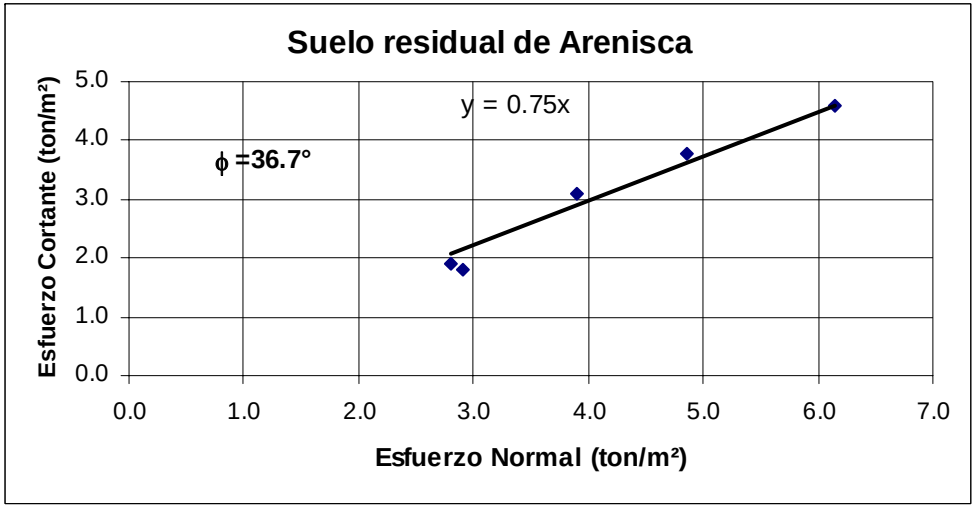


Figura 4-1 Relación entre el número de golpes del ensayo de SPT y el ángulo de fricción

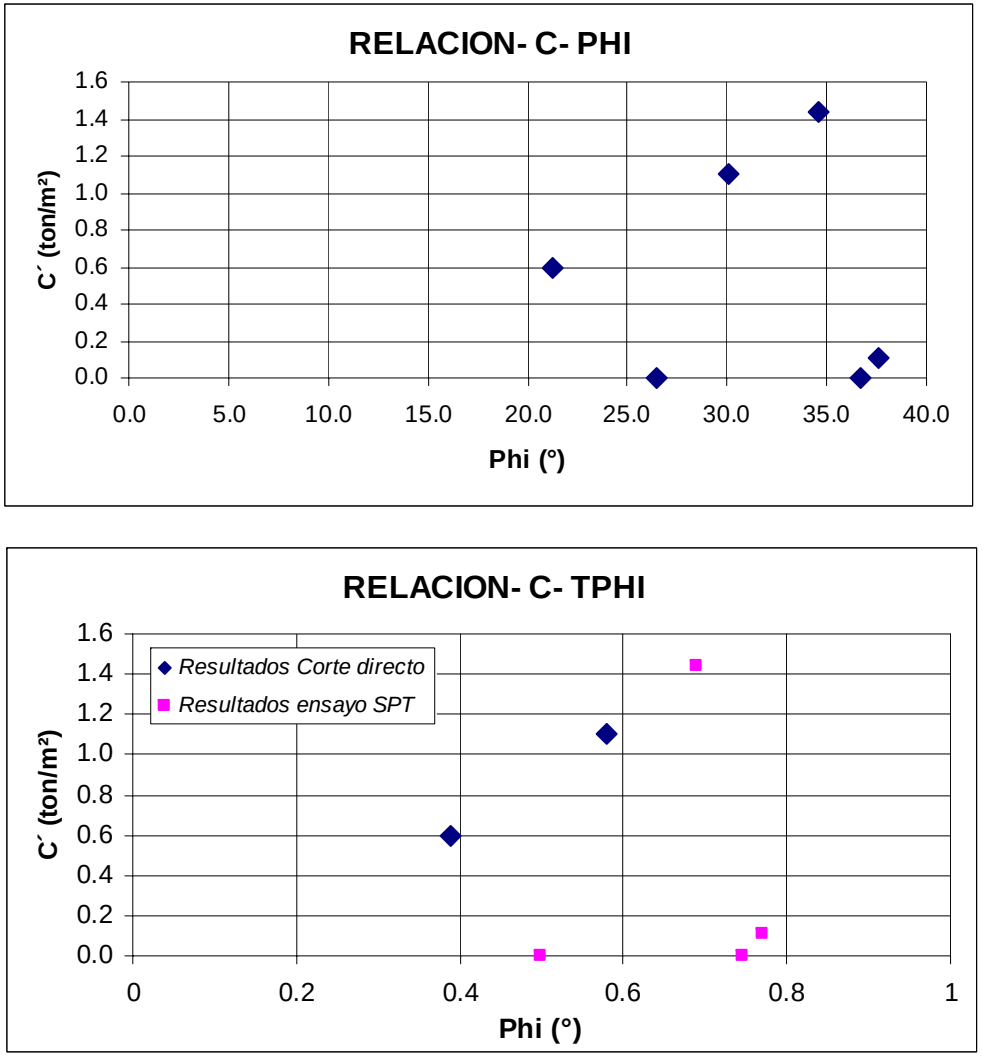


Figura 4-2 Relación entre el ángulo de fricción y la cohesión de los materiales

Los parámetros empleados en los análisis de estabilidad para todas las secciones, se muestran en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4 Parámetros geomecánicos para análisis de estabilidad.

Material	Peso unitario γ (ton/m3)	Cohesión (c') (ton/m2)	Angulo de fricción grados
Relleno areno limoso con bloques de arenisca	1.7	0.0	26.5
Suelo Residual de arenisca	2.0	0.0	36.7
Arenisca	2.2	1.4	34.6
Relleno para obra	1.9	0.1	29.0
Gaviones	1.8	10.0	35.0
Muro en concreto	2.4	200.0	45.0

- Para la alternativa de diseño del muro de contención en el sitio de la falla (sección 2), se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

Tabla 4-5. Parámetros geomecánicos de materiales de construcción.

Material	Peso unitario (ton/m³)	Cohesión c´ (ton/m²)	Ángulo de fricción (°)
Concreto	2.4	210	35
Relleno granular	1.8	1	33
Muro de contención reforzado con geotextil	1.8	2	31

5 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

La evaluación de la amenaza se realizó a partir de la evaluación de los factores de seguridad a la falla de las secciones geotécnicas A-A, B-B, C-C y F-F, presentadas en el Plano 1. Se llevaron a cabo corridas de análisis de estabilidad, para determinar las superficies de falla en los siguientes escenarios:

- Condición actual
- Excavación y retiro de los rellenos heterogéneos para la construcción de las obras.
- Construcción de obras de contención.

En las corridas se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones:

- Nivel freático
- Saturación total de los materiales
- Condición estática
- Condición seudo estática (sismos de a_{max} = 0.24g y $2/3a_{max}$ = 0.16g), para el caso de las excavaciones se considero un escenario con aceleración de a= 0.05g.

Los análisis fueron ejecutados en el programa Slide v 5.0 (Rocscience Inc., 2003), el cual permite la modelación de distintas geometrías de taludes, la incorporación de varios materiales (estratos) y la presencia de niveles freáticos; se emplearon superficies no circulares analizadas por el modelo de Bishop, a partir del cual se determinaron los factores de seguridad en las condiciones evaluadas.

En la Tabla 5-1 se muestran los factores de seguridad para las secciones de análisis, para las condiciones antes mencionadas, y en la Figura 5-1 se presentan los resultados gráficos obtenidos del programa de análisis de estabilidad.

Las condiciones de agua evaluadas en el modelo, fueron una condición normal representativa de las aguas en la ladera y que tiene en cuenta una posible falla de las tuberías de alcantarillado, y por último una condición de saturación de los materiales superficiales siendo este el caso extremo.

De lo resultados se observa que la amenaza en el área de estudio se mantiene en media debido a que los factores de seguridad se encuentran entre 1.2 y 1.9, de acuerdo con el criterio presentado en la resolución 227 de julio de 2006. Sin embargo, para una condición extrema la amenaza es alta para la zona de estudio.

En el Plano 4 se presenta la zonificación por amenaza actual para el área del proyecto, y en el plano 4A la respectiva para amenaza con obras.

Tabla 5-1 Factores de seguridad para secciones de análisis

SECCIÓN	CASO	CONDICIÓN	NIVEL FREATICO		SISMO (g)			F de S (Bishop simplificado)
			NORMAL	*SATURACIÓN*	*0.05*	*0.16*	*0.24*	
A-A	1	*ACTUAL*	X					1.02
	2		X			X		0.77
	3		X				X	0.67
	4			X				0.58
	5			X		X		0.39
	6			X			X	0.32
	7	*CONSTRUCCIÓN*						1.09
	8				X			1.01
	9			X				0.68
	10			X	X			0.61
	11	*OBRAS*						1.53
	12					X		1.16
	13						X	1.02
	14		X					1.12
	15		X			X		0.85
	16		X				X	0.74
B-B	17	*ACTUAL*	X					1.77
	18		X			X		1.15
	19		X				X	0.96
	20			X				1.30
	21			X		X		0.89
	22			X			X	0.76
	23	*CONSTRUCCIÓN*						0.77
	24				X			0.72
	25			X				0.40
	26			X	X			0.37
	27	*OBRAS*						2.03
	28					X		1.27
	29						X	1.06
	30		X					1.93
	31		X			X		1.21
	32		X				X	1.01

Rangos de valores

Factor de seguridad	
Menor que 1.0	0.90
Entre 1.0 y 1.2	1.10
Mayor que 1.2	1.60

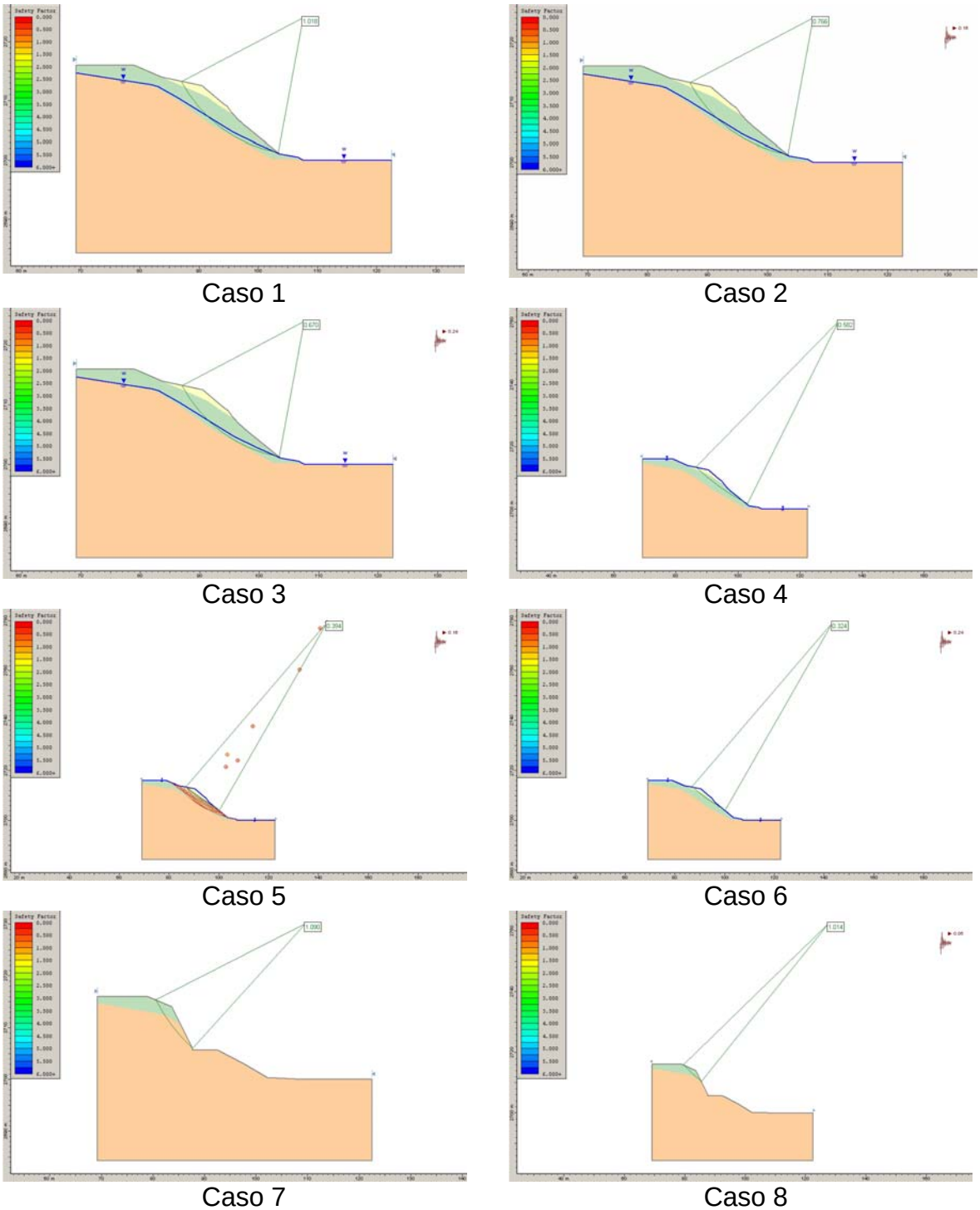
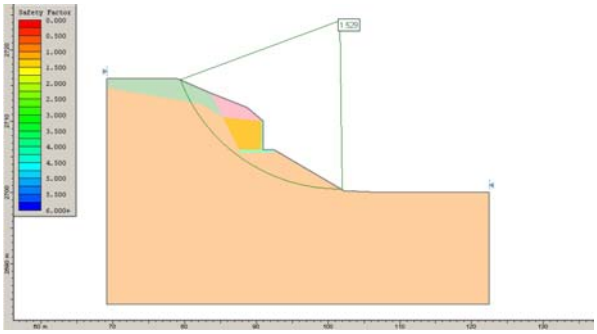
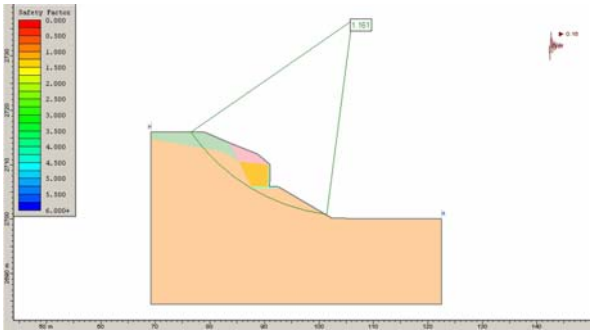


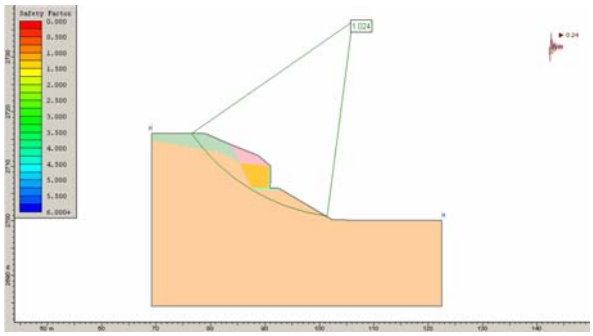
Figura 5-1 Resultados del programa de análisis de estabilidad



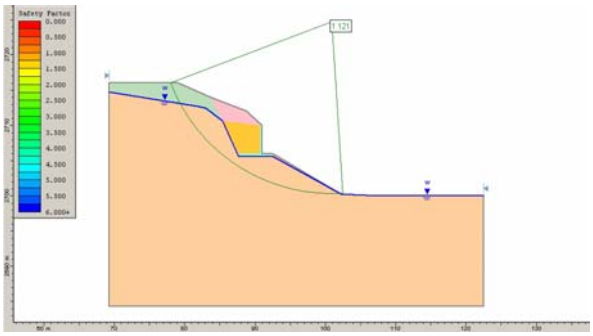
Caso 11



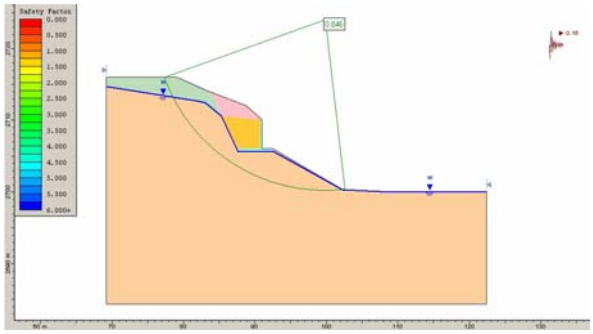
Caso 12



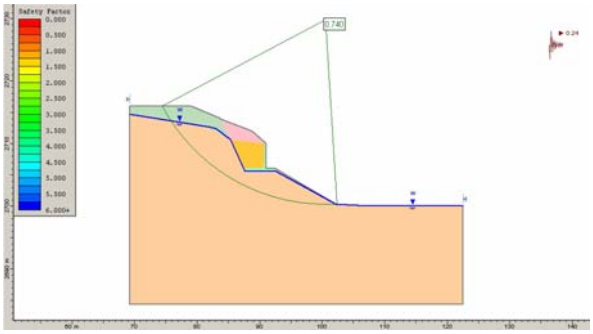
Caso 13



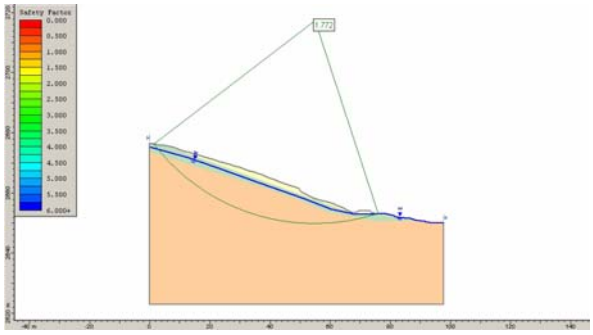
Caso 14



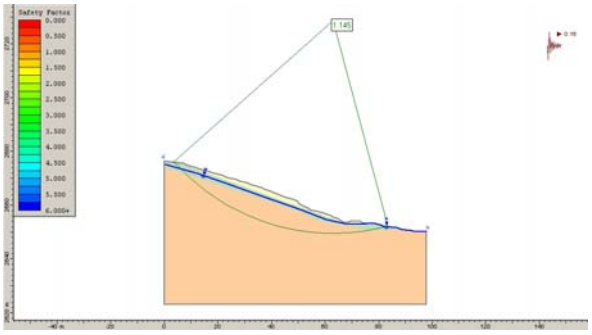
Caso 15



Caso 16



Caso 17



Caso 18

Figura 5-1 Resultados del programa de análisis de estabilidad (continuación)

Sección de análisis F-F

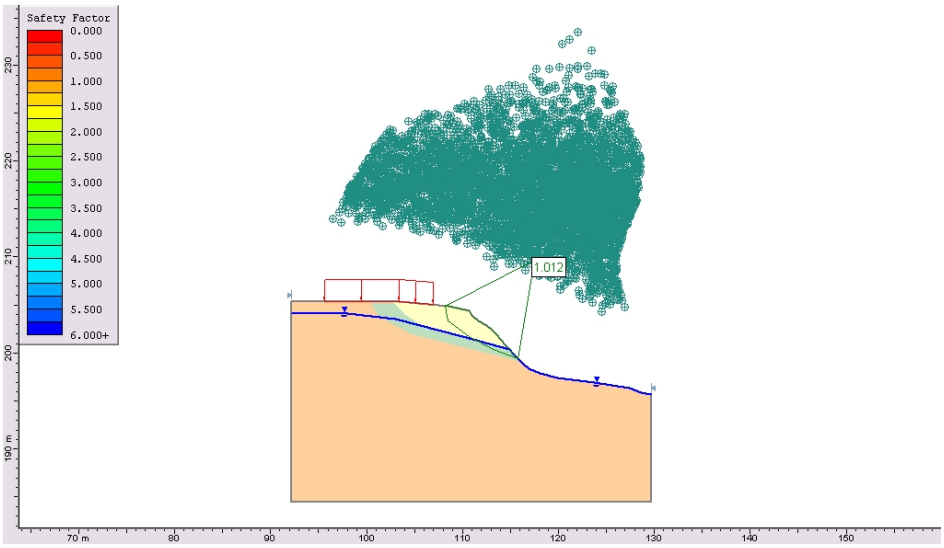


Figura 5-2 Sección F-F Retroanalisis

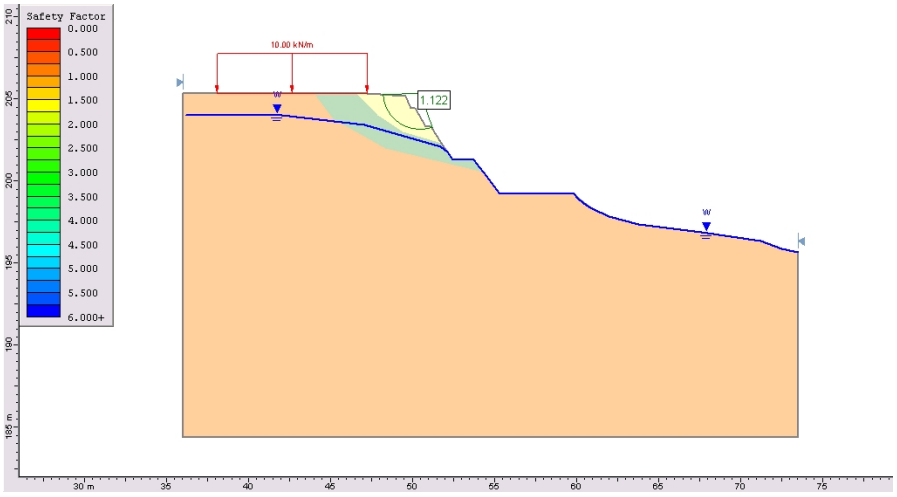


Figura 5-3 Sección F-F Condición de excavación para inicio de trabajos de construcción del muro en concreto y el relleno

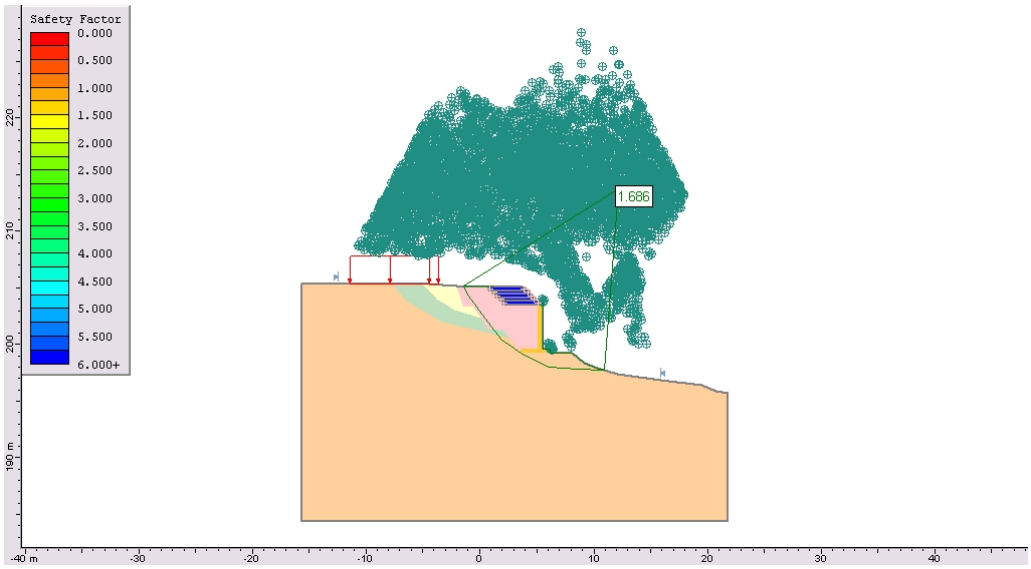


Figura 5-4 Sección F-F Condición con obras, estático

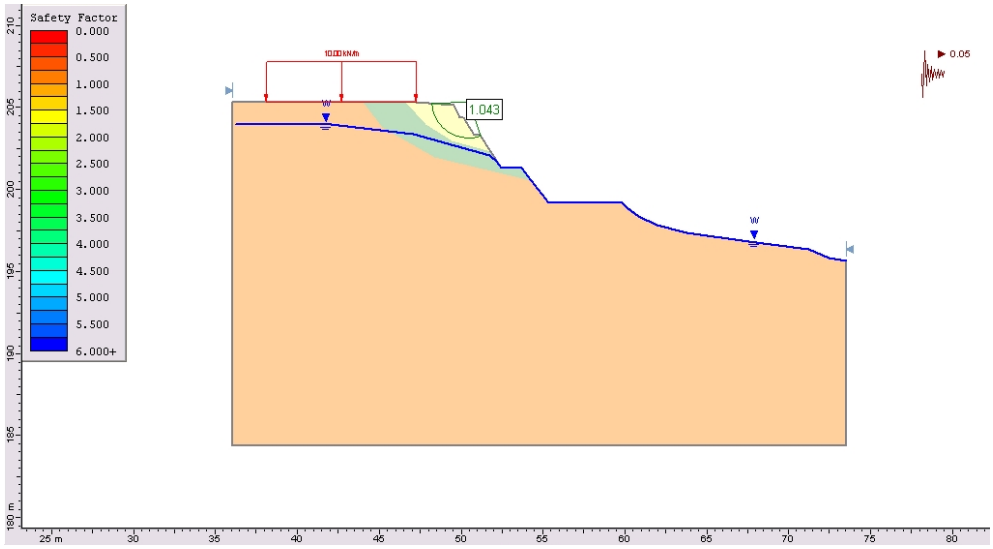


Figura 5-5 Sección F-F Condición de excavación para inicio de trabajos de construcción del muro en concreto y el relleno, pseudoestático a_h = 0.05 g

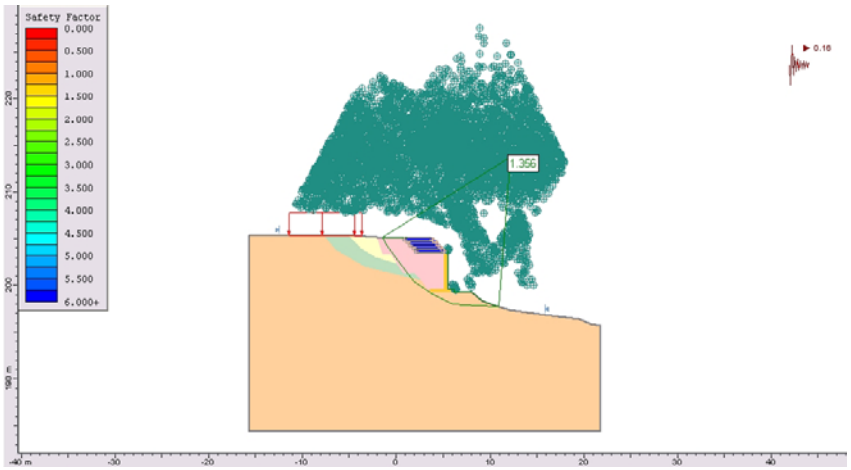


Figura 5-4 Sección F-F Condición con obras, pseudoestático a_h = 0.16 g

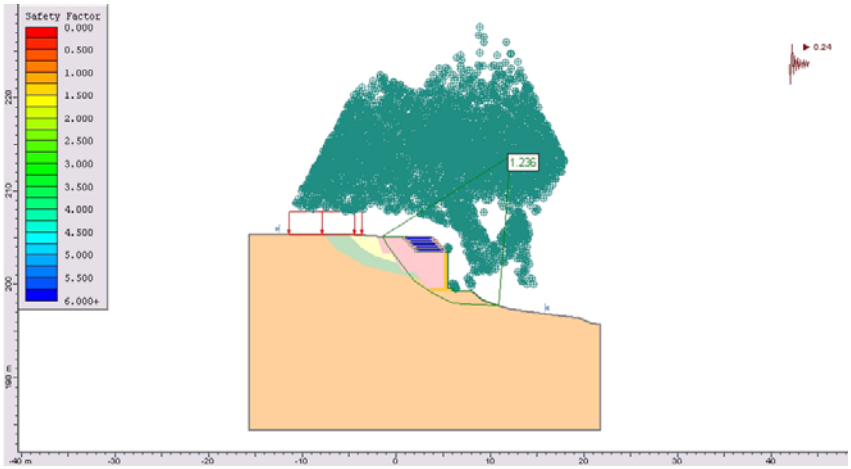


Figura 5-4 Sección F-F Condición con obras, pseudoestático a_h = 0.24 g

6 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

6.1 Vulnerabilidad Física

Para la evaluación de la vulnerabilidad se empleó como medida la tipología de las viviendas en el área de estudio. Dicha calificación de la calidad de la edificación, se obtiene de la encuesta socioeconómica, las cuales se presentan en el Anexo 3, en la Tabla 6-1 se presenta la clasificación por vulnerabilidad física considerada en el estudio para el Sitio 4 – Juan José Rondón.

Tabla 6-1 Clasificación de la vulnerabilidad

Vulnerabilidad Física	Descripción
Alta	Vivienda con muros portantes no confinados, estructuras en materiales de recuperación o viviendas prefabricadas.
Media	Edificación con muros portantes no confinados o combinación de confinados y pórtico con muros no confinados.
Baja	Pórtico, mampostería estructural, muros portantes confinados.

En el Plano 5 se presenta la clasificación por vulnerabilidad física de las viviendas en la zona de estudio.

6.2 Inventario de Viviendas

A las 19 viviendas localizadas dentro de la zona de estudio se les realizó una encuesta socio-económica, en la cual se evaluó básicamente el estado de la construcción, la calidad de los materiales y la percepción que tienen sobre los problemas relacionados principalmente con el deslizamiento ocurrido en el barrio el pasado mes de mayo. Los resultados obtenidos a partir de las encuestas son los siguientes:

- El 54% de las construcciones se encuentran localizadas en la media ladera y 46 % están en la base del talud. En el 80% de la s viviendas, sus habitantes manifiestan que las consideran finalizadas, es decir, que no efectuarán ampliaciones en el futuro, y el número de pisos se mantendrá.

- Del conjunto de viviendas encuestadas, el 93% se encuentran actualmente habitadas y predominan las construcciones unifamiliares con un número de residentes que oscila entre 2– 9. Con respecto a la población infantil, en los hogares encuestados habitan entre 1 – 4 niños. En el 93% de las viviendas habitan sus propietarios, y el 7% restante son viviendas alquiladas.

- En el sitio se observan construcciones de uno y dos pisos, predominando las viviendas de un piso con el 87% del total; sin embargo se presenta una casa con tres pisos. Como entrepiso se presentan estructuras de concreto y metálicas. En la cubierta se utilizan elementos de asbesto cemento, concreto y zinc, soportados en estructuras de madera y concreto principalmente.

- Estructuralmente predominan los sistemas de muros portantes no confinados. En cuanto al tipo de cimentación la mayoría de viviendas cuentan con vigas de amarre, concreto ciclópeo de relleno y enrocados para dar nivel en los casos en que los propietarios hayan hecho cortes para retirar los materiales tipo relleno, las cargas son transmitidas directamente al estrato de suelo residual. Lo anterior se corroboró con la Trinchera 1, en la que se identifico el tipo de cimentación predominante y el suelo de fundación. En general, la calidad de las construcciones se considera regular y se observan deficiencias en los procesos constructivos.

- Los elementos estructurales correspondientes a muros portantes y estructurales, columnas, vigas, nudos de los pórticos, escaleras y cubiertas presentan daños leves en la mayoría de las viviendas. Con respecto a los elementos no estructurales correspondientes a muros interiores y exteriores, no se observan daños. El evento ocurrido afectó las instalaciones de gas natural y líneas de acueducto de algunas de las viviendas del sector; las cuales fueron reinstaladas temporalmente.

- La medida que determina la emergencia en el sitio, corresponde principalmente al fenómeno de remoción en masa ocurrido por la falla progresiva del terreno y la posterior rotura de una tubería del acueducto, que produjo la saturación de la masa de suelo facilitando el deslizamiento que afectó la banca y la cuneta externa existente en el sitio.

- La totalidad de viviendas cuenta con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado, energía eléctrica y gas natural; y el 86 % cuentan con el servicio de teléfono. En el área de estudio las calles no se encuentran pavimentadas.

Los resultados de la encuesta en forma de histograma se presentan en el Anexo 3.

7 EVALUACIÓN DEL RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Para la evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa se empleó la matriz de decisión propuesta por González (2005), la cual se muestra en la Tabla 7-1, en ella se combinan los resultados de las evaluaciones de amenaza por fenómenos de remoción en masa y vulnerabilidad de las viviendas.

Tabla 7-1 Matriz de Riesgo

		AMENAZA		
		ALTA	**MEDIA**	**BAJA**
VULNERABILIDAD	**ALTA**	ALTA	ALTA	MEDIA
	MEDIA	ALTA	MEDIA	BAJA
	BAJA	MEDIA	BAJA	BAJA

En general la vivienda que presenta riesgo alto es la localizada en la parte baja de la ladera, identificada por la dirección Calle 69C Bis Sur No. 20C-11, perteneciente a Luz Marina Castillo.

Sin embargo, por razones de construcción de las obras de estabilización, es necesario el retiro de 3 viviendas más, 2 de ellas localizadas en la parte baja y la otra en la parte superior del deslizamiento.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La problemática presentada en el barrio Juan José Rondón, fue la falla de un relleno heterogéneo, el cual se deslizo afectando las tuberías de acueducto, alcantarillado, la cuneta exterior de la vía (costado oriental) y descubriendo las mangueras del gas. De igual forma, el material movilizado alcanzó los patios de 2 casas (Calle 69 C Bis Sur No. 20C – 11 y calle 69 C Bis Sur No. 20C – 19).

Los materiales encontrados en la exploración del subsuelo, son rellenos heterogéneos, suelo residual de arcillolita y arcillolita gris clara con intercalaciones de arcillolita gris rojiza. Las condiciones del agua al momento de la exploración se reportaron a 2 m de profundidad, sin embargo, se observaban filtraciones constantes provenientes del arreglo provisional de la tubería de acueducto.

La solución al problema desde el punto de vista geotécnico, requiere de la confinación de los materiales tipo suelo residual de arenisca y rellenos, por medio de la construcción de un muro en concreto de altura variable en el costado oriental de la vía, sobre este irá un muro en tierra armada con talud 1:1, protegido por cespedón y biomanto.

Una vez construidas las obras mencionadas anteriormente, se procederá a la adecuación de las obras de urbanismo, como reposición de las acometidas de servicios públicos para cuatro viviendas, el alcantarillado, el pozo de inspección y las cunetas.

En total se requieren reubicar 4 predios, los cuales se mencionan a continuación.

Tabla 8-1 Viviendas a relocalizar

No.	Dirección	Propietario	Costo a pagar
1	Calle 69 C Bis A Sur No. 20 B - 40	Desconocido	$ 20,400,000 *Decreto 226 de 2005 - Vivienda Tipo 1 VUR= 50 SMLV*
2	Calle 69C Bis Sur No. 20C-19	Heriberto Cabrera	$ 20,400,000 *Decreto 226 de 2005 - Vivienda Tipo 1 VUR= 50 SMLV*
3	Calle 69C Bis Sur No. 20C-11	Luz Marina Castillo	$ 20,400,000 *Decreto 226 de 2005 - Vivienda Tipo 1 VUR= 50 SMLV*
4	Calle 69C Bis Sur No. 20C-31	Jazmín González	$ 20,400,000 *Decreto 226 de 2005 - Vivienda Tipo 1 VUR= 50 SMLV*

Antes de iniciar los trabajos es necesario que la DPAE, presente ante la EAAB, Codensa S.A. ESP, y Gas Natural los diseños para que ellos realicen la programación de actividades de relocalización de redes, postes de alumbrado y acometidas respectivamente, de acuerdo con sus prioridades.

En el Anexo 4 “Cantidades de obra y presupuesto” se muestran la cuantificación de las actividades necesarias para la construcción de las obras de estabilización en el área de estudio, y en el Capítulo 12 se presenta el presupuesto detallado de obras.

9 OBRAS DE MITIGACIÓN

9.1 Tipo de obras

La estabilización de la ladera de la zona de estudio requiere de obras geotécnicas de que contengan los materiales para la recuperación de la calle 69 C Bis Sur, las cuales se describen a continuación.

Retiro de rellenos heterógeneos

En primer lugar debe retirarse el material de relleno que se encuentra deslizado sobre el costado oriental de la zona de estudio, una profundidad variable entre 2.0 a 3.5 m, con un volumen aproximado de 574 m3.

Excavación en roca

Esta actividad requiere de profundizar en roca, como mínimo 1 m, con el fin de prever el apoyo para la construcción de la fundación del muro en concreto. Las cantidades de obra para la actividad de excavación son aproximadas, debido a que se requiere definir el nivel de cimentación del muro en campo, una vez empiecen los trabajos de excavación y se garantice que la totalidad del relleno heterogéneo ha sido eliminado.

No se considera apropiado el uso de explosivos en la excavación, ya que es posible la afectación de las viviendas del barrio por efectos locales en la zona.

Muro de concreto (altura variable)

Para dar recuperación a la banca de la vía peatonal se propone la construcción de un muro en concreto de longitud 36.0 m y altura variable entre 2.0 a 5.0 m, el cual irá localizado a 2 metros del borde de las actuales cunetas, el muro contará con sistemas para la evacuación del agua o lloraderos y un geodrén en la parte trasera del muro. El volumen de concreto es de 113.9 m3.

Relleno en material granular

Construidos los muros, es necesario rellenar el trasdós de estos con material granular tipo afirmado compactado al 95% del ensayo proctor, debido a que se trata de una vía de uso peatonal.

Muro de contención reforzado con geotextil

Completado el relleno granular se procederá a la instalación de la tierra armada, bajo los procedimientos apropiados para construcción con geotextil tejido GT 1400, manteniendo los traslapos recomendados por el fabricante, y procurando una compactación del material de relleno por capas de 0.30 m, a una energía de compactación del 95% de ensayo de proctor.

Demolición de viviendas

Las viviendas a las que se efectúe relocalización, deben ser demolidas en su totalidad, evitando de esta forma que sean ocupadas nuevamente por personas.

Reconstrucción de alcantarillado y pozo de inspección

Debe darse solución al manejo de aguas lluvias y residuales en el área de estudio, por medio de la reconstrucción del alcantarillado con tubería PVC de 8", en una longitud de 17 m, además es necesario considerar la instalación de un nuevo pozo de inspección en mampostería. Para esta construcción deben seguirse las recomendaciones de la EAAB para tales propósitos y referenciadas como NS-035 y NS-029.

Reconstrucción de cunetas

El agua de escorrentía, debe ser encauzada por cunetas de sección rectangular de ancho B= 0.45 m, y profundidad D = 0.50 m, similares a las que se encuentran en el área de estudio. En relación con la cuneta del sector occidental del área del proyecto, esta se mantendrá y repara en las zonas que sufran daño durante los trabajos de construcción del relleno granular.

Empradización con cespedón

Con el fin de dar un manejo paisajístico se propone la instalación de cespedón de pasto kikuyo, protegido con biomanto, para dar protección al geotextil expuesto de la tierra armada.

Revisión y reconexión de acometidas servicios públicos

Dado que el evento afecto las acometidas, estas deben reponerse y las empresas de servicios públicos deben garantizar un adecuado trabajo de reconexión a los predios. Siguiendo en cada caso las respectivas normas técnicas aprobadas por cada entidad de servicios públicos. El trámite de dichas obras debe ser notificado por la DPAE en el momento de ejecución de los trabajos.

Retiro de árboles

Sobre la corona del deslizamiento se tiene la presencia de un árbol con altura mayor a 2.0 m, por lo que debe retirase antes de iniciar los trabajos, el retiro debe efectuarse de tal forma que se evite la afectación de los predios vecinos. De igual forma, a lo largo del alineamiento del muro de concreto se presentan arbustos que deben retirarse antes de emprender los trabajos.

Relocalización de poste de alumbrado público

El poste de alumbrado localizado al frente de la vivienda identificada por Calle 69 C Bis A sur No. 20-11, debe relocalizarse, debido a que parte de zarpa del muro de concreto proyectado, queda ubicada en este punto.

Barreras para el paso de vehículos

Por último, para prevenir que sobre el muro actúen cargas no previstas en los diseños, como lo sería la carga producida por un vehículo pequeño, deben colocarse barreras que eviten el paso de vehículos, dicha barrera será construida en bolardos de concreto tipo M-60 Bajo.

9.2 Procedimiento constructivo

Para llevar a cabo los trabajos se pueden desarrollar en primer lugar y paralelamente las actividades de retiro del relleno heterogéneo y material deslizado, retiro del suelo residual y la demolición de viviendas reubicadas; seguido de esto debe continuarse con la excavación en roca, y como se dijo anteriormente debe hacerse hasta que se encuentre el suelo de fundación de los muros, por lo tanto se requiere de la aprobación de esta actividad por el Ing. de Suelos.

Definido el nivel de cimentación, se procederá a la construcción del muro de concreto y su filtro, previendo de dejar en el muro varías filas de lloraderos para aliviar las presiones de poro al interior del relleno. El muro será construido en secciones o módulos de 3 m, y en total serán 12 módulos, para una longitud de 36 m. Los módulos irán unidos por medio de junta de contracción. Seguido de lo anterior, se hará la reconformación del terreno.

Alcanzado el nivel proyectado del muro de concreto en sus doce módulos, se seguirá con la instalación de las capas de geotextil, espaciadas verticalmente cada 0.30m, garantizando el traslapo recomendado por el fabricante. Tal como se muestra en el Plano 11.

Debe tenerse en cuenta, que es necesaria la instalación de 17.0 m de tubería PVC de 8“ y de un pozo de inspección, para hacer la reconexión del alcantarillado en el área de estudio, esta tubería pasa a 0.3 m de las capas de geotextil, por lo que en su construcción no se presentaran afectaciones al relleno del muro de contención con geotextil.

Por último, se hará la instalación del cespedón protegido con biomanto y la construcción de cunetas, previa a la excavación del filtro en el costado occidental, el cual tendrá una profundidad de 1.5 m.

La empresa Gas Natural, realizará las correcciones a las acometidas de las casas, garantizando que se cumplan sus propias especificaciones.

En los planos 7 a 10, se presentan los detalles constructivos de las obras recomendadas.

10 PRESUPUESTO DE OBRAS

A continuación se presenta en la Tabla 10-1 el presupuesto detallado para la construcción de las obras de mitigación, las cantidades de obra y los precios unitarios se presentan en el Anexo 6.

Tabla 10-1 Presupuesto detallado Sitio 4 Juan José Rondón

I - Construcción de obras

Item	Descripción	UNIDAD	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
1.0	***GENERALES***				
1.1	Localización y replanteo	m²	$ 1,251	950	$ 1,188,450
	Subtotal				**$ 1,188,450**
2.0	***RECONFORMACION DEL TERRENO***				
2.1	Excavación a maquina material común (incluye cargue)	m³	$ 18,047	574	$ 10,360,445
2.2	Excavación mecánica en roca (incluye cargue)	m³	$ 30,387	540	$ 16,408,900
2.3	Transporte y disposición de sobrantes de excavación - distancia menor a 20 Km	m³	$ 18,480	1114	$ 20,588,128
2.4	Relleno con material seleccionado (tipo afirmado)	m³	$ 52,571	680	$ 35,748,167
	Subtotal				**$ 83,105,640**
3.0	***OBRAS DE DRENAJE***				
3.1	Tubería de PVC 8" (perforarada, incluye codos y pegante)	m	$ 57,118	46	$ 2,627,411
3.2	Filtro				
3.2.1	Módulo 1	m	$ 66,754	3.0	$ 200,263
3.2.2	Módulo 2	m	$ 66,754	3.0	$ 200,263
3.2.3	Módulo 3	m	$ 68,654	3.0	$ 205,963
3.2.4	Módulo 4	m	$ 73,154	3.0	$ 219,463
3.2.5	Módulo 5	m	$ 73,154	3.0	$ 219,463
3.2.6	Módulo 6	m	$ 73,154	3.0	$ 219,463
3.2.7	Módulo 7	m	$ 79,904	3.0	$ 239,713
3.2.8	Módulo 8	m	$ 73,154	3.0	$ 219,463
3.2.9	Módulo 9	m	$ 73,154	3.0	$ 219,463
3.2.10	Módulo 10	m	$ 68,654	3.0	$ 205,963
3.2.11	Módulo 11	m	$ 68,654	3.0	$ 205,963
3.2.12	Módulo 12	m	$ 57,404	3.0	$ 172,213
3.2.13	Filtro para cuneta costado occidental	m	$ 91,204	35.0	$ 3,192,146
3.3	Cunetas de concreto	m	$ 27,279	21	$ 572,859
3.4	Tubería de PVC para desague de filtro	m	$ 20,000	12.0	$ 240,000
3.5	Cajas de inspección en mamposteria	m2	$ 153,370	1.0	$ 153,370
	Subtotal				**$ 9,313,435**
4.0	***OBRAS DE CONTENCIÓN***				
4.1	Muro en concreto f´c= 21 MPa (Concreto elaborado en obra)	m³	$ 359,858	113.9	$ 40,973,094
4.2	Acero de refuerzo para muro	kg	$ 2,973	5882	$ 17,483,948
4.3	Geotextil tejido 1400 para muro de contención reforzado con geotextil	m²	$ 9,189	1240	$ 11,394,360
4.4	Relleno con material granular tipo afirmado para muro de contención reforzado con geotextil	m³	$ 40,000	459	$ 18,360,000
	Subtotal				**$ 88,211,402**
5.0	***OBRAS DE RECONFORMACIÓN***				
5.1	Reconformación del terreno (incluye parte baja del muro)	m²	$ 44,970	250	$ 11,242,500
5.2	Biomanto (recubrimiento muro de contención reforzado con geotextil)	m²	$ 3,200	112	$ 359,040
5.3	Empradización con cespedón	m²	$ 5,063	458	$ 2,318,854
	Subtotal				**$ 13,920,394**
6.0	***RED DE ALCANTARILLADO***				
6.1	Reposición de redes ϕ = 8 plg (tubería PVC)	m	$ 50,588	17	$ 859,988
6.2	Pozos de inspección en mampostería H= 3.0 m	un	$ 412,703	1	$ 412,703
	Subtotal				**$ 1,272,690**
7.0	***DEMOLICION DE VIVIENDAS***				
7.1	Demolición de viviendas	m²	$ 22,806	197	$ 4,494,235
	Subtotal				**$ 4,494,235**

8.0	***SERVICIOS PUBLICOS***				
8.1	Reconexión de acometidas de acueducto	un	$ 100,000	4	$ 400,000
8.2	Reconexión de acometidas de alcantarillado	un	$ 100,000	4	$ 400,000
8.3	Reconexión de acometidas de gas	un	$ 100,000	4	$ 400,000
8.4	Desmonte de cuneta interna	m	$ 12,000	30	$ 354,000
8.5	Montaje de cuneta interna	m	$ 20,000	30	$ 590,800
8.6	Retiro de árboles	Gl	$ 80,000	5	$ 400,000
8.7	Relocalización de postes de alumbrado	un	$ 100,000	1	$ 100,000
8.8	Bolardo en concreto tipo **M-60 bajo**	un	$ 65,000	2	$ 130,000
	Subtotal				**$ 2,774,800**
9.0	***ASEO***				
9.1	Aseo de la Obra	m²	$ 2,750	496	$ 1,364,000
	Subtotal				**$ 1,364,000**
	TOTAL COSTOS DIRECTOS				**$ 205,645,046**
	Administración	%		10	$ 20,564,505
	Imprevistos	%		10	$ 20,564,505
	Utilidades	%		5	$ 10,282,252
	IVA sobre la utilidad 16%	%		16	$ 1,645,160
	COSTO TOTAL				**$ 258,701,468**

II- Adquisición de predios

1.0	***COMPRA DE LOTES Y CONSTRUCCIONES***				
1.1	De acuerdo con el valor del V.U.R. Decreto 226 de 2005 - Vivienda Tipo 1 VUR= 50 SMLV	unidad	$ 20,400,000	4.0	$ 81,600,000
	Subtotal				**$ 81,600,000**
	COSTO TOTAL				**$ 81,600,000**

Referencias: *Ver Plano 7 Obras planta y perfil*
Ver Plano 8 Obras y viviendas a relocalizar
Ver Plano 9 Detalles constructivos
Ver Plano 10 Diseño estructural muro en concreto
Ver Plano 11 Despiece muro en concreto
Anexo 4 Cantidades de Obra
Anexo 5 Especificaciones Técnicas

11 LIMITACIONES

Los resultados, conclusiones y recomendaciones fueron obtenidos a partir de la información recopilada y de los resultados de los sondeos manuales, trincheras y ensayos de laboratorio ejecutados para la elaboración de este informe.

Debido al carácter puntual de la exploración, y a la variabilidad del subsuelo, en caso de encontrarse condiciones del subsuelo diferentes a las descritas en este informe durante el proceso de construcción del muro, se deberá avisar al Consorcio IGR para realizar las modificaciones que sean necesarias.

12 BIBLIOGRAFÍA

- INGEOMINAS, Universidad de los Andes (1997). Proyecto Microzonificación Sísmica de Santa Fé de Bogotá, Mapa Geológico de a escala 1:50.000.

- Moya y García Ltda. (2004). Elaboración de diseños detallados de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios críticos de riesgo inminente por remoción en masa en los barrios Juan José Rondón y el Triunfo en la cuenca de la Quebrada de Limas, de la localidad de Ciudad Bolívar, en la ciudad de Bogotá, D.C.

- SLIDE Versión 5.0 (Stability analysis for soil and rock slopes, de Rocscience, Geomechanics Software Solutions).

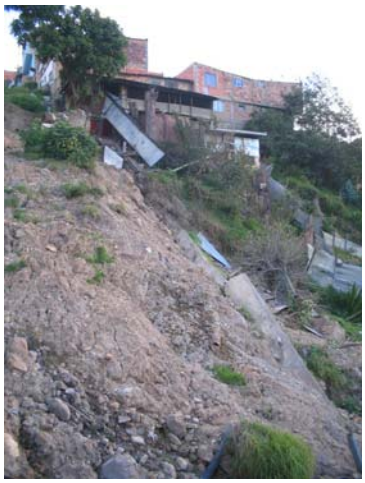
ANEXO 1 Registro fotográfico



Fotografía 1: Vista general del deslizamiento, donde se observa el pozo de alcantarillado, y al descubierto las tuberías del acueducto, alcantarillado y las mangueras del gas.



Fotografía 2: Detalle del pozo de alcantarillado y de la altura del escarpe formado por el deslizamiento, muy cercano a las casas, pero que no las afectó debido a que se encuentran cimentadas sobre roca.



Fotografía 3: Vista lateral del deslizamiento. Se observa el material de relleno, sobre el que estaban construidas las cunetas.



Fotografía 4: Aspecto de la vía peatonal, ladera abajo del deslizamiento.