

Rev.	Descripción	Fecha	Elaboró	Revisó
Trabajo Social: Universidad del Cauca		Evaluación y Análisis de Riesgo por Amenaza de Movimiento en Masa		
Propietario: Asociación de Vivienda - Barrio Buenavista	Proyecto: Anál. Riesgo Geotécnico Barrio Buenavista			1
	Localización: Popayán - Cauca			
	Elaboró: L.C. / J.L. / J.T.	Fecha: 31/Julio/2013	Revisó: L. Cruz	Memoria: ARG-100

Contenido

1. Introducción.....	2
2. Valoración preliminar de información	4
3. Geología, Topografía y Estudio de suelos de la zona de estudio.....	6
4. Variables climatológicas.....	6
5. Evaluación de la amenaza.....	8
6. Evaluación de la vulnerabilidad.....	19
7. Evaluación de Riesgo, Recomendaciones y Conclusiones del estudio	24
Anexo 1, Levantamiento Topográfico Barrio Buenavista.....	26

1. Introducción.

Por petición al Departamento de Geotecnia de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, mediante oficio de solicitud del señor Juan Gregorio Quinallas, Presidente de la junta de acción comunal del barrio Buenavista, se realizó un estudio de riesgo Geotécnico por deslizamiento en masa para un asentamiento humano, el cual será utilizado (según los peticionarios) para la legalización de la Asociación de Vivienda Buenavista (Barrio Buenavista), con el fin de presentar ante las autoridades respectivas en Alcaldía municipal de Popayán.

La Asociación de Vivienda Buenavista (Barrio Buenavista) está localizada en el suroccidente de la ciudad de Popayán Figura 1.1, contiguo a la variante del Municipio (ver Figura 1.2), se accede a el por medio de una carretera pavimentada, y el barrio está localizado en la parte alta de una colina o un talud, una panorámica se muestra en la Figura 1.3, es de aclarar que las casas que se ven en esta ultima figura no son parte del Barrio, el Barrio se encuentra más atrás y arriba en el talud.

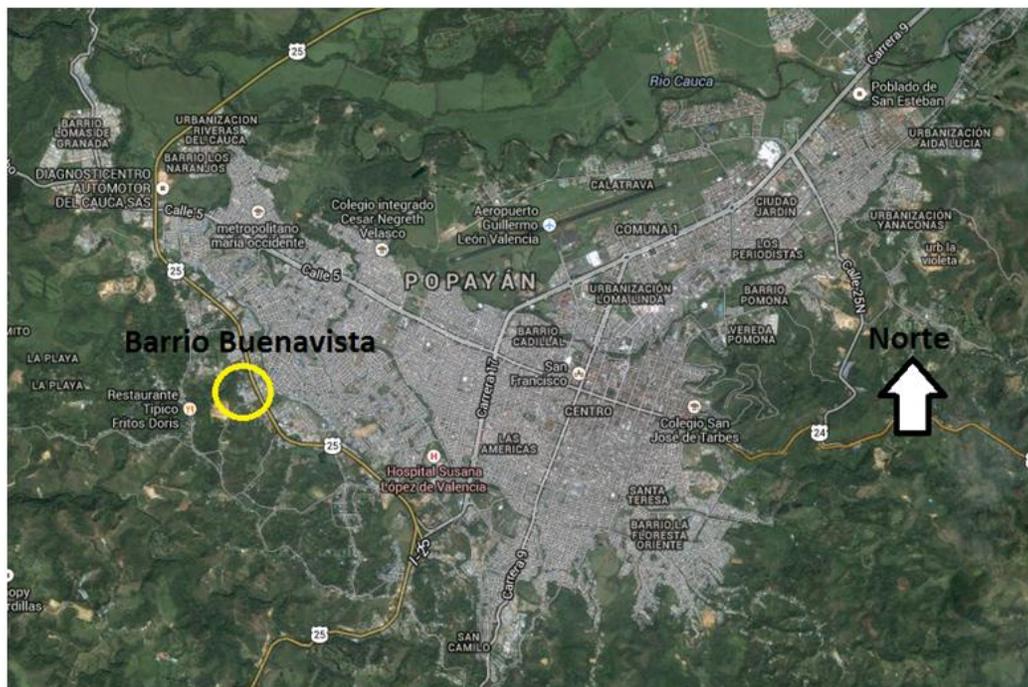


Figura 1.1. Localización del barrio Buenavista (tomado de maps.google.com)

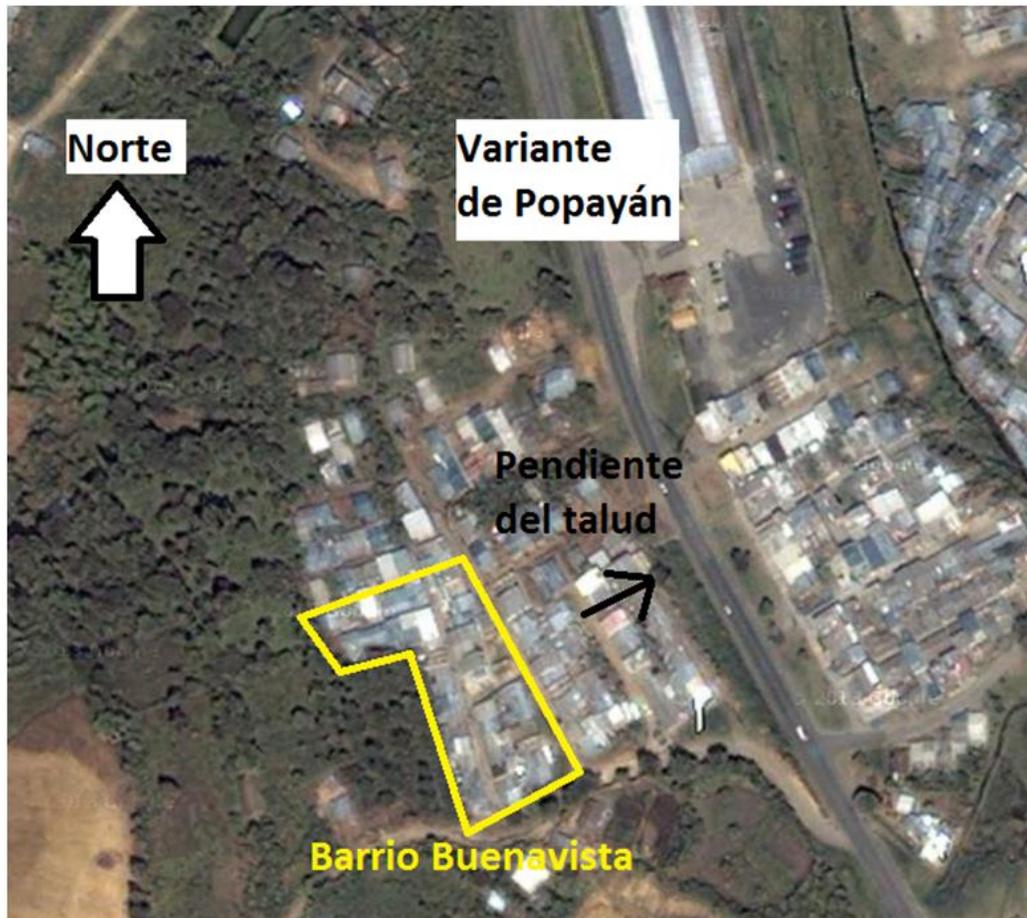


Figura 1.2. Vista aérea del barrio Buenavista (tomado de maps.google.com)



Figura 1.3 Vista panorámica del talud desde la variante de Popayán.

Las diferentes visitas a la zona de estudio no mostraron signos visibles de amenaza por deslizamiento, pero el análisis respectivo del análisis de estabilidad de taludes se incluye en este documento de análisis de riesgo de amenaza por deslizamiento.

Este documento fue realizado como un trabajo de acción social del Departamento de Geotecnia de la Universidad del Cauca.

2. Valoración preliminar de información

Para la realización de este estudio se consultaron las diferentes fuentes que manejan información geológica, geotécnica y dictaminan normas en el país y a nivel local, acerca de análisis de riesgo por movimientos en masa. Entre las fuentes consultadas se encuentran: Planeación Municipal de la ciudad de Popayán, Ingeominas y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Dentro de la realización de este estudio, los documentos consultados para tener en cuenta las diferentes variables necesarias para tomar en cuenta que podrían afectar la evaluación de riesgo de la zona fueron:

- Estudio de micro-zonificación sísmica de Popayán a que se refiere la norma Sismo-Resistente NSR-10, estudio de evaluación de la vulnerabilidad física y determinación de escenarios de afectación y daños - análisis de riesgo sísmico, para la zona urbana y de expansión urbana del municipio de Popayán – Departamento del Cauca. con fecha de recepción abril 28 de 2012.
- Plan local de emergencias y contingencias (PLEC) del municipio de Popayán 2010.
- Plan de ordenamiento territorial (POT) municipio de Popayán. acuerdo No. seis (6), agosto 5 de 2002.
- Geología y estratigrafía de la Formación Popayán, Ingeominas, Popayán, 1992
- Mapa geológico y Geomorfológico de la Ciudad de Popayán, Ingeominas, 1992.
- Guía Metodológica 1, Incorporación de la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la Republica de Colombia. Serie Ambiente y Ordenamiento Territorial, ISBN 958-00000-0-0, Mayo de 2005, Bogotá.

En cuanto a la zona del Barrio Buenavista e información pre-existente, el área de este asentamiento humano y el área cercana, está clasificada como de amenaza Media según el mapa de “Zonificación de Amenazas por Deslizamiento (Área Urbana)”, del POT de Popayán, Octubre de 2001 (ver figura 2.1). Así como en el Plano R47-/56 de la misma referencia “Amenaza por deslizamiento Municipio de Popayán”, Febrero de 2001, la zona es también clasificada como de Amenaza Media (ver figura 2.2).

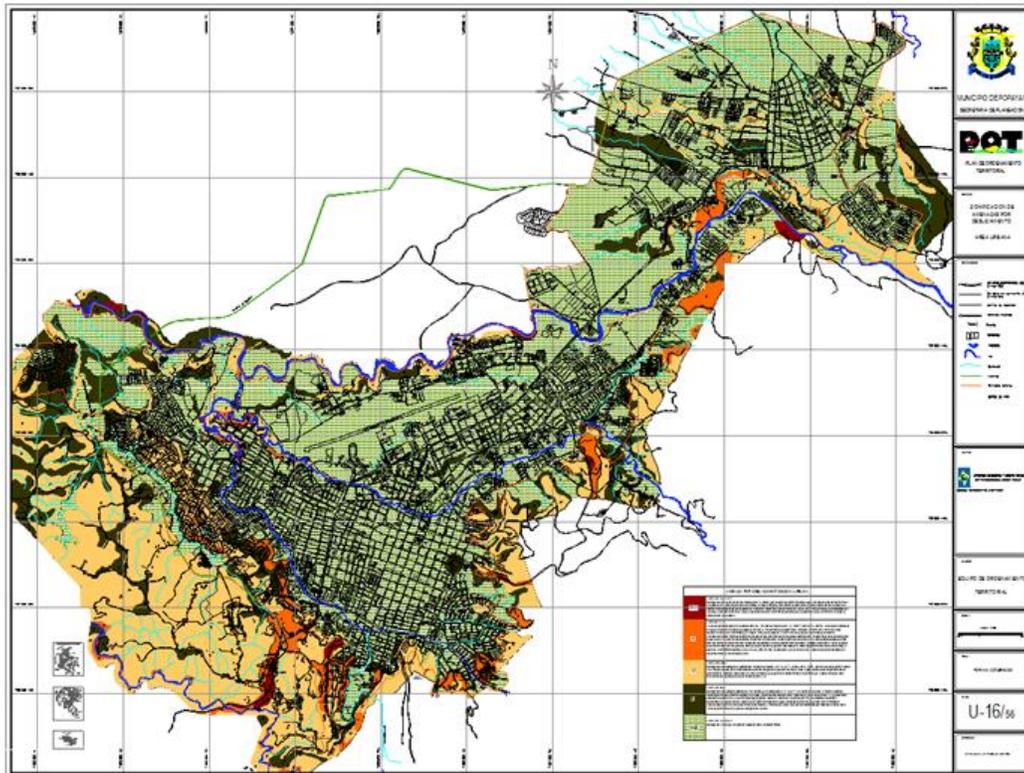


Figura 2.1 Zonificación de Amenazas por Deslizamiento (Área Urbana), del Municipio de Popayán (tomado de POT Popayán, Octubre 2001, Plano U16/56)

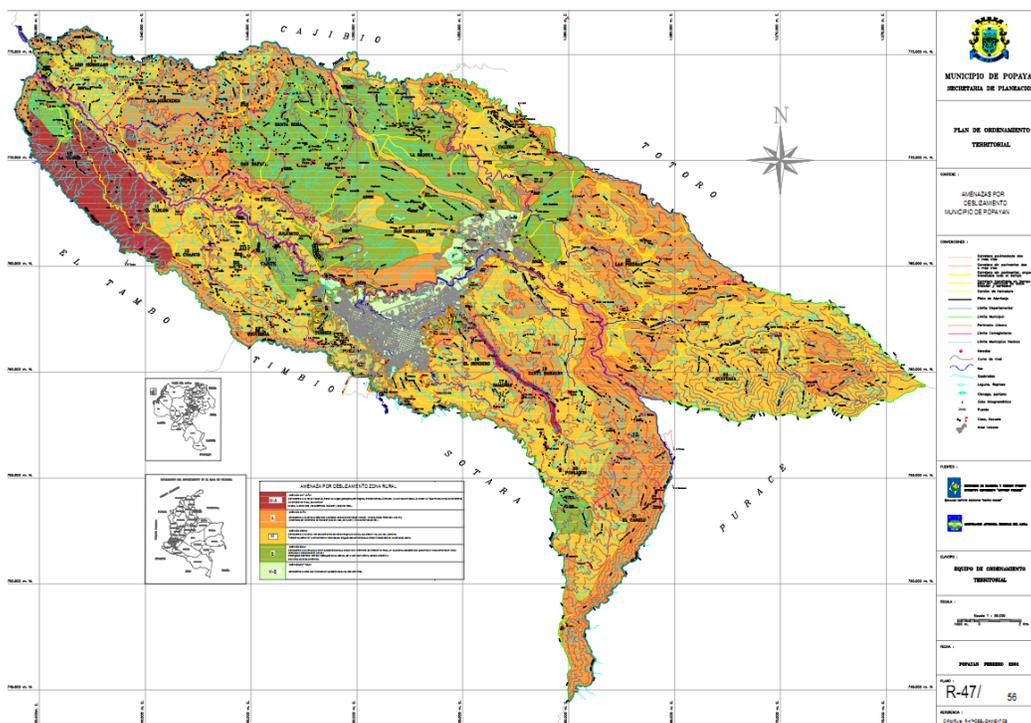


Figura 2.2 Amenaza por deslizamiento Municipio de Popayán, del Municipio de Popayán (tomado de POT Popayán, Febrero 2001, Plano R47/56)

3. Geología, Topografía y Estudio de suelos de la zona de estudio

La geología general de la zona de estudio así como el estudio de suelos detallado se encuentra en la memoria: ES-110, “Estudio de Suelos, Análisis de Riesgo Geotécnico - Barrio Buenavista”, que acompaña este documento.

En el desarrollo de este proyecto se ejecutaron las siguientes acciones dentro de las etapas iniciales:

En la primera etapa, cuatro (4) perforaciones, (19) diecinueve tomas de muestra tubo de pared delgada y (4) cuatro apiques con sus respectivos bloques. A estas muestras se le realizaron los ensayos necesarios para poder obtener características físicas y mecánicas de los diferentes sub-estratos. Estos se encuentran en detalle en la memoria ES-110 de este estudio.

En la segunda etapa, se efectuó el levantamiento topográfico del barrio y los alrededores necesarios para este estudio, así como su procesamiento de datos y final digitalización. El levantamiento topográfico de la ladera y zona estudiada se encuentra en el Anexo 1 de este informe.

4. Variables climatológicas

Para nuestro estudio, las variables climatológicas que se tendrán encuentra serán relacionadas con factores que afecten las propiedades mecánicas del suelo, el análisis, pronóstico y observaciones, para la obtención de los siguientes parámetros: Precipitaciones, intensidad, duración, frecuencia y distribución espacial en la ciudad de Popayán, la información es otorgada por el Departamento de Hidráulica de la Universidad del Cauca de la estación climatológica ubicada en el sector Tulcán.

La figura 4.1 resume los datos de lluvia (mm) versus los años de los cuales se tiene registro.

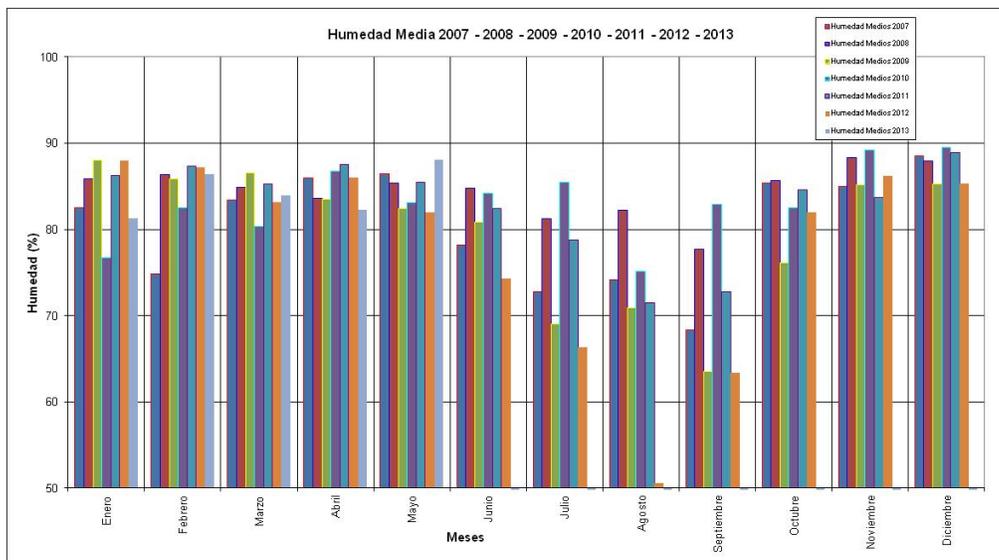


Figura 4.1. Lluvia total (mm) versus meses por año (Estación metereologica sector Tulcán)

Como peor hipótesis de infiltración al talud por lluvias podría tomarse una lluvia de diseño con una frecuencia de 2 años y una hora de duración.

Pero como peor hipótesis de infiltración al talud por lluvia se tomará en cuenta toda la infiltración durante los dos meses más lluviosos de todos los años de los que se tiene información. Se supone que el 50% del agua que llueve se infiltra, debido a las características hidráulicas del suelo (ver permeabilidad tabla 5.2), esto hará que varíen 2 factores en el talud, el peso unitario húmedo el cual aumentara, y la posición del nivel freático.

Calculando el agua que se infiltraría entre noviembre y diciembre serian 180mm/m² (asumiendo 100% de infiltración, caso critico y extremo), y analizando una sección de 1m x 1m de área, podríamos simular que tendríamos una carga adicional del talud de 1.8 kPa debido a la nueva carga de agua. También podemos aumentar el peso unitario suponiendo que esta carga de agua se retiene y disipa en los dos primeros metros de suelo, lo que haría aumentar el peso unitario en 1.8 kN/m³, solamente en los dos primeros metros del suelo.

Haciendo un análisis muy conservador ante la infiltración de lluvia, en la hipótesis de análisis de taludes, se considerara un aumento en el peso unitario del talud en todo su cuerpo, suponiendo o considerando una situación varias veces más crítica de la ya considerada.

Se supondrá que no hay variación del nivel freático dentro del cuerpo principal talud ya que es muy masivo y drenara eventualmente el agua debido a su geomorfología. Adicionalmente no hay fuentes de agua cerca que lo mantengan.

El impacto de lluvia entonces se tendrá en cuenta en el aumento de peso unitario considerado en el análisis.

5. Evaluación de la amenaza.

5.1 Evaluación preliminar de la amenaza.

El barrio Buenavista está ubicado en la parte alta de una colina configurándose el talud, el cual es caso de estudio, ver topografía (Anexo 1).

De acuerdo con la visita realizada al barrio Buenavista una amenaza por deslizamiento en masa o deslizamiento del talud en el cual el barrio descansa podría eventualmente activarse por un posible sismo o una fuerte precipitación, perturbando las propiedades mecánicas del suelo. Estas posibilidades se incluyen en el análisis de estabilidad de taludes.

Vistas de la parte inicial y baja del talud se muestran en la figura 5.1. El barrio se encuentra en la parte alta y más atrás de las casas que se observan en las fotografías.

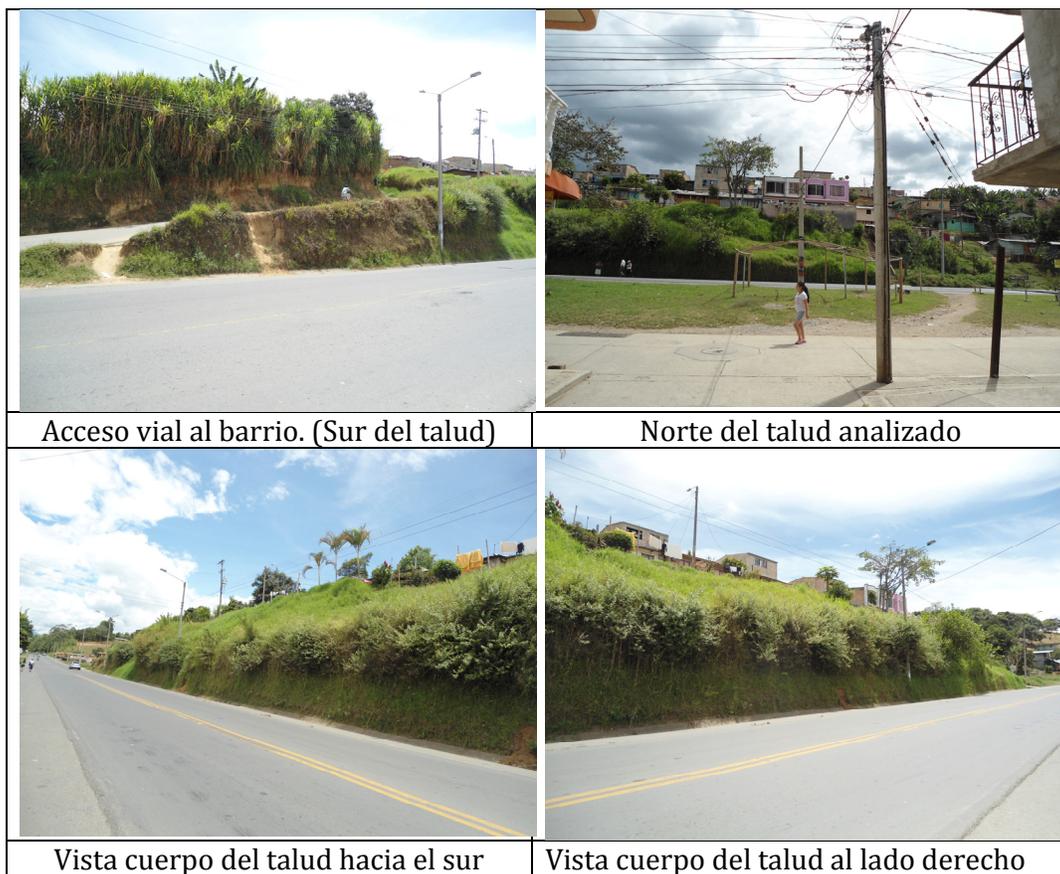


Figura 5.1. Vistas de la zona más pendiente del talud desde la variante norte de la ciudad de Popayán.

5.2 Secciones de estudio estabilidad de taludes.

Para la realización del estudio de estabilidad de la zona estudiada, se tomaron las secciones más críticas a las que está asociado el talud. De acuerdo el registro de perforaciones, ensayos de laboratorio, la topografía levantada (ver anexo 1) se realizó el análisis de estabilidad de taludes a las secciones consideradas más factibles a un evento de movimiento en masa de la zona de estudio, las cuales se muestran en la figura 5.2. En el Anexo 1 adicionalmente aparecen los perfiles de las secciones indicadas en la Figura 5.2

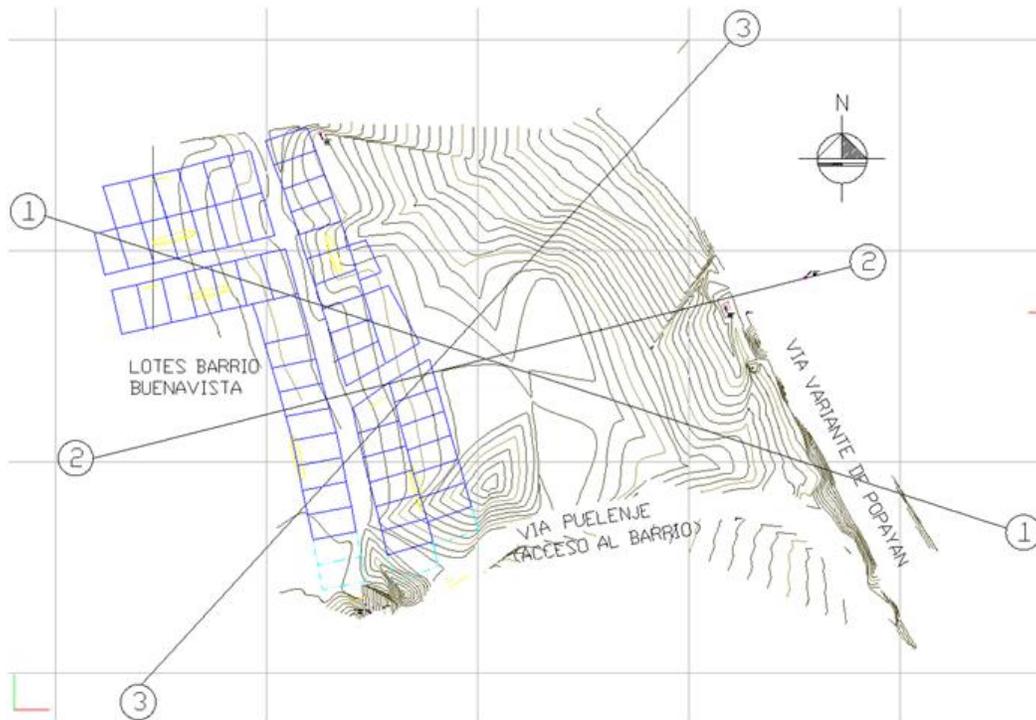


Figura 5.2. Secciones para análisis de estabilidad de taludes.

5.3 Resultados de Laboratorio utilizados.

Los valores de los parámetros a corto y largo plazo de los ensayos de la zona de estudio se presentan en las tablas 5.1. y 5.2. Toda la información previa esta detallada en el estudio de suelos para este informe, ES-110, "Estudio de Suelos, Análisis de Riesgo Geotécnico - Barrio Buenavista", junto con los resultados de laboratorio.

Tabla 5.1. Resumen ensayos de laboratorio

Ítem	Profundidad (m)	w%	w _L %	w _p %	IP%	γ_d (kN/m ³)	γ_m (kN/m ³)	q _u (kPa)	Calsif. SUCS	
Sondeo 1 - Sh 1	2.10	2.50	65.7	83.6	41.8	41.8	9.7	16.0	127	MH
Sondeo 1 - Sh 2	3.70	4.10	66.2	94.7	47.6	47.1	9.7	16.1	171	MH
Sondeo 1 - Sh 3	6.00	6.40	60.8	94.5	46.3	48.2	10.6	17.1	233	MH
Sondeo 1 - Sh 4	8.05	8.45	74.6	88.5	48.5	40.0	9.0	15.7	152	MH
Sondeo 1 - Sh 5	9.09	9.49	81.9	102.2	54.6	47.6	8.6	15.6	111	MH
Sondeo 2 - Sh 1	2.25	2.65	140.5	236.9	113.6	123.3	5.6	13.5	234	MH
Sondeo 2 - Sh 2	4.10	4.50	77.9	96.9	52.4	44.5	8.3	14.7	116	MH
Sondeo 2 - Sh 3	6.00	6.40	71.0	99.7	48.4	51.3	9.3	15.9	134	MH
Sondeo 2 - Sh 4	7.90	8.30	63.3	89.6	47.9	41.7	10.0	16.3	89	MH
Sondeo 2 - Sh 5	9.10	9.50	69.4	98.9	50.1	48.8	9.1	15.4	100	MH
Sondeo 3 - Sh 1	2.60	3.00	54.3	128.2	81.5	46.7	8.9	13.8	57	MH
Sondeo 3 - Sh 2	4.10	4.50	63.2	90.3	45.8	44.5	9.7	15.9	104	MH
Sondeo 3 - Sh 3	6.10	6.50	70.1	102.7	54.6	48.1	9.7	16.5	191	MH
Sondeo 3 - Sh 4	7.00	7.40	65.1	89.3	44.0	45.3	10.1	16.6	149	MH
Sondeo 4 - Sh 1	2.70	3.10	100.4	132.4	53.5	78.9	7.0	14.0	57	MH
Sondeo 4 - Sh 2	4.20	4.60	46.9	42.4	29.9	12.5	12.1	17.8	26	ML
Sondeo 4 - Sh 3	5.80	6.20	68.1	90.8	48.3	42.5	9.8	16.5	125	MH
Sondeo 4 - Sh 4	7.40	7.80	65.7	96.8	49.4	47.4	10.1	16.8	240	MH
Sondeo 4 - Sh 5	8.70	9.10	62.9	91.3	43.0	48.3	10.4	17.0	197	MH

Tabla 5.2. Ensayos a bloques y adicionales a tubos de pared delgada

Ensayo	Muestra	Parametro evaluado	Resultado	Unid.	Observaciones
Limite de contracción	Sondeo 2 - Sh -1 (2.25-2.65m)	LC	34.2	%	
CPV - Aparato de Lambe	Sondeo 2 - Sh -1 (2.25-2.65m)	CPV	5.1	Adim.	Expansividad critica
Granulometria	Apique 1 - Bloque 1	% de finos	58	%	Alto contenido de arena
Limite liquido	Apique 1 - Bloque 1	LL	106.6	%	Clasificación SUCS MH
Limite plastico	Apique 1 - Bloque 1	LP	59.5	%	IP=47.1
Limite de contracción	Apique 1 - Bloque 1	LC	37.5	%	
CPV - Aparato de Lambe	Apique 1 - Bloque 1	CPV	1.2	Adim.	Expansividad no critica
Peso especifico suelos finos	Apique 1 - Bloque 1	Gs	2.587	Adim.	
Ensayo de consolidación	Apique 1 - Bloque 1	cc	1.06	Adim.	
		cs	0.04	Adim.	
		OCR	8	Adim.	Aprox.
		cv	8.00E-03	cm ² /s	Promedio
		e0	2.53	Adim.	e0 (10 kPa)
Ensayo de corte	Apique 1 - Bloque 1	c	0	kPa	
		f	30	°	(grados)
Permeabilidad cab. variabl.	Apique 1 - Bloque 1	k	4.65E-04	cm/s	
Limite liquido	Apique 2 - Bloque 2	LL	95.5	%	Clasificación SUCS MH
Limite plastico	Apique 2 - Bloque 2	LP	41.4	%	IP=54.1
Limite de contracción	Apique 2 - Bloque 2	LC	41.4	%	
CPV - Aparato de Lambe	Apique 2 - Bloque 2	CPV	1	Adim.	Expansividad no critica
Peso especifico suelos finos	Apique 2 - Bloque 2	Gs	2.758	Adim.	
Ensayo de consolidación	Apique 2 - Bloque 2	cc	0.34	Adim.	
		cs	0.03	Adim.	
		OCR	4	Adim.	Aprox.
		cv	8.60E-03	cm ² /s	Promedio
		e0	1.98	Adim.	e0 (10 kPa)
Ensayo de corte	Apique 2 - Bloque 2	c	25	kPa	
		f	29.3	°	(grados)
Limite liquido	Apique 3 - Bloque 3	LL	96.7	%	Clasificación SUCS MH
Limite plastico	Apique 3 - Bloque 3	LP	45.3	%	IP=51.4
Peso especifico suelos finos	Apique 3 - Bloque 3	Gs	2.787	Adim.	
Ensayo de corte	Apique 3 - Bloque 3	c	0	kPa	
		f	31	°	(grados)

El valor del peso unitario en estado natural utilizado fue escogido de manera conservadora, tomando el promedio de todos los resultados de la exploración de sondeos, descartando los valores más bajos encontrados en cada perforación, el resultado se muestra en la tabla 5.3.

Los parámetros a corto plazo y debido a que el talud está constituido principalmente de un limo de alta plasticidad (MH) de tonalidades de color entre amarillo y rojo, y adicionalmente haciendo una simplificación al caso de estudio, tomamos el promedio de toda la exploración de la cohesión no drenada. De manera conservadora se descarto los valores más altos encontrados en cada perforación, el resultado se muestra en la tabla 5.3. Los valores del lente de arcilla ML encontrado en el sondeo #4 no fueron tenidos en cuenta ya que no es representativo del talud estudiado.

En cuanto a los parámetros a largo plazo se realizó una envolvente de los resultados de los ensayos de corte, la cual se muestra en la figura 5.3. y los valores de la envolvente se resumen en la tabla 5.3. Para el análisis de estabilidad de taludes, se considero las características del suelo encontrado, se realizaron y utilizaron tres ensayos de corte directo (tres puntos cada uno), ejecutados en muestras talladas de bloques tomados en los apiques #1, #2 y #3 (ver localización de perforaciones y apiques, ES-110, “Estudio de Suelos, Análisis de Riesgo Geotécnico - Barrio Buenavista”).

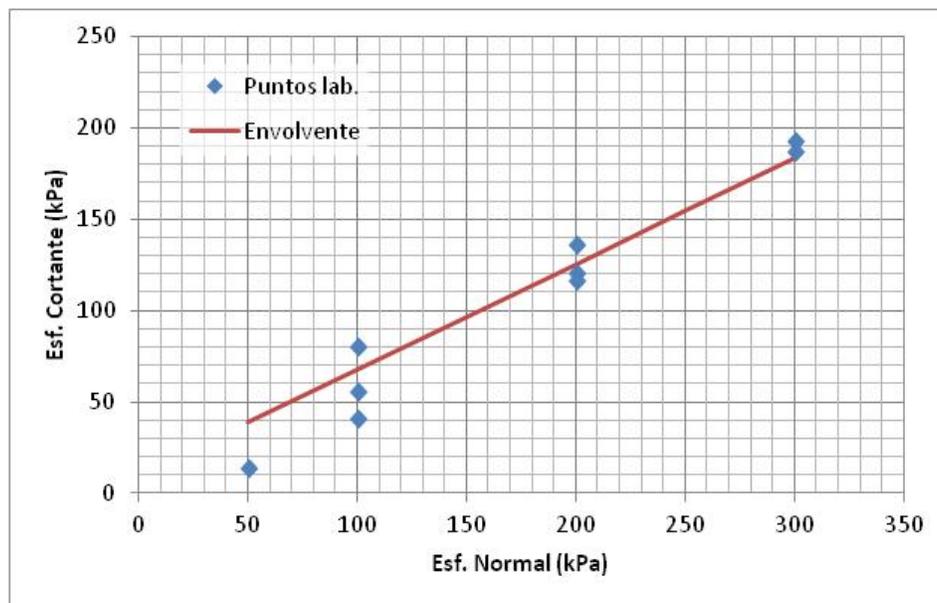


Figura 5.3. Envolvente de Coulomb para el talud analizado

Tabla 5.3. Datos utilizados en el análisis de estabilidad de taludes (Simplificación al análisis)

Peso unitario del suelo (estado natural)		
Sondeo #1, Sondeo #2, Sondeo #3, Sondeo #4,	Peso unitario del suelo humedo(γ_m)	16.3 kN/m ³
Parámetros a corto plazo		
Sondeo #1, Sondeo #2, Sondeo #3, Sondeo #4,	Cohesión no drenada (c_u)	63 kPa
Parámetros a largo plazo		
Apique #1, Apique #2 y Apique #3	Cohesión (c)	10 kPa
	Angulo de Fricción (ϕ)	30°

5.4 Resultados del análisis de estabilidad de los taludes.

El análisis de estabilidad de taludes se realizó con una metodología conservadora tomando valores de resistencia a mediano-largo plazo, que fueron anteriormente descritos (ver tabla 5.3) y encontrados en la exploración geotécnica, así como la ponderación de los valores más altos de pesos unitarios (ver tabla 5.3), según informe, ES-110, “Estudio de Suelos, Análisis de Riesgo Geotécnico - Barrio Buenavista”.

El análisis del talud a corto plazo no se considera debido a que no es una situación representativa del talud, ya que el talud lleva más de 10 años de construido y no se encontró aguas de nivel freático en el cuerpo principal del talud, por lo cual se considera que el proceso de consolidación primaria ya ha ocurrido en su gran totalidad. Además sería necesario considerar hipótesis adicionales de comportamiento de suelo para adoptar un parámetro de resistencia a corto plazo debido a la condición de esfuerzos de la masa que conforma el talud, y que por la condición actual del talud no es necesario realizar.

Los métodos de análisis para la estabilidad de taludes utilizados fueron Morgenstern and Price, Janbu, Bishop y Ordinario. Se usó un programa de computador como ayuda de análisis.

Basándose en la topografía de la zona, los resultados de la exploración geotécnica y de laboratorio se chequean las siguientes secciones de los taludes, resumidas en la tabla 5.4.

Tabla 5.4. Resumen de secciones o cortes analizados

Sección	Hipótesis	Observación
Talud Sección 1-1	Sección natural, en sentido noroeste-sureste.	Parámetros a mediano, largo plazo, condiciones de humedad encontradas. Se incluye el peso propio del barrio.
	Sección natural, en sentido noroeste-sureste + infiltración máxima causada por lluvia.	Parámetros a mediano largo plazo, peso unitario afectado por las condiciones de humedad (18.1 kN/m ³). Se incluye el peso propio del barrio.
	Sección natural, en sentido noroeste-sureste + sismo de diseño.	Parámetros a mediano largo plazo, condiciones de humedad encontradas. Se incluye el peso propio del barrio.
Talud Sección 2-2	Sección natural más pendiente.	Parámetros a mediano, largo plazo, condiciones de humedad encontradas. Se incluye el peso propio del barrio.
	Sección natural más pendiente + infiltración máxima causada por lluvia.	Parámetros a mediano largo plazo, peso unitario afectado por las condiciones de humedad (18.1 kN/m ³). Se incluye el peso propio del barrio.
	Sección natural más pendiente + sismo de diseño.	Parámetros a mediano largo plazo, condiciones de humedad encontradas. Se incluye el peso propio del barrio.
Talud Sección 3-3	Sección natural, en sentido suroeste-noreste.	Parámetros a mediano, largo plazo, condiciones de humedad encontradas. Se incluye el peso propio del barrio.
	Sección natural, en sentido suroeste-noreste + infiltración máxima causada por lluvia.	Parámetros a mediano largo plazo, peso unitario afectado por las condiciones de humedad (18.1 kN/m ³). Se incluye el peso propio del barrio.
	Sección natural, en sentido suroeste-noreste + sismo de diseño.	Parámetros a mediano largo plazo, condiciones de humedad encontradas. Se incluye el peso propio del barrio.

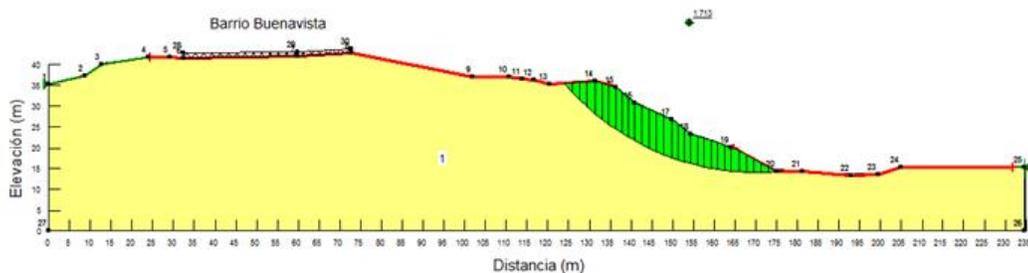
Todas las secciones con sismo se consideraron bajo la hipótesis de aceleración horizontal máxima de sismo como $a_{m\acute{a}x}=0.25$, según NSR-10 y microzonificación

sísmica de Popayán. Es importante anotar que a la aceleración máxima no se le hizo ninguna reducción, aunque es válido hacerlo en el análisis de estructuras geotécnicas. Esto nos daría un factor de seguridad aun mayor en el caso de análisis con sismo, que el mostrada en esta sección del documento.

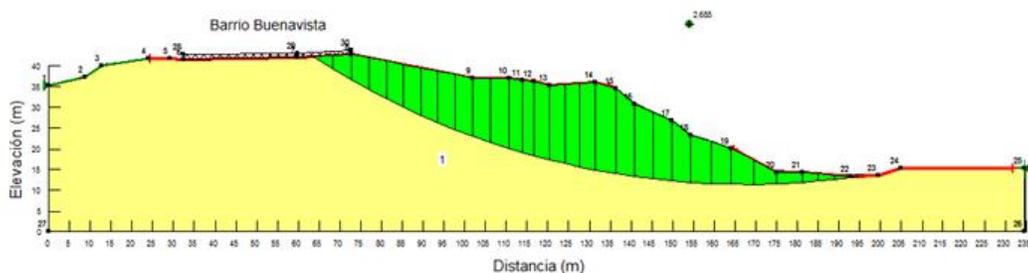
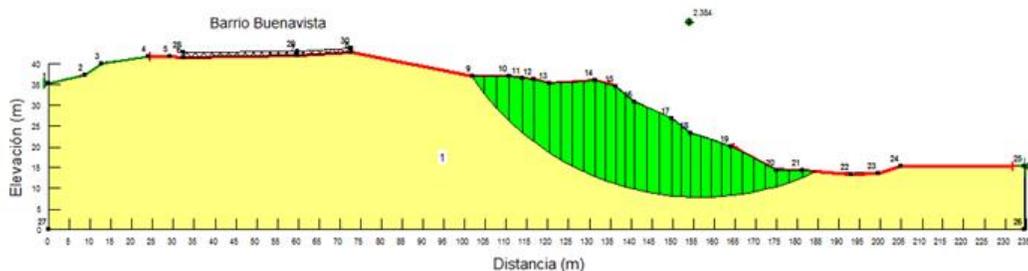
Es importante mencionar que en las perforaciones no se encontró nivel freático dentro del cuerpo principal del talud, así como lo hace suponer la geomorfología de la zona, de donde se puede inferir que aguas subterráneas son difíciles que se produzcan o existan en el cuerpo principal del talud. Solo se considera agua de infiltración para el análisis.

5.4.1 Talud Sección 1-1, Sección natural, en sentido noroeste-sureste, superficies de falla chequeadas cerca de 1350.

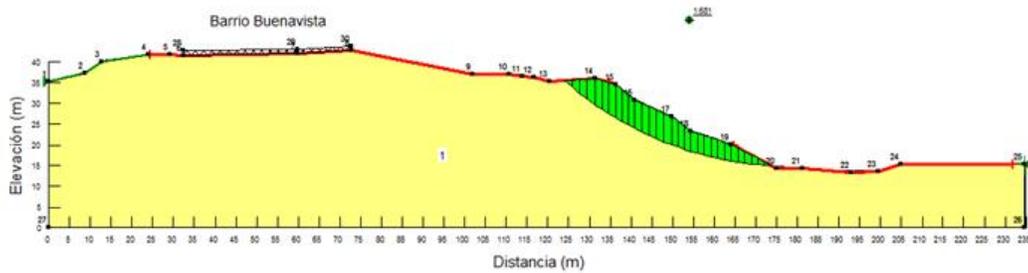
a. Análisis con parámetros a mediano-largo plazo, condiciones naturales. Factor de seguridad, F.S.=1.7



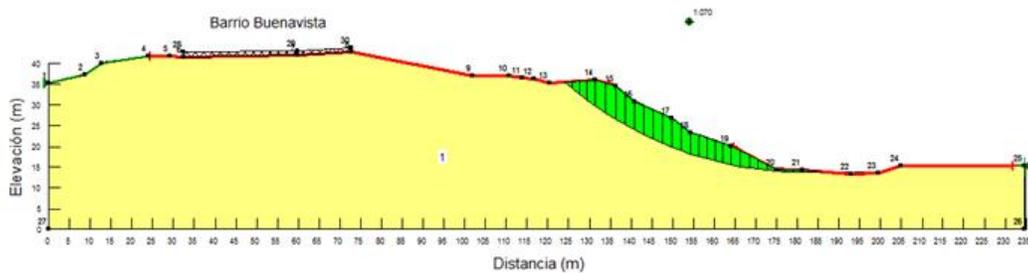
Si se evalúan fallas más profundas para el caso 5.4.1.a y que incluyan la zona del barrio el factor de seguridad es incluso más grande, en esta superficie de falla se muestra un F.S.=2.4 ó F.S.=2.7.



- b. Análisis con parámetros a mediano-largo plazo, condiciones naturales y infiltración máxima causada por lluvia, $\gamma_m=18.1 \text{ kN/m}^3$. Factor de seguridad, F.S.=1.7.

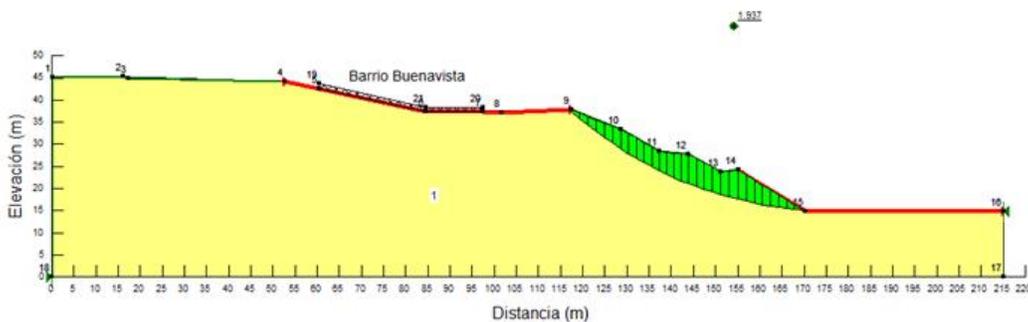


- c. Análisis con parámetros a mediano-largo plazo, condiciones naturales y sismo de diseño, $a_{m\acute{a}x}=0.25$. Factor de seguridad, F.S.=1.1.

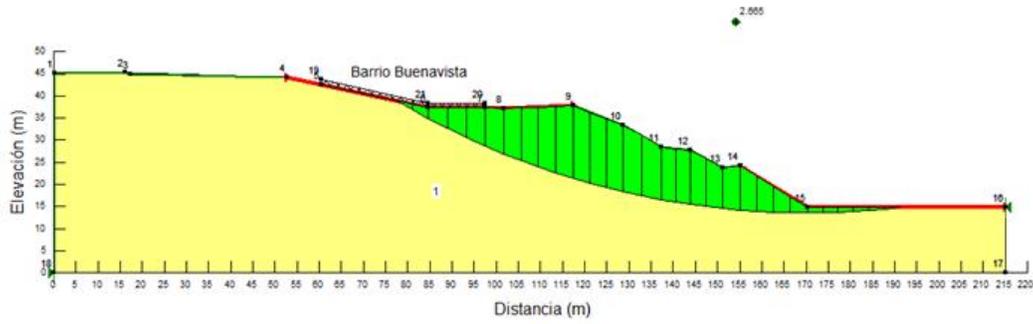


5.4.2 Talud Sección 2-2, Sección natural más pendiente, superficies de falla chequeadas cerca de 1350.

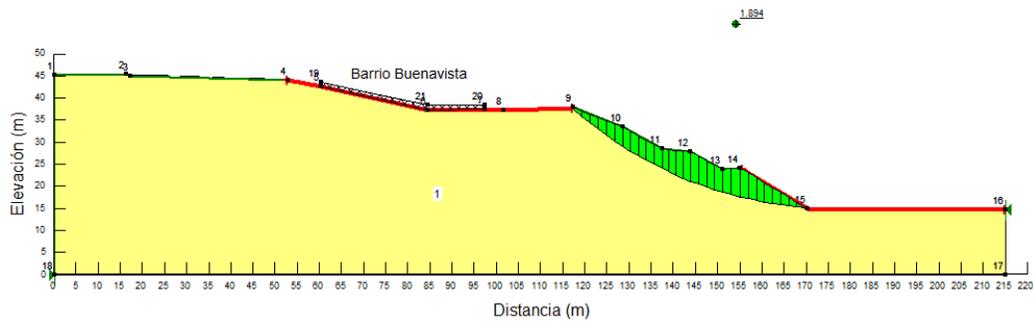
- a. Análisis con parámetros a mediano-largo plazo, condiciones naturales. Factor de seguridad, F.S.=1.9.



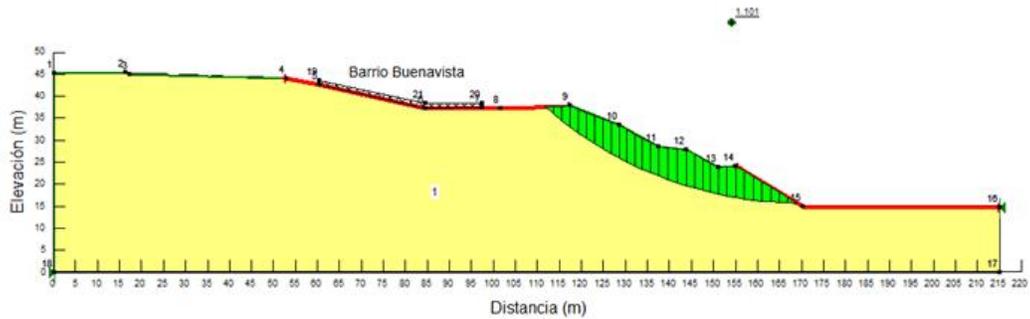
Si se evalúan fallas más profundas para el caso 5.4.2.a y que incluyan la zona del barrio el factor de seguridad es incluso más grande, en esta superficie de falla se muestra un F.S.=2.7.



b. Análisis con parámetros a mediano-largo plazo, condiciones naturales y infiltración máxima causada por lluvia, $\gamma_m=18.1 \text{ kN/m}^3$. Factor de seguridad, F.S.=1.9.

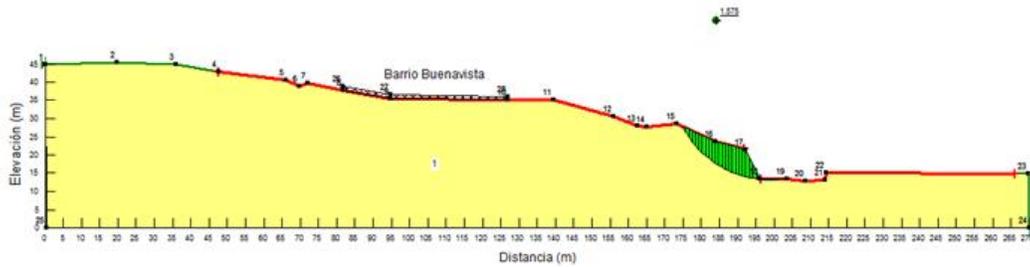


c. Análisis con parámetros a mediano-largo plazo, condiciones naturales y sismo de diseño, $a_{\text{máx}}=0.25$. Factor de seguridad, F.S.=1.1.

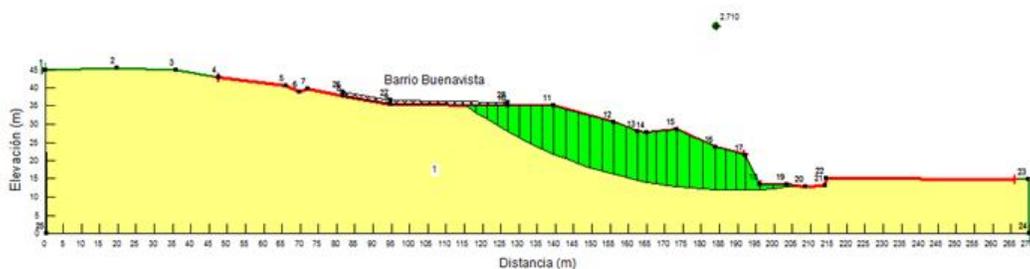


5.4.3 Talud Sección 3-3, Sección natural, en sentido suroeste-noreste, superficies de falla chequeadas cerca de 1350.

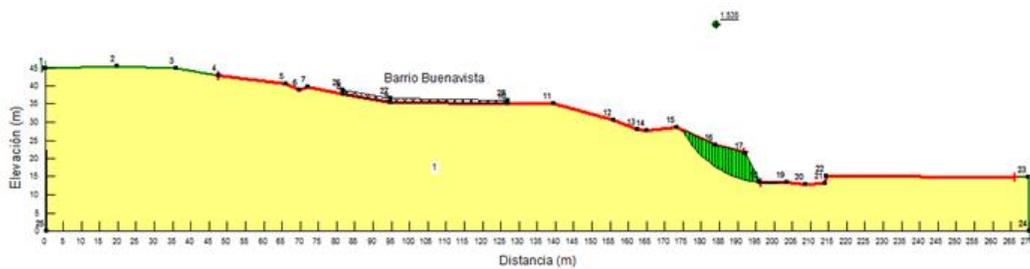
a. Análisis con parámetros a mediano-largo plazo, condiciones naturales. Factor de seguridad, F.S.=1.6



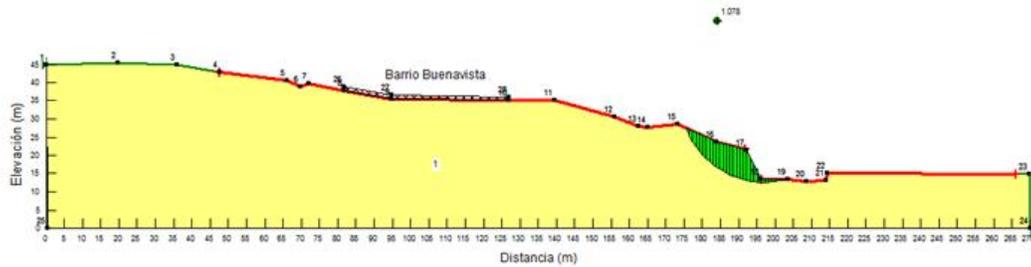
Si se evalúan fallas más profundas para el caso 5.4.3.a y que incluyan la zona del barrio el factor de seguridad es incluso más grande, en esta superficie de falla se muestra un F.S.=2.7.



b. Análisis con parámetros a mediano-largo plazo, condiciones naturales y infiltración máxima causada por lluvia, $\gamma_m=18.1 \text{ kN/m}^3$. Factor de seguridad, F.S.=1.5.



c. Análisis con parámetros a mediano-largo plazo, condiciones naturales y sismo de diseño, $a_{\text{máx}}=0.25$. Factor de seguridad, F.S.=1.1.



5.5. Evaluación final de la amenaza.

Como se muestra en los anteriores análisis de estabilidad de taludes ante eventos de precipitación extrema y sismo, así como en su condición natural, la zona del barrio y su talud adyacente cumplen con la norma NSR-10 en cuanto a los factores de seguridad de la estructura geotécnica natural evaluada. La probabilidad que falle el talud es bajo lo cual nos lleva a decir que la clasificación de amenaza es **baja**.

6. Evaluación de la vulnerabilidad

6.1 Población.

El Barrio Buenavista esta integrado por 56 lotes, cada uno de ellos cuenta con servicios de agua potable, alcantarillado y redes de energía eléctrica. El sector esta divididos en 5 manzanas, con la siguiente participación, Manzana 1 con 11 lotes, Manzana 2 con 14 lotes, Manzana 3 con 11 lotes, Manzana 4 con 7 lotes y Manzana 5 con 13 lotes. La figura 6.1 se muestra una fotografía del Barrio.



Figura 6.1. Vistas fotográfica del barrio Buenavista.

El número de familias que conforman esta comunidad son 56, familias que constituyen la Asociación de vivienda del Barrio Buenavista, la distribución de los lotes se muestra en la Figura 6.1.

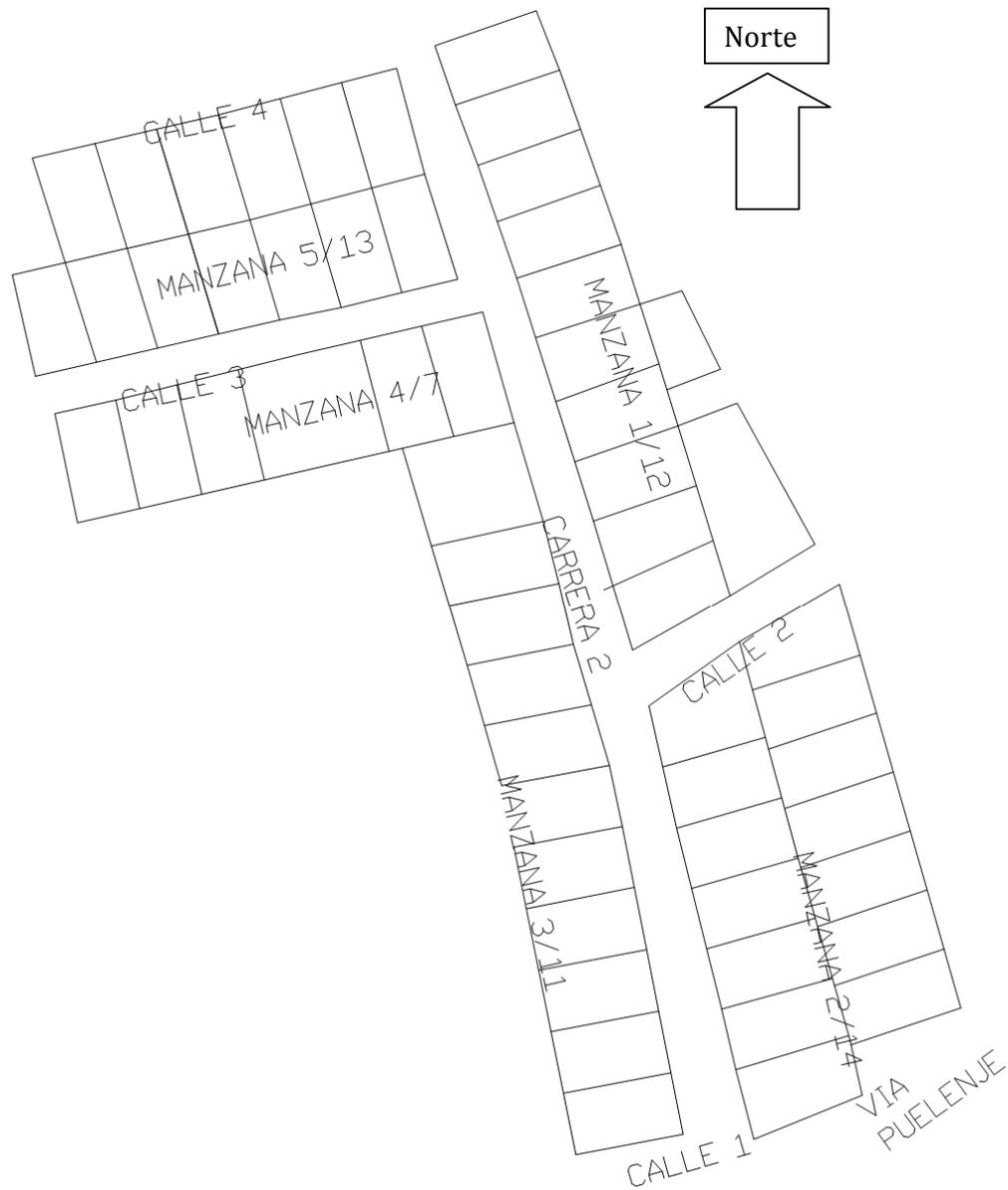


Figura 6.2. Distribución de lotes del Barrio Buenavista

6.2 Edificaciones e infraestructura

La distribución del tipo de construcción, es principalmente mampostería confinada que por inspección parece seguir las recomendaciones sismo-resistentes y por otra parte construcciones en madera que son construidas de manera artesanal. El resumen de esta estadística se muestra en la tabla 6.1.

Tabla 6.1. Distribución de sistema constructivo Barrio Buenavista

Manzana No 1	
Mampostería confinada	Madera estructural
Lote No	Lote No
1	9
2	10
3	11
4	
5	
6	
7	
8	
Manzana No 2	
Mampostería confinada	Madera estructural
Lote No	Lote No
15	13
16	14
17	19
18	20
23	21
24	22
25	26
Manzana No 3	
Mampostería confinada	Madera estructural
Lote No	Lote No
29	27
30	28
31	36
32	37
33	
34	
35	
Manzana No 4	
Mampostería confinada	Madera estructural
Lote No	Lote No
38	39
40	41
43	42
	44
Manzana No 5	
Mampostería confinada	Madera estructural
Lote No	Lote No
48	45
49	46
50	47
52	51
54	53
55	57
56	

6.3. Evaluación y calificación de la vulnerabilidad por deslizamiento

De acuerdo a la Guía Metodológica 1, Incorporación de la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la Republica de Colombia, del año 2005 utilizamos la tabla 17 de este documento para evaluar la vulnerabilidad. Primero se evalúa el grado de exposición el cual resulta ser de clasificación muy baja ya que de acuerdo al análisis de estabilidad de taludes el barrio se encuentra potencialmente por fuera de la principal y más probable superficie de falla, en las condiciones chequeadas (ver figura 6.3).

Tabla 17													
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO													
Clasificación de elementos expuestos	<p>Uno de los métodos existentes que puede servir de ejemplo es el siguiente: Evaluación del grado de exposición frente a fenómenos de remoción en masa</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>GRADO DE EXPOSICION</th> <th>CLASIFICACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dentro de la zona de influencia directa</td> <td>Muy Alta</td> </tr> <tr> <td>Parcialmente en la zona de influencia directa</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td>Totalmente dentro del área de influencia indirecta</td> <td>Media</td> </tr> <tr> <td>Parcialmente en la zona de influencia indirecta (baja afectación)</td> <td>Baja</td> </tr> <tr> <td>Fuera de la zona de influencia directa e indirecta</td> <td>Muy Baja</td> </tr> </tbody> </table>	GRADO DE EXPOSICION	CLASIFICACION	Dentro de la zona de influencia directa	Muy Alta	Parcialmente en la zona de influencia directa	Alta	Totalmente dentro del área de influencia indirecta	Media	Parcialmente en la zona de influencia indirecta (baja afectación)	Baja	Fuera de la zona de influencia directa e indirecta	Muy Baja
GRADO DE EXPOSICION	CLASIFICACION												
Dentro de la zona de influencia directa	Muy Alta												
Parcialmente en la zona de influencia directa	Alta												
Totalmente dentro del área de influencia indirecta	Media												
Parcialmente en la zona de influencia indirecta (baja afectación)	Baja												
Fuera de la zona de influencia directa e indirecta	Muy Baja												
	<p>OMPAD Pereira, 2003</p>												

Figura 6.3. Grado de Exposición (tomado de Guía Metodológica 1, Incorporación de la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial)

Con el grado de exposición podemos calcular la vulnerabilidad junto con el análisis de de fragilidad que hemos hecho después de analizar las variables de población e infraestructura del barrio Buenavista.

En cuanto a la fragilidad se ponderará como Alta, debido a que la infraestructura y la población no estaría preparada para un evento de remoción en masa, en el caso poco probable en que ocurriera en este asentamiento humano.

De acuerdo a la figura 6.4, podremos decir o calificar la vulnerabilidad como **baja**, ya que la variable fragilidad es **alta** y la exposición es **muy baja**.

Cálculo de vulnerabilidad	La vulnerabilidad, es una combinación de diferentes factores. En la tabla se muestra un ejemplo de la determinación de forma cualitativa de la vulnerabilidad física como combinación de la exposición y a la fragilidad					
	EXPOSICIÓN					
	categoria	muy alta	alta	media	baja	muy baja
	FRAGILIDAD muy alta	muy alta	alta	alta	media	baja
	alta	muy alta	alta	media	media	baja
	media	alta	alta	media	baja	baja
	baja	alta	media	media	baja	muy baja
muy baja	media	media	media	baja	muy baja	

Figura 6.4 Calculo de vulnerabilidad (tomado de Guía Metodológica 1, Incorporación de la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial)

7. Evaluación de Riesgo, Recomendaciones y Conclusiones del estudio

7.1. Evaluación final del Riesgo.

De acuerdo a la tabla 7.1, realizada con la filosofía de evaluación de riesgo y ponderado la amenaza y el riesgo, podemos **calificar el Riesgo del barrio Buenavista como bajo**.

Tabla 7.1. Calificación de Riesgo

Calificación de Riesgo		Amenaza		
		Baja	Media	Alta
Vulnerabilidad	Baja	Bajo	Medio	Medio
	Media	Bajo	Medio	Alto
	Alta	Medio	Medio	Alto

7.2. Evaluación del nivel de daños y pérdidas.

De acuerdo al análisis de estabilidad de taludes el barro no tendrá potencialmente pérdidas catastróficas ya que se encuentra fuera de la zona de influencia deslizamiento más probable.

En un caso potencialmente poco probable de que ocurra un deslizamiento, el barrio Buenavista tendrá afectación baja en cuanto a daños y pérdidas que principalmente consistirá en deformaciones a las estructuras del barrio, causando agrietamientos a ellas, causa del desconfinamiento lateral del terreno.

Es importante notar que pendiente abajo hay un barrio continuo, el cual se encuentra en una situación de vulnerabilidad mayor, que podría calificarse hasta alta, pero afortunadamente la amenaza es baja. Es de competencia de las autoridades dar las recomendaciones correspondientes.

7.3. Mitigabilidad de la amenaza y la vulnerabilidad

De acuerdo al resultado de la evaluación de Riesgo, Amenaza y vulnerabilidad de este estudio, las recomendaciones y acciones correctivas serán:

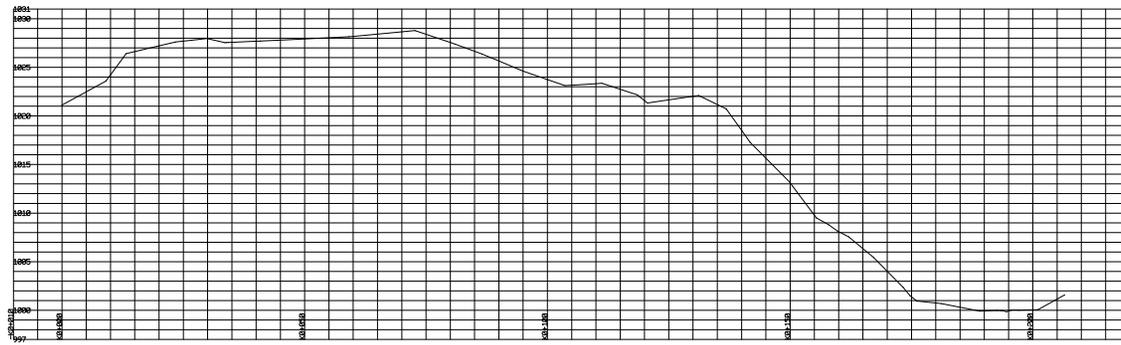
- En lo posible garantizar el recubrimiento natural que existe del talud, (Ej: pasto Vetiver), esto garantizara que no existan procesos de erodabilidad en la zona y procesos de infiltración extremos hacia el talud. Colocar atención a zonas que no tengan este recubrimiento.
- En el futuro garantizar que la menor agua de escorrentía se infiltre hacia el talud, con buenos sistemas de cunetas en las vías que lleven hacia el alcantarillado el agua de lluvia. Adicionalmente la pavimentación de las vías del barrio será benéfico en este aspecto.

- El barrio aledaño está en la zona de influencia del posible deslizamiento, el cual es de amenaza baja. Las recomendaciones a este barrio deberán ser provistas por las autoridades competentes.

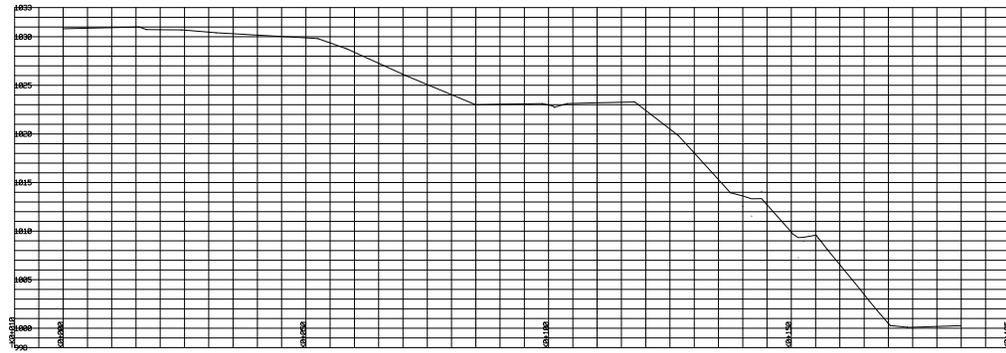
Anexo 1, Levantamiento Topográfico Barrio Buenavista.



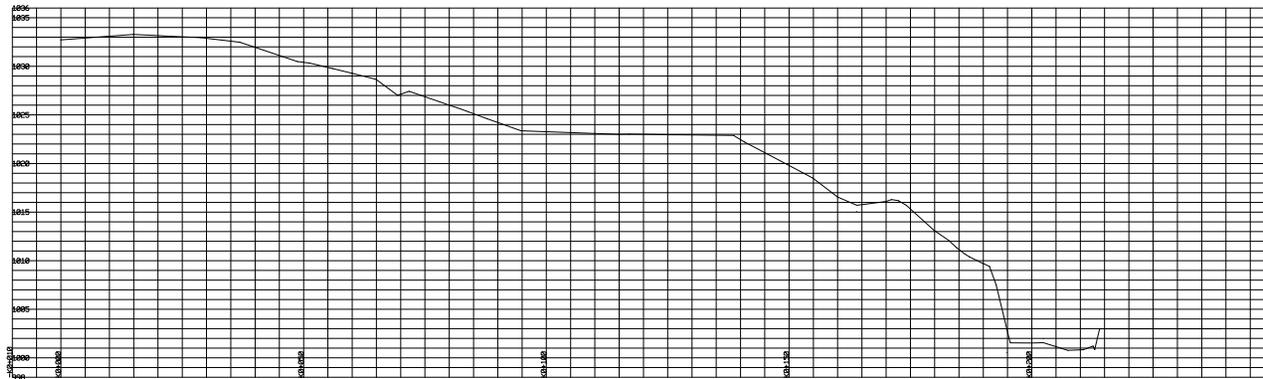
PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO Y DE AMENAZA DE RIESGO DEL BARRIO BUENAVISTA			
REVISO : ING CIVIL LUCIO CRUZ		DISENO :	
CONTENIDO : - TOPOGRAFIA DEL TERRENO CON CURVAS DE NIVEL - SECS DE CORTE PARA LAS SECCIONES TRANSVERSALES.		PROPIETARIO : JUNTA DE ACCION COMunal DE BARRIO BUENAVISTA	
ESCALA : 1:250		FECHA : 29 DE JUNIO DEL 2013	
		DIBUJADO : LOPEZ EDUARDO LOPEZ JUAN PABLO TRINHA	
			PLANO N° : 1



CORTE 1-1



CORTE 2-2



CORTE 3-3

PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO Y DE AMENAZA DE RIESGO DEL BARRIO BUENAVISTA			
REVISO : ING CIVIL LUCIO CRUZ		DISEÑO :	
CONTENIDO : PERFILES DEL TERRENO		PROPIETARIO : JUNTA DE ACCION COMUNAL DE BARRIO BUENAVISTA	PLANO N° 1
ESCALA : 1:250		FECHA : 02 DE JUNIO DEL 2013	DIBUJO : LORGE EDUARDO LOPEZ JUAN PABLO TORRES