



24 MAYO 2018

Quito,

Oficio No. 519 GG-GEF-DE 1991 SG

*Edu:
Entregos en
despacho de
dpto. "10" su "*

Hoja de Ruta No. TE-MAT-04289-18
Ticket GDOC No. 065921

Asunto: Informe de Situación Estudio Geológico Geotécnico y Levantamiento Topográfico Av. Conquistadores

Licenciada
Luisa Maldonado
Concejala Metropolitana de Quito
Venezuela entre Chile y Espejo
Presente

QUI SECRETARÍA GENERAL DEL CONCEJO
ALCALDÍA **RECEPCIÓN**

Fecha: 04 JUN 2018 Hora 14:40

De mi consideración:

Nº. HOJAS h.
Recibido por

En atención al oficio No.0303-LMM-CMQ-2018 de fecha 26 de abril de 2018, de se solicita "Informe de Situación Estudio Geológico Geotécnico y Levantamiento Topográfico Av. Conquistadores", al respecto debo indicar lo siguiente:

- Con fecha 08 de enero de 2018 se realizó la primera reunión interinstitucional con referencia al deslizamiento suscitado en la Av. Conquistadores, de cuyas recomendaciones y compromisos, la EPMMOP fue responsable para realizar los estudios de topografía y mecánica de suelos en el talud antes comentado.
- La topografía del talud bajo análisis fue realizada mediante scanner, cuyo insumo inmediatamente fue sometido bajo análisis de técnicos de la EPMMOP, en donde se pudo apreciar que las condiciones morfométricas del talud no son las más idóneas para la estabilidad. (la cabeza del talud está en contrapendiente)
- Una vez obtenidos los insumos topográficos, se procedió con la planificación de investigaciones de carácter geotécnico, las mismas, consistieron en la ejecución de 56 metros de perforación y una línea geofísica de 110 metros; estas actividades fueron ejecutadas durante el mes de marzo del presente año y realizadas con el laboratorio de suelos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE).
- Con fecha 10 de abril del 2018 se realizó una segunda reunión interinstitucional, en donde, la EPMMOP dio a conocer las diferentes actividades que hasta la fecha se habían ejecutado, se comentó en esencia que los resultados de las investigaciones geotécnicas estaban siendo analizadas y contextualizadas en un modelo geológico geotécnico que explique los fenómenos que desencadenaron el deslizamiento, además, se señaló que la EPMMOP ha realizado visitas de

campo con técnicos involucrados en: ingeniería hidráulica, vial, y geológica, de donde, se ha podido recabar información adicional a la obtenida del estudio geológico geotécnico efectuado por la PUCE.

- Con fecha 20 de abril la PUCE entrego el informe de "Estudio de Mecánica de Suelos para Talud Calle de los Conquistadores ABS. 0+800"; informe que ha sido analizado internamente por técnicos de la EPMMOP y de cuya actividad resultó el "Informe Geológico Geotécnico del Talud Conquistadores ABS 0+800 desde la Av. Simón Bolívar vía a Cumbaya"; el cual, adjunto al presente oficio para su conocimiento.
- El informe geológico geotécnico elaborado por esta dependencia contiene recomendaciones puntuales a efectuarse de manera perentoria para la mitigación de la amenaza, así como, otras puntualizaciones acerca de los resultados geológicos geotécnicos que se encaminan hacia la búsqueda de una solución definitiva en la zona afectada por el deslizamiento del Talud Conquistadores.




Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Iván Alvarado Molina
Gerente General
Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas

Copia: -Abg. Diego Cevallos - Secretario General del Concejo Metropolitano de Quito
-Ing. Cristian Rivera - Director Metropolitano de Gestión de Riesgos

Anexo: - Informe Geológico Geotécnico del Talud Conquistadores ABS 0+800 desde la Av. Simón Bolívar vía a Cumbayá. (31 hojas)

Elaborado por:	Ing. Francisco Bonifaz	DE	
Revisado por:	Ing. René Alvarado S. Director de Estudios	DE	
Aprobado por:	Ing. Gerardo Viteri Gerente de Estudios y Fiscalización	GEF	

**INFORME GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DEL TALUD
CONQUISTADORES ASB 0+800. DESDE LA AV. SIMÓN
BOLÍVAR VÍA A CUMBAYA**

Abril de 2018

1 ANTECEDENTES	1
2 OBJETIVOS	1
2.1 GENERAL.....	1
2.2 ESPECIFICO.....	1
3 GENERALIDADES	2
3.1 UBICACIÓN.....	2
3.2 ACCESO.....	3
4 METODOLOGIA	4
5 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	5
6 ANÁLISIS GEOLÓGICO LOCAL	8
6.1 GEOMORFOLOGÍA.....	8
6.2 GEOLOGÍA LOCAL.....	9
6.2.1 <i>Formación Machángara</i>	9
6.2.2 <i>Formación Cangahua</i>	9
6.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	10
7 MODELOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS	14
7.1 INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS EJECUTADAS.....	14
7.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ANTES DEL DESLIZAMIENTO.....	16
7.2.1 <i>Análisis de Estabilidad Condiciones "Antes del Deslizamiento"</i>	19
7.2.2 <i>Análisis de Estabilidad Condiciones "Antes del Deslizamiento" + Factor Agua</i>	20
7.2.3 <i>Análisis de Estabilidad Condiciones "Antes del Deslizamiento" + Factor Sismo</i>	20
7.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN CONDICIONES ACTUALES.....	21
7.3.1 <i>Análisis de Estabilidad en Condiciones Actuales "Luego del Deslizamiento"</i>	21
7.3.2 <i>Análisis de Estabilidad en Condiciones Actuales "Luego del Deslizamiento + Factor Agua"</i>	22
7.3.3 <i>Análisis de Estabilidad en Condiciones Actuales "Luego del Deslizamiento + Factor Sismo"</i>	23
7.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN CONDICIONES FUTURA.....	24
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 3-1:UBICACIÓN DEL TALUD CONQUISTADORES.....	2
ILUSTRACIÓN 3-2: ACCESO AL SITIO DEL TALUD CONQUISTADORES.....	4
ILUSTRACIÓN 5-1: VALLE INTERANDINO CENTRAL MODIFICADO DE (VILLAGÓMEZ, 2003).....	6
ILUSTRACIÓN 5-2: MAPA TECTÓNICO DEL VALLE DE QUITO, VILLAGÓMEZ (2003).....	7
ILUSTRACIÓN 6-1: MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LAS ZONAS ALEDAÑAS AL SITIO DE IMPLANTACIÓN DEL TALUD.....	8
ILUSTRACIÓN 6-2: MAPA GEOLÓGICO DEL TALUD CONQUISTADORES.....	10
ILUSTRACIÓN 6-3: MAPA DE FALLAS Y PLIEGUES CUATERNARIOS DEL ECUADOR (EGUEZ ET AL, 2003).....	11
ILUSTRACIÓN 6-4 MAPA DE ALINEAMIENTOS ESTRUCTURALES IDENTIFICADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO DEL TALUD CONQUISTADORES.....	12
ILUSTRACIÓN 6-5: MODELO DE ESFUERZOS DE RIEDEL (TOMADO DE WWW.GEOVIRTUAL.CL).....	13
ILUSTRACIÓN 6-6: INTERPRETACIÓN DE ALINEAMIENTOS ESTRUCTURALES EN LA ZONA DEL TALUD.....	14
ILUSTRACIÓN 7-1: UBICACIÓN DE PERFORACIONES Y GEÓFONOS DE LÍNEA SÍSMICA EJECUTADA EN LA ZONA DEL TALUD CONQUISTADORES.....	15

ILUSTRACIÓN 7-2: PERFIL SÍSMICO OBTENIDO EN SITIO DEL TALUD CONQUISTADORES.....	16
ILUSTRACIÓN 7-3: CONDICIONES DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD CONQUISTADORES	17
ILUSTRACIÓN 7-4: ESQUEMA DE MATERIALES CON LOS CUALES SE HA CORRIDO LOS MODELOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	18
ILUSTRACIÓN 7-5: RESULTADO ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES ANTES DEL DESLIZAMIENTO.....	19
ILUSTRACIÓN 7-6: RESULTADO ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES ANTES DEL DESLIZAMIENTO + FACTOR AGUA	20
ILUSTRACIÓN 7-7:RESULTADO ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES ANTES DEL DESLIZAMIENTO 4- FACTOR SISMO	21
ILUSTRACIÓN 7-8: RESULTADO ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES ACTUALES.....	22
ILUSTRACIÓN 7-9: RESULTADO ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES ACTUALES + FACTOR AGUA.....	23
ILUSTRACIÓN 7-10: RESULTADO ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES ACTUALES + FACTOR SISMO	24
ILUSTRACIÓN 7-11: RESULTADO ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES FUTURAS	24

INDICE DE TABLAS

TABLA 7-1: UBICACIÓN DE PERFORACIONES EJECUTADAS EN EL TALUD CONQUISTADORES.....	15
TABLA 7-2: ÁNGULOS DE ROZAMIENTO ADOPTADOS PARA LOS MATERIALES IDENTIFICADOS EN EL TALUD CONQUISTADORES.....	18

1 ANTECEDENTES.

En la ciudad de Quito durante la época lluviosa son recurrentes los problemas relacionados con deslizamientos, algunos de ellos, ocasionados por saturación de agua en los estratos superficiales de suelo o roca y otros, por problemas de índole geológica **geotécnica** como suelos de mala calidad, poca resistencia al corte de los materiales, fallas geológicas activas entre otros.

Con base en recorridos de campo, denuncias realizadas por la población y/o identificación directa del Municipio se ha localizado varios puntos críticos de deslizamientos o deformaciones en taludes a lo largo de la ciudad de Quito, uno de ellos, y del cual es objeto el presente informe, es el ubicado en la calle Conquistadores aproximadamente a 800 metros luego de la intersección de la Av. Simón Bolívar, en dirección hacia **Cumbaya**.

Varias han sido las acciones que se han tomado con relación al deslizamiento del talud de la avenida Los Conquistadores ("Talud Conquistadores" de aquí en adelante) entre las que se destaca las siguientes: reuniones **interinstitucionales** para tratar el asunto de seguridad, diseño y gestión de riesgos del deslizamiento, levantamiento topográfico del área bajo análisis, estudio de mecánica de suelos, medidas preventivas tales como disminución de la carga de tráfico y señalización a lo largo del área afectada por el deslizamiento.

Bajo los antecedentes que preceden en los párrafos anteriores y tomando los niveles de amenaza frente a otro deslizamiento dentro del cual está el Talud Conquistadores se ha procedido a realizar un análisis desde el punto de vista geológico del estado actual del comentado talud, para luego, con base en los resultados de los ensayos de mecánica de suelos ejecutado por la PUCE, realizar modelos geológicos **geotécnicos** que expliquen la **geodinámica** del talud estudiado.

El informe geológico **geotécnico** que se ha preparado consta de los siguientes elementos: los objetivos que se pretende alcanzar con el reporte, la metodología empleada para alcanzar tal **fin**, el análisis geológico, **geomorfológico** y estructural particular del talud y se **finaliza** con los modelos geológicos **geotécnicos** conformados con los resultados de mecánica de suelos efectuados por la PUCE. Finalmente, se emiten las recomendaciones que se deberán tomar en cuenta en el talud Conquistadores, desde el punto de vista geológico **geotécnico**, las cuales, convendrán ser **consensuadas** con otros aspectos **ingenieriles**

2 OBJETIVOS.

2.1 General

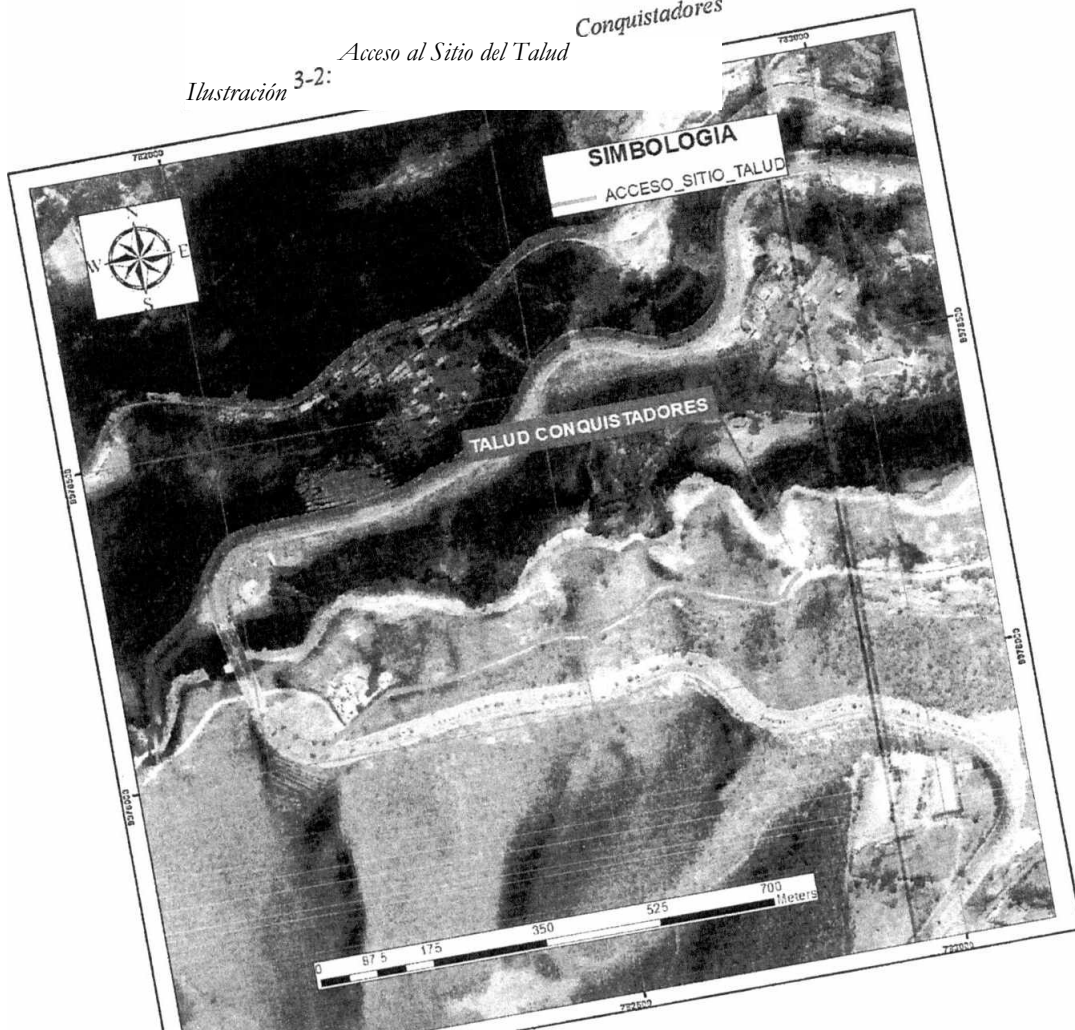
Analizar del contexto geológico **geotécnico** del Talud Conquistadores, el cual, ha presentado un deslizamiento importante, el mismo, que representa una amenaza para la población en cuanto a movilidad y seguridad.

2.2 Especifico.

Como objetivos específicos se ha establecido los siguientes:

- Analizar el contexto tectónico y **neotectónico** de la zona donde se ubica el Talud.
- Estudiar la **Estratigrafía** del talud Conquistadores.
- Realizar un análisis de **fotointerpretación**, para definir los **morfoalineamientos** que se ubiquen en la zona del talud.
- Describir la geomorfología de la zona de estudio.

Ilustración 3-2: Acceso al Sitio del Talud Conquistadores



Fuente: Ortofoto del DMQ escala 1:5000.
Modelos de Sombras, servicio WMS del Instituto Geográfico Militar

4 METODOLOGIA.

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados en el presente informe, se ha definido la siguiente secuencia metodológica:

Recopilación de Información. la misma, que se obtiene del proceso de estudio y análisis de la Empresa Metropolitana de Movilidad, se ejecuta la gerencia de Diseños y Estudios de la Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas, así también, se ha indagado información de fuentes secundarias, en especial relacionadas con geología, tectónica, cartografía y topografía.

Análisis tectónico del Área de Estudio. Este riera, se describe la función de las investigaciones científicas, las cuales, han permitido conocer la configuración tectónica regional bajo la que está inmersa el territorio ecuatoriano y aplicarla al sitio que actualmente está investigando.

Fotointerpretación del Sitio. esta actividad tiene como finalidad identificar morfoalineamientos que pueden ser interpretados directamente con una validación investigativa y de campo.

EPMMOP
EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA
DE MOVILIDAD Y OBRAS PÚBLICAS

Departamento Geológico Talud Conquistadores
9 de Octubre N26 -56, entre
Santa María y Marieta de Veintemilla.

PBX: 2907005
1800 456 759 - opción 3

como estructuras geológicas importantes tales como: fallas, pliegues u otras que pueden de alguna manera tener un control estructural sobre la morfología actual del terreno. Como instrumento para la **fotointerpretación** se utilizó la **ortofotografía** escala 1:5000 del **DMQ**, la misma, que con un modelo de sombras (el cual, proporciona profundidad a la **ortofoto**) y un software de **entrono SIG** permite dibujar los lineamientos interpretados.

Estratigrafía del Talud de Estudio, para definir la **estratigrafía** del talud se ha recurrido a dos procesos, el primero consiste en analizar la información geológica disponible del sector; la cual, está disponible en la página **web** del Instituto Geológico Minero y de la información generada como parte del estudio que actualmente realiza la Gerencia de Diseños y Estudios de la **EPMMOP** en especial el estudio de suelos realizado por la Universidad Católica; mientras, que un segundo proceso consistió en realizar una investigación de campo, en donde se constató la geología superficial del sitio del talud.

Geomorfología, la descripción de las **geoformas** de la zona del talud se realizó en función de la interpretación de pendientes y elevaciones de las zonas aledañas al talud; la conformación de los insumos de interpretación (elevaciones y pendientes) se elaboraron con base en la topografía escala 1: 5000; **cartografía** disponible en le **Geoportal del SIGTIERRAS**.

Geología Estructural, el análisis **geo** estructural de la zona del talud se realizó con base en los **morfoalineamientos** identificados en la etapa de **fotointerpretación**. Como dato de buzamiento se empleó los expuestos en el mapa de fallas cuaternarias del Ecuador. Una vez determinada las alineaciones se utilizó el software **Dips**, el cual, permite realizar un análisis de las direcciones preferenciales de los sistemas o alineamientos identificados.

Modelos Geológicos Geotécnicos: Basados en el reconocimiento geológico de campo y los resultados de investigaciones **geotécnicas** efectuadas por la **PUCE**, se procedió a esquematizar la información necesaria para la conformación de los modelos, la cual, consistió en extraer datos **geomecánicos**, conformación de la estratificación existente en la zona, evaluaciones preliminares de estabilidad entre otros. Luego con la información y con la ayuda de un software de análisis de estabilidad de taludes se corrió varios modelos de estabilidad utilizando el criterio de rotura **planar**.

Para la **modelación** de estabilidad de taludes se realizó utilizando dos **metodologías**: la primera mediante un análisis de sensibilidad, en donde, se **dió** rangos de posibles valores a la cohesión y ángulo de rozamiento de los materiales identificados en el talud; mientras, que la segunda metodología consistió en un análisis **probabilístico**, en este caso, se utilizó los valores de ángulos de rozamiento como fijos y se calculó la cohesión probable de cada material, con ello, se evaluó los factores de seguridad del talud en diferentes condiciones.

Tanto los análisis de sensibilidad como **probabilístico** son **metodologías** que constituye un análisis inverso de materiales (**back analysis**), el cual, permite estimar los parámetros **geomecánicos** de los materiales del talud antes de fallar o deslizarse. Los parámetros obtenidos con el “**back analysis**” pueden servir como punto de partida para los estudios de estabilidad actual y con la incorporación de factores sismo y agua, bajo la consideración que los materiales son de carácter frágil.

5 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.

La ciudad de Quito se encuentra ubicada en el Valle interandino; el mismo, que se encuentra limitado al este por la Cordillera Real al oeste por la Cordillera Occidental, constituye una depresión topográfica con dirección N-S a NNE- SSW. Sus dimensiones son aproximadamente 25

Km de ancho, 300Km de largo, y está ubicado entre los 2°10" S en la zona de Alausí hasta 0°30" N en la Zona del Chota. Según Villagómez (2003).

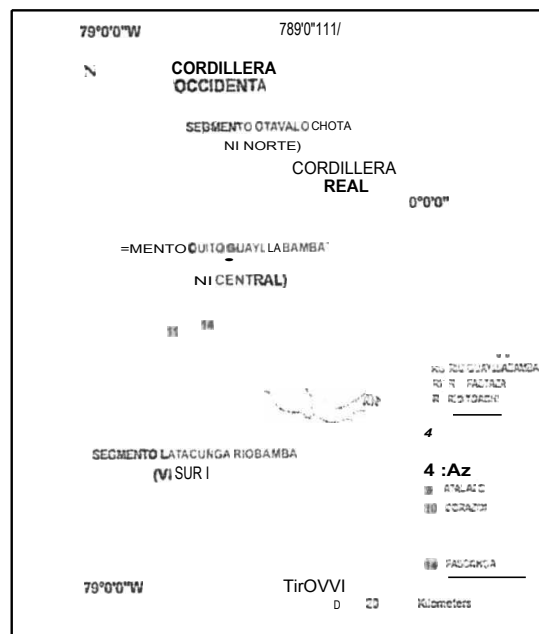
El valle Interandino como tal presenta tres segmentos: Valle Interandino Norte, Valle Interandino Central (Quito-Guayllabamba), en el cual, se localizaría la zona donde se ubica el talud Conquistadores; este segmento del valle se localiza delimitado al Norte por los volcanes Mojanda y Cusín y al sur por los volcanes Rumiñahui, Paschocha e Iliniza, el tercer y último segmento corresponde al Valle Interandino Sur.

El Valle Interandino empezó a formarse en el Mioceno Tardío –Plioceno (Winkler, 2002). Tiene como basamento la Formación Pallatanga o posiblemente el Melange Peltetec, compuestos por gabros indiferenciados, rocas sedimentarias indiferenciadas, lavas y escorias basálticas.

Enfocándose en el basamento del Valle Interandino Central, el mismo, comprende de lavas basales de la Formación Pisque, conformadas por lavas andesíticas y brechas que por su edad posiblemente están relacionadas con los volcanes Pambamarca, Cubilche, Chilcaloma y Casitagua. Estos depósitos están sobreyacidos discordantemente por tobas intercaladas con lahares y con flujos piroclásticos, sedimentos aluviales, fluviales, deltaicos y lacustres correspondientes a las formaciones Pisque y San Miguel. La Secuencia superior consiste en depósitos volcánicos, lahares, flujos, hiperconcentrados y depósitos fluviales, que corresponden a las formaciones Guayllabamba, Mojanda y Cangahua. (Villagómez, 2003).

A continuación, se muestra la distribución de los segmentos del Valle Interandino, el talud Conquistadores se ubica sobre la zona central de dicho valle.

Ilustración 5-1: Valle Interandino Central Modificado de (Villagómez, 2003)



Así mismo, con respecto a las fallas se tiene que en el Valle Interandino existe un ambiente tectónico activo, regido por un sistema de fallas inversas asociadas a una **deposición** sin-tectónica que corresponden al sistema de fallas de Quito. El **fallamiento** regional corresponde a la Falla

6.2 Geología Local

En el área donde se ubica el talud, con base en la investigación bibliográfica realizada, los recorridos de campo ejecutados y las investigaciones **geotécnicas** realizadas se determina que en la zona estarían aflorando las siguientes formaciones geológicas:

6.2.1 Formación Machángara.

Formados por volcánicos indiferenciados, está limitada a la **subcuenca** de Quito, subdividiendo a las rocas del borde oriental en dos unidades, en la zona estaría aflorando el Miembro Quito:

Miembro volcánico Basales: están conformados por depósitos volcánicos primarios que incluyen depósitos de avalancha, flujos **piroclásticos**, lavas **andesíticas**, caída de ceniza y pómez.

Miembro Quito: consiste principalmente en depósitos volcánicos **epiclásicos**, hacia el centro de la cuenca de Quito, con evidencia de posibles facies lacustres y palustres.

6.2.2 Formación Cangahua.

Caracterizado por presentar una disposición mantecada, de textura limo arenosa en ocasiones compacta, formada por múltiples procesos de **meteorización** y **retrabajamiento**; esta formación, se presenta de manera general en forma masiva, con una gruesa estratificación en la base, la cual, se va perdiendo en sus niveles superiores, se define como un depósito **periclinal** de caída depositado en un ambiente frío y seco de edad 130 ka -10ka.

El mapa que se presenta a continuación indica la configuración geológica del sitio de implantación del talud Conquistadores.

efectuado por Bonilla y otros 2002. Geomorfológicamente se presenta como un levantamiento de pendientes pronunciadas. Según las estimaciones realizadas por (Soulas, et al., 1991) la falla tendría un movimiento relativo entre 0.2 y 1 mm por año.

El segmento de la falla sur de Quito tiene un rumbo N 16°E+19°, su buzamiento estaría a 60° con dirección oeste. Al igual que el segmento norte forma un levantamiento con pendientes pronunciadas. La falla tendría un movimiento por año entre 0.2 y 1 m. La edad tanto para el segmento Norte como Sur estaría en el orden de los 15000 años (Holoceno).

Ilustración 6-3: Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarios del Ecuador (Eguez et al, 2003)



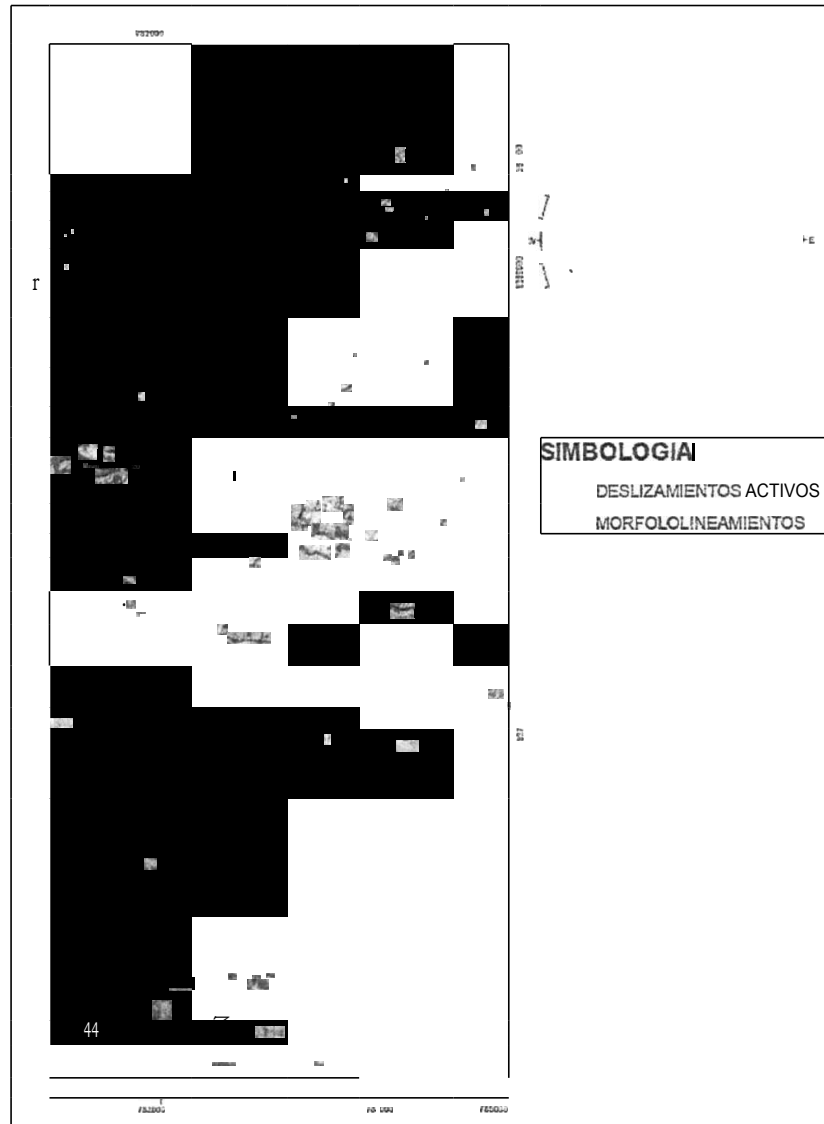
Elaboración: EPMMOP 2018.

Una vez identificados los posibles fallamientos regionales que pudieran afectar a la zona del talud en estudio, se ha procedido a la identificación de los morfoalineamientos en las zonas aledañas al sitio de estudio; este procedimiento, permitirá identificar alineamientos que incidan directamente sobre el talud y los cuales, se estén convirtiendo en factores detonantes para la generación de deslizamientos.

Una vez obtenidos los alineamientos estructurales se ha procedido con el análisis de las direcciones preferenciales de los mismos; esto, permite inferir la dirección de esfuerzos bajo los cuales estaría sujeta la zona de ubicación del Talud Conquistadores.

El resultado de la interpretación de alineamientos, así como, del análisis de direcciones de cada uno de ellos, se presenta en la siguiente ilustración.

Ilustración 6-4 Mapa de alineamientos estructurales identificados en la zona de estudio del talud Conquistadores



Tal como se puede apreciar en la imagen anterior, se ha logrado **definir** que los esfuerzos principales que están actuando en la zona del talud son con dirección NE – SW, así también, se ha definido que existe esfuerzos con dirección E – W y NW – SE.

El resultado de la variabilidad de los esfuerzos confirma que el sector tiene incidencia de un movimiento inverso, propio por el movimiento de la falla de Quito y otro por el movimiento **dextral** de la misma; procesos que, generan una serie de esfuerzos en todas las direcciones en toda la zona.

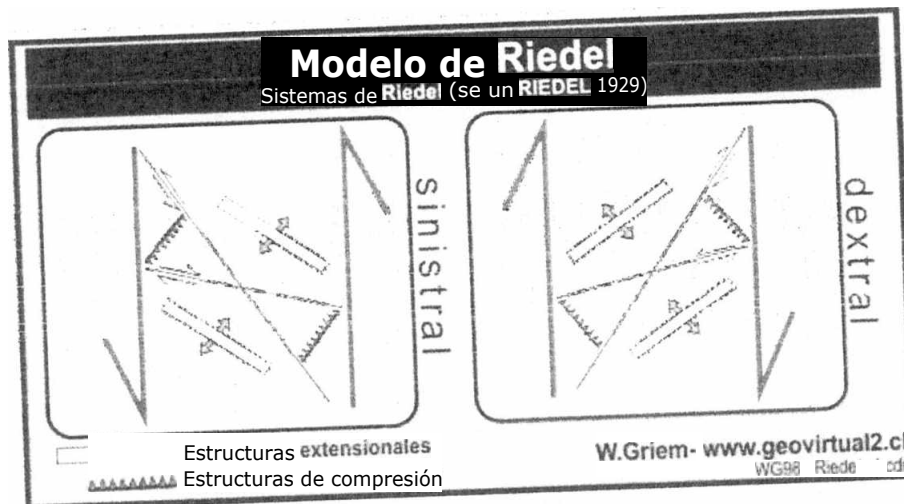
Para definir con mayor detalle las direcciones de los esfuerzos se ha procedido analizar puntualmente la zona de ubicación del deslizamiento, el cual, es objeto del presentes estudio.

El detalle de interpretación de los esfuerzos puede ser observado en la ilustración 8-3, allí, se aprecia que los meandros del Río Machángara, ubicados al pie del talud tienen una configuración muy particular, se ubica 6 meandros en un tramo de 400 metros, los cuales, tienen ángulos rotos: esta configuración de morfometría fluvial en el río, hace estimar que los quiebres allí identificados son el producto de un control estructural en el cauce, mas no, por falta de competencia en el material; el control estructural comentado estaría siendo influenciado por la presencia de la falla Quito en el sitio de estudio.

Así mismo, se ha identificado lineamientos perpendiculares en la zona del proyecto; estos responden a las fuerzas de tracción y compresión bajo las cuales estaría sujeto el talud.

El modelo tenso deformativos que pueden explicar este tipo de eventos, es la teoría de Riedel (1929), la misma, que explica la deformación dentro de una zona que sufre las fuerzas que corresponden a una falla del rumbo

Ilustración 6-5: Modelo de Esfuerzos de Riedel (tomado de www.geovirtual.cl)



A continuación, se muestra el resultado de los alineamientos identificados en la zona del talud, así como, la dirección de esfuerzos que estarían aplicando en el mismo.

Ilustración 6-6: Interpretación de Alineamientos Estructurales en la zona del Talud



Elaboración: EPMMOP 2018.

7 MODELOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS.

7.1 Investigaciones Geotécnicas Ejecutadas.

En el sitio del talud se han ejecutado tres investigaciones de carácter geotécnico, y una línea de sísmica de refracción de 110 m de longitud. La ubicación de las perforaciones ejecutadas, así como, sus profundidades pueden ser apreciadas en la siguiente tabla:

Tabla 7-1: Ubicación de Perforaciones Ejecutadas en el Talud Conquistadores

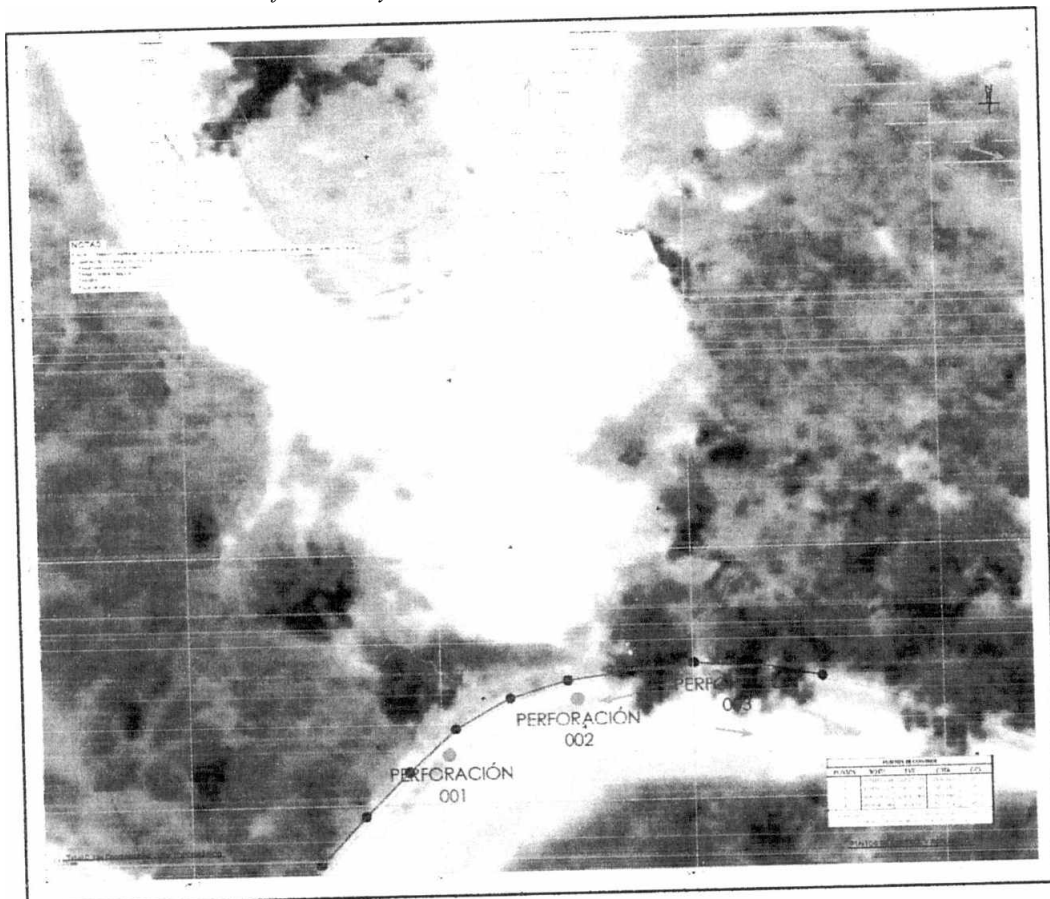
				PROFUNDIDAD
PI	9978162.702	504596.480	2502.520	15
P2	9978159.773	504574.410	2505.380	26
P3	9978151.269	504553.855	2508.233	15

Fuente: Tomado de Estudios de Suelos Talud conquistadores realizado por la **PUCE**

Los resultados de los sondeos con logs de perforación constan en el informe de mecánica de suelos entregado por la PUCE.

La ubicación de las investigaciones mostradas en la tabla 7-1 y de la ubicación de los geófonos de la línea sísmica ejecutada pueden ser apreciadas en la siguiente ilustración:

Ilustración 7-1: Ubicación de Perforaciones y Geófonos de línea sísmica ejecutada en la zona del talud Conquistadores

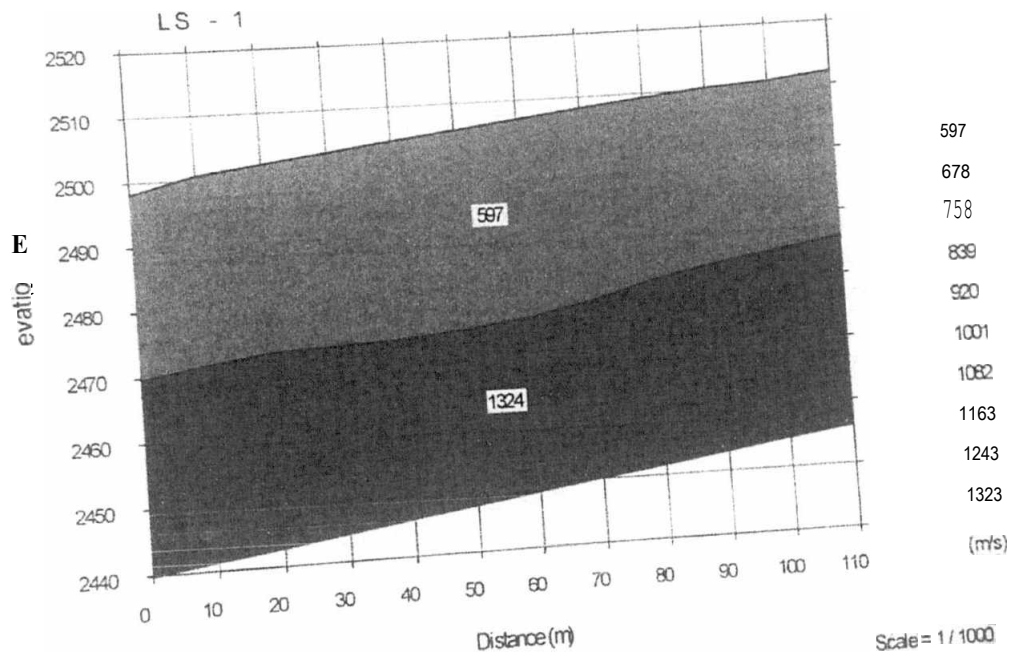


Elaboración: EPMMOP 2018.

Los resultados de la línea sísmica mostraron que en el sitio existe dos estratos con velocidades diferentes, el uno con una velocidad de 597 m/s que correspondería a los estratos areno limosos superiores identificados en la zona del talud y que estarían muy poco consolidados; mientras, que un segundo estrato con una velocidad de 1324 corresponde a estratos limo arenosos más consolidados de la formación Machángara.

A continuación, se muestra los resultados del perfil sísmico obtenido.

Ilustración 7-2: Perfil sísmico obtenido en sitio del talud Conquistadores



Fuente: Tomado de Estudios de Suelos Talud conquistadores realizado por la PUCE

De acuerdo con los resultados: geológicos, perforaciones y sísmicos se ha podido establecer que en el talud existirían dos unidades geotécnicas: la primera corresponde a la unidad compuesta por varios estratos (areno limoso, tobas y depósitos piroclásticos); mientras que una segunda unidad correspondería con los depósitos inferiores de la formación Machángara y que en el sitio corresponderían con los estratos limo arenosos de coloración marrón con bloques de tamaños variables de rocas de afinidad volcánica; mientras, que una segunda

7.2 Análisis de Estabilidad antes del Deslizamiento

Como se comentó en el apartado de metodología, el estudio de estabilidad de taludes parte de un análisis inverso de los materiales (back analysis); esto, con la finalidad de lograr determinar el estado de los materiales antes del deslizamiento; esta condición en donde los materiales están al límite de la resistencia al corte (al límite de fallar) se denomina resistencia máxima o pico, lo que conlleva a determinar parámetros geomecánicos de igual magnitud; luego del deslizamiento se considera que la resistencia de los materiales se vuelven residuales que en teoría son menores que los máximos y no representarían probabilidad de fallar nuevamente, sin embargo, para el caso del talud en estudio se ha estimado que se trata de suelos residuales (mezcla limo y arenas), donde, los parámetros de resistencia pico son casi similares a los residuales

Para el caso del talud Conquistadores, luego del deslizamiento – y como se puede apreciarse en la actualidad- continua con esfuerzos cortantes altos (muy susceptible de volver a deslizarse) debido a la pendiente actual del terreno, la composición misma de los estratos y las condiciones

de evaluar la estabilidad del talud Conquistadores se ha procedido a plantear varios escenarios anteriores y posteriores al deslizamiento producido, así, se ha planteado los siguientes escenarios:

Ilustración 7-3: Condiciones de Análisis de Estabilidad del Talud Conquistadores

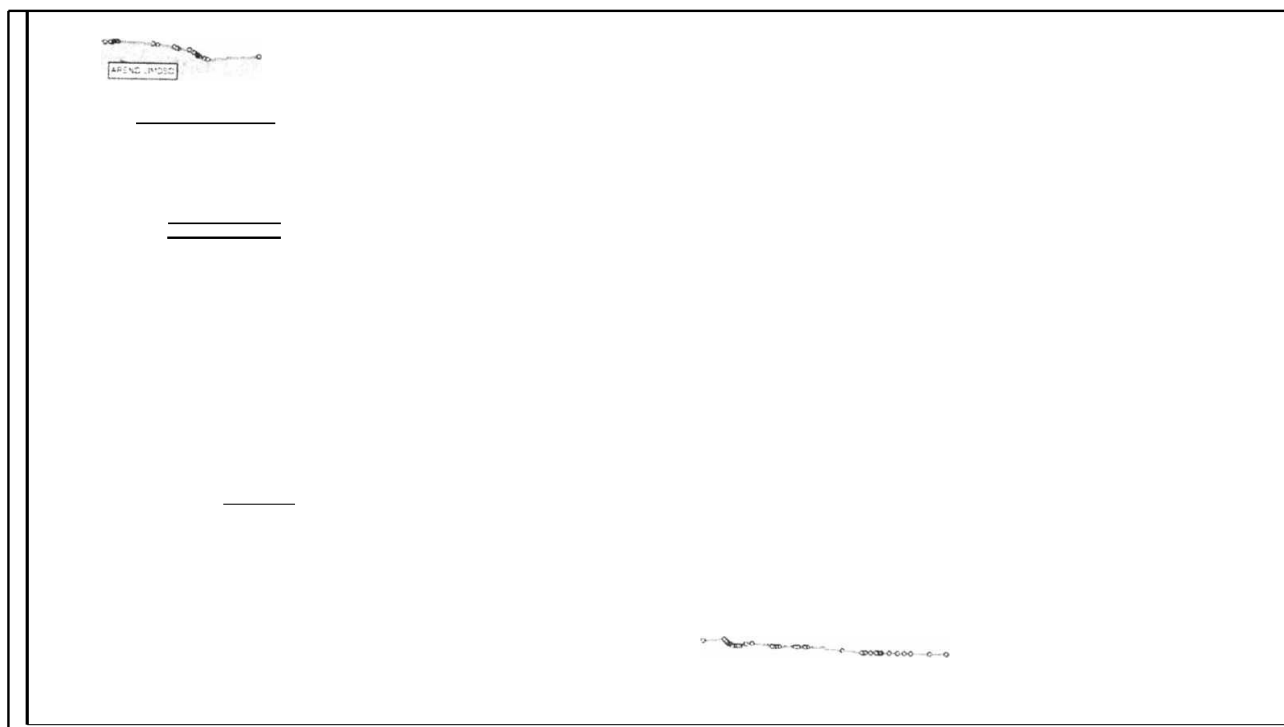
Antes del deslizamiento (Infiere Posibles Causas de falla)	Estabilidad del Talud Antes del Deslizamiento	ALTO (el sitio estaba con una susceptibilidad de deslizamiento alta)
Actuales del Deslizamiento (Pronostica el comportamiento actual del talud y modela posibles causas de inestabilidad)	Estabilidad del Talud Antes del Deslizamiento + Factor a	MEDIO – ALTO (no existe obras de mitigación en talud)
Futuras del Talud (Analiza la incorporación de elementos de protección y elementos de estabilización de talud control total del agua como agente de desestabilización)	Estabilidad Actual del Talud + Factor A a Estabilidad Actual del Talud + Factor Sismo	Futura del Talud con BAJO (La amenaza no desaparece, factores inciden)
	Estabilidad Futura del Talud con modificaciones geométricas + factor Sismo directamente en el talud, estabilidad aparente)	

Elaboración: EPMOP 2018.

Previo a la presentación de los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad resulta imprescindible describir los pasos y resultados obtenidos de los parámetros geomecánicos de cada estrato localizado en el talud; los mismos, que fueron determinados con el método de análisis probabilístico de dos variables. se muestra a continuación en la siguiente

El perfil del terreno empleado para el modelamiento ilustración:

Ilustración 7-4: Esquema de Materiales con los cuales se ha Corrido los Modelos de Estabilidad de Taludes



Elaboración: EPMMOP 2018.

Los estratos que se ha identificado para el modelamiento son: Areno – Limoso, Toba Volcánica blanquecina, Deposito Piroclástico y Limo Arenoso marrón.

Con el fin de analizar los valores inversos de cada material se tomó en consideración los resultados obtenidos de las investigaciones geotécnicas ejecutadas, donde se conoce que los materiales encontrados son en su mayor parte granulares (arenas y gravas), por lo que, se puede deducir que los ángulos de rozamiento de los materiales estarían oscilando entre 27 y 37 grados; este rango, es el que se ha estimado para el análisis probabilístico de materiales y con los cuales se ha logrado determinar la cohesión de cada uno de ellos.

Así, partiendo de ángulos de rozamiento conocidos (de acuerdo con el rango de 27 a 37 grados) se ha estimado los valores de cohesión de cada material. El análisis probabilístico realizado ha permitido obtener valores de cohesión que en conjunto con los ángulos de rozamiento arrojan factores de seguridad del talud entre 0.99 a 1.10, resultados que permiten determinar las condiciones del material antes del deslizamiento del talud Conquistadores.

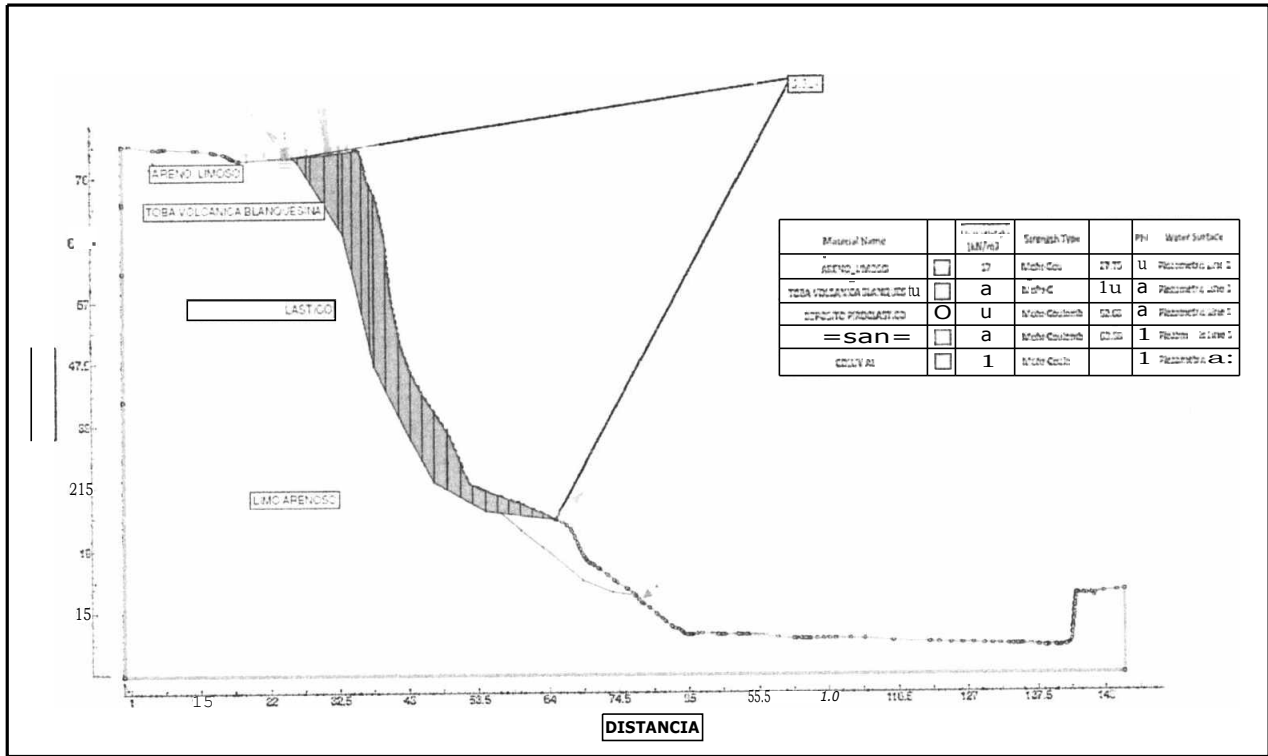
La tabla que se muestra a continuación indica los ángulos de rozamiento tomados para cada uno de los materiales identificados en el talud.

Tabla 7-2: Ángulos de Rozamiento Adoptados para los Materiales identificados en el Talud Conquistadores

<u>Areno Limoso</u>	34
<u>Toba Volcánica Blanquecina</u>	27
<u>Deposito Piroclástico</u>	37
<u>Limo Arenoso marrón</u>	28

E

Ilustración 7-9: Resultado Análisis de Estabilidad condiciones Actuales + factor agua



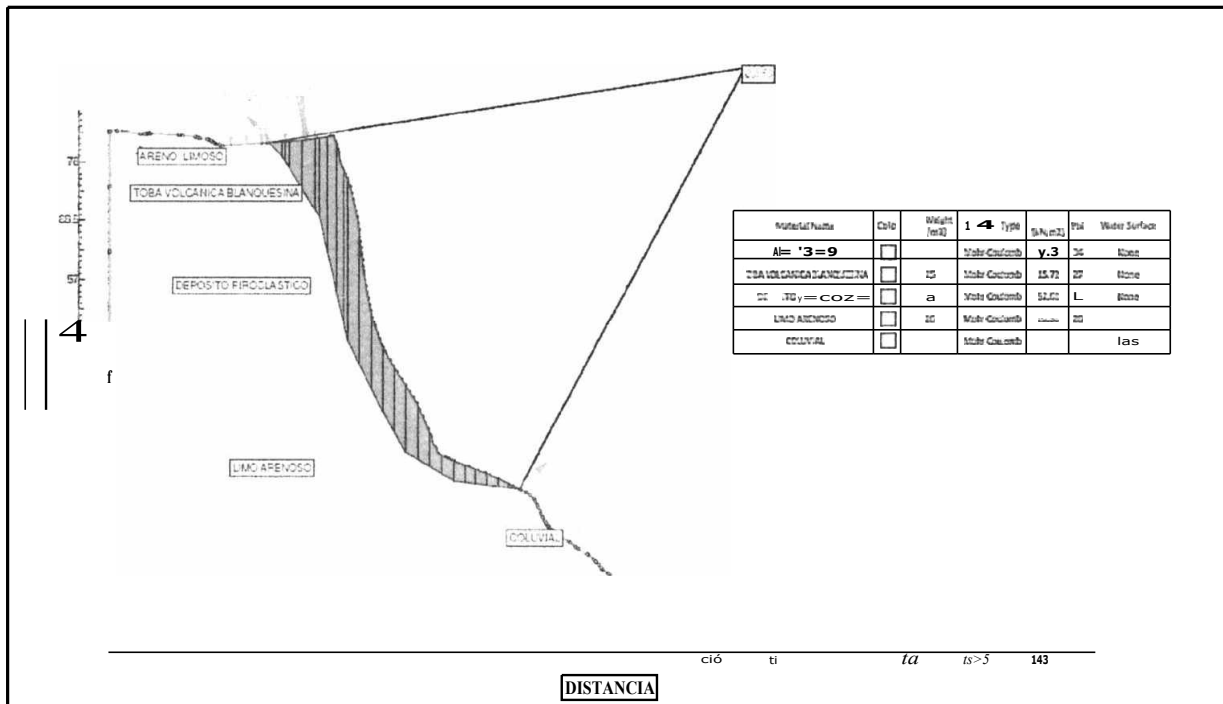
Elaboración: **EPMMOP** 2018.

La incorporación del factor agua en las condiciones actuales de talud, produce fallo. Al igual que el anterior deslizamiento, el "agua" es un factor detonante en la generación del deslizamiento que acompañado de los materiales frágiles de la zona (producto de la falla geológica) convierten al lugar en un área de amenaza alta, frente a este tipo de eventos.

7.3.3 Análisis de Estabilidad en Condiciones Actuales "Luego del Deslizamiento + Factor Sismo"

Se modelo el actual deslizamiento bajo las mismas consideraciones de sismo, obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

Ilustración 7-10: Resultado Análisis de Estabilidad Condiciones Actuales 4- Factor Sismo



Elaboración: EPMMOP 2018.

El factor de seguridad obtenido es de 0.9, valor idéntico al obtenido en las condiciones antes del deslizamiento; esto, implica que el sismo no se convertiría en un factor detonante como lo hace el factor agua. El fallo con sismo puede ser catalogado como bajo, en relación con el obtenido con factor agua.

7.4 Análisis de Estabilidad en Condiciones Futura

Tomando en consideración los resultados obtenidos en los modelamientos anteriores, se evaluó el talud bajo tres consideraciones: la primera consistiría en realizar una modificación geométrica del talud, una segunda consideración, la de realizar un control total de la escorrentía superficial "factor agua" con incorporación de cunetas de coronación u otros elementos que ayuden con el objeto buscado y finalmente, un tercer elemento es la incorporación de un muro de escollera al pie del talud para protección de la socavación del cauce. Cabe mencionar que el modelamiento ha considerado sismo El resultado de la modelación puede ser apreciada en la siguiente ilustración:

Ilustración 7-11: Resultado Análisis de Estabilidad condiciones Futuras

Los factores de estabilidad obtenidos y presentados en la tabla anterior, pueden hacer dilucidar acerca de cual fue el evento probable que causó la desestabilización del talud Conquistadores, una primera inferencia seria: que un caudal importante de agua empezó a filtrar (considerar época lluviosa que atravesó la ciudad) por la Av. Conquistadores (estado actual de la vía y adoquines altamente permeable); este caudal, filtro hasta salir por la cara expuesta del talud provocando presiones de poro considerables, las cuales, incrementaron los esfuerzos cortantes que no fueron soportados por la resistencia de los materiales presentes en el lugar, a esto, hay que añadir la permanente socavación del pie del talud que con el paso del tiempo debilita la estructura del talud;. Otra hipótesis manejada seria que exista en la zona infiltraciones permanentes de agua (considerar dos factores: Av. Simón Bolívar sobre el talud y quebradas); estas infiltraciones habrían estado actuando en un periodo considerable de tiempo incrementando el valor de los esfuerzos cortantes; dentro del factor agua, hay también que considerar la dinámica del río Machángara, la cual, erosiona constantemente el pie del talud.

Con base en los resultados obtenidos de los modelos geológicos geotécnicos, así como de las visitas de campo realizadas por los técnicos de la EPMMOP se ha planteado una serie de recomendaciones, las cuales, tiene por objeto: primero precautelar la vida de los pobladores de la ciudad que por allí transitan y segundo proponer medidas de mitigación inmediatas, las cuales, se enfoquen en la disminución de la amenaza frente a deslizamientos en la zona de la Av. Conquistadores.

Como recomendaciones se establece que:


- Se estudie la alternativa de realizar una modificación geométrica de la Av. Conquistadores; la cual, considere el corte del talud sur de la comentada vía y mantenga el ancho de 6 metros; la modificación geométrica a realizarse deberá considerar todas las medidas necesarias para precautelar la estabilidad de los nuevos taludes que se conformen.
- Levantar el adoquín en el tramo afectado, reconfiguración de la estructura de pavimento, colocación de carpeta asfáltica mínimo de 5 cm e impermeabilización del sobre ancho y borde del talud.
- Analizar en el menor tiempo posible la factibilidad de realizar una modificación geométrica del actual talud con la incorporación de: bermas, drenaje y protección del talud, así mismo, se analice la posibilidad de proteger el cauce de la socavación con la incorporación de un muro o escollera; estas dos medidas deberán ser sometida a criterios de ingeniería como accesibilidad y factibilidad y a factores económicos que este tipo de obras puedan implicar.
- Estudiar en detalle los tipos de descarga "factor agua" que estaría aportando las zonas aledañas sobre la cabeza del talud (verificar colectores y quebradas presentes en la zona, si cumplen con el objeto de diseño y, sobre todo, el control de la escorrentía superficial de la zona) y de ser el caso incorporar cunetas de coronación que controlen los flujos de escorrentía superficial de las zonas aledañas al talud
- Con referencia al tráfico que por allí circula, de los modelos geológicos geotécnicos obtenidos se ha determinado que las cargas sobre la cabeza del talud tienen una incidencia mínima sobre la estabilidad de este, sin embargo, dado las condiciones morfológicas actuales del talud (una zona del talud contrapendiente) es pertinente limitar el flujo del tráfico unidireccionalmente controlado; este flujo vehicular en una sola dirección deberá tomar únicamente el carril derecho en dirección hacia Cumbaya; para el control del tráfico pueden incorporarse un semáforo. Así mismo, se recomienda reforzar la señalización del

lugar, de tal manera, que la población tome conciencia que la zona esta con grado medio alto de amenaza frente a deslizamientos, también, no se debe permitir el parqueo de vehículos en la zona directa del talud; estas recomendaciones se establecen mientras no se ejecute las medidas de mitigación necesarias y/o modificación geométrica de la vía que garanticen la seguridad de la ciudadanía.

- Poner en conocimiento del presente informe a la Secretaria de Gobernabilidad y Seguridad, con su Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos con la finalidad de que, con los insumos obtenidos en el presente informe se proceda con el análisis de riesgo del sector; análisis, que deberá tomar en cuenta aspectos relacionados con la vulnerabilidad física de la infraestructura y vulnerabilidad social de la población, los resultados puntualizados del análisis de riesgo permitirán justificar la toma de acciones inmediatas, las cuales, deberán siempre estar encaminadas a garantizar la seguridad y movilidad de la población que por allí circula.
- No se debe olvidar que la zona es un área tectónicamente activa, existe evidencia de desplazamiento de bloques en sentido NE-SW y hacia el Oeste, los estudios investigativos con referencia a la Falla geológica de Quito han determinado que el movimiento promedio por año es de 1 mm, sin embargo, en sismos; este valor se puede incrementare notablemente (considerar que falla de quito es una fuente sismogenética). Se pone en evidencia este particular, ya que, a futuro es posible que exista deslizamientos relacionados con el ambiente geodinámico de la zona.
- Es necesario que luego de cualquier intervención que se realice sea de modificación geométrica o cambio en la morfología del talud, se incorpore un plan de monitoreo al talud, el cual, permita conocer el comportamiento de este a lo largo del tiempo.

El presente informe ha sido realizado con base en los resultados de las investigaciones geotécnicas ejecutadas por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) y de visitas de campo realizadas al lugar del talud.

Elaboró:



Ing. Francisco Bonifaz Yandún.