

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

ANÁLISIS DEL NIVEL DE RIESGO-EXPOSICIÓN A AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO SANTA TERESITA DE CONOCOTO, ZONA VALLE DE LOS CHILLOS, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA GEÓLOGA**

DAYANA MICHAEL CAMINO JÁCOME

dayana.camino@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. DIEGO RENATO CÁRDENAS CÁRDENAS MSc.

diego.cardenas@epn.edu.ec

CO-DIRECTORA: DRA. ISABEL CAROLINA BERNAL CARRERA

isabel.bernal@epn.edu.ec

Quito, Enero 2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Dayana Michael Camino Jácome, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Dayana Michael Camino Jácome

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Dayana Michael Camino Jácome bajo mi supervisión.

Ing. Diego Cárdenas MSc
DIRECTOR DEL PROYECTO

Dra. Carolina Bernal
CO-DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por regalarme cada día de vida y permitirme tener en ella a la mejor madre, mi motivación para culminar con esta meta. Gracias mami por siempre estar junto a mi papi, para apoyarme, les agradezco enseñarme el valor de la vida, educarme con principios y valores, pero sobre todo por su amor y confianza incondicional, a mis hermanas y hermano por su cariño y paciencia. Los amo.

A mi Tío Polo por su infinito apoyo, agradecerle porque más allá de ser mi tío ha sido mi amigo, mi compañero, mi guía y es mi ejemplo a seguir. Nunca tendré la forma de pagarle todo lo que ha hecho por mí. Gracias por todo tío, lo amo.

A mis segundos padres, mis abuelitos por todo su amor y confianza en mí. A mi Tío Pato y mis primos por sus palabras de aliento en el momento indicado y su apoyo.

A mis profesores quienes entregaron sus conocimientos para mi formación académica, en especial a la Ing. Eliana Jiménez por aceptar guiarme y ser parte de este proyecto, a mis Directores Ing. Diego Cárdenas y Dra. Carolina Bernal por trabajar conmigo y apoyarme en este proyecto y a la Ing. Sandra Procel por ser una gran maestra y amiga, por ofrecerme sinceros consejos y palabras de motivación.

Al área técnica de la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos en especial al Ing. Luis Albán por su constante apoyo durante este proyecto a la Ing. Daysi Remachi, Ing. Irvin Álvarez e Ing. Gabriela Arellano, a todos les agradezco por su tiempo, guía, ayuda y consejos a lo largo de este proyecto.

A mi mejor amigo Sebastián L. por una amistad incondicional a lo largo de estos años, por su singular forma de motivarme hacer nuevas cosas, su apoyo sin importar ni el día, ni la hora. Gracias amigo siempre hiciste mi paso por esta Universidad más llevadero, te quiero mucho. A las dos mejores amigas que la vida me ha regalado Jhoss y Shir, gracias por todo lo que han hecho por mí, más que mis amigas son mis hermanas. Las adoro infinitamente.

A mi amigo Camilo Zapata por su ayuda en este proyecto y la amistad que compartimos.

A mi prima y amiga Rosa por su compañía y amistad a largo de todos estos años.

A todos los buenos amigos que la etapa universitaria me deja gracias por todos los momentos compartidos, los llevo en mi corazón.

DEDICATORIA

A quienes me aman y confía incondicionalmente en mí, mis padres

Flor & Jimmy.

A quien me ha dado todo su apoyo, mi Tío Polo.

Al hombre que más amo en este mundo mi Papi Manuel.

Y en memoria de los sueños y anhelos de mi primo Jesús Quintana Jácome (✚)

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XIV
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	XVI
INDICE DE ECUACIONES	XVII
INDICE DE MAPAS	XVIII
INDICE DE ANEXOS.....	XIX
Resumen	XX
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Justificación.....	3
1.2.1 Justificación Teórica	3
1.2.2 Justificación Metodológica	3
1.2.3 Justificación Práctica	5
1.3 Hipótesis.....	5
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General.....	5

1.4.2	Objetivos Específicos	5
1.5	Alcance.....	6
2.	CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL	7
2.1	Definición de Conceptos	7
2.1.1	Amenaza	7
2.1.2	Amenaza Natural.....	7
2.1.3	Amenaza Geológica	7
2.1.4	Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) o Movimientos en Masa (MM) 7	
2.1.5	Inventario de Fenómenos de remoción en Masa	12
2.1.6	Clasificación SUCS (ASTM D 2487).....	12
2.1.7	Standard Penetration Test (SPT) (ASTM D 1586)	12
2.1.8	Características Geotécnicas	13
2.1.9	Análisis de Estabilidad de Taludes	13
2.1.10	Metodología del Límite de Equilibrio	14
2.1.11	Programa SLIDE	17
2.1.12	Aceleración Pico (PGA).....	17
2.1.13	Factor de seguridad.....	17
2.1.14	Método de Newmark (Dn).....	19
2.1.15	Vulnerabilidad.....	21
2.1.16	Elemento Expuesto.....	21
2.1.17	Vulnerabilidad Estructural Física.....	22
2.1.18	Características Estructurales	22

2.1.19	Riesgo - Exposición	22
2.2	Geología Regional	22
2.2.1	Cordillera Real	23
2.2.2	Cordillera Occidental	24
2.2.3	Valle Interandino (VIA).....	25
2.2.4	Cuenca de Quito-Guayllabamba	30
2.3	Ubicación del Área de Estudio	33
2.3.1	Acceso.....	33
2.3.2	Estudios previos	34
2.4	Aspecto Socioeconómico.....	36
2.4.1	Tamaño de la población	36
2.4.2	Densidad de población	36
2.4.3	Cobertura de Servicios Básicos	36
2.5	Aspecto Físico	36
2.5.1	Climatología	37
2.5.2	Hidrografía.....	37
2.5.3	Suelo	38
2.5.4	Morfología	38
3.	CAPÍTULO III: ASPECTOS METODOLÓGICOS	40
3.1	Análisis de la Amenaza	40
3.1.1	Litoestratigrafía.....	40
3.1.2	Características Geotécnicas	42

3.1.3	Topografía de la zona de estudio.....	45
3.1.4	Análisis de estabilidad de taludes.....	47
3.1.5	Determinación y zonificación de la Amenaza.....	56
3.2	Análisis de la Vulnerabilidad Física.....	57
3.2.1	Levantamiento de la Vulnerabilidad Física.....	57
3.2.2	Calificación del Elemento Expuesto.....	60
3.2.3	Determinación y zonificación de la Vulnerabilidad Física.....	64
3.3	Metodología para el Análisis del Nivel de Riesgo-Exposición.	66
3.3.1	Cálculo del Riesgo-Exposición.....	66
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	70
4.1	Análisis de la Amenaza.....	70
4.1.1	Levantamiento Litoestratigráfico.....	70
4.1.2	Características Geotécnicas.....	73
4.1.3	Topografía de la Zona de Estudio.....	75
4.1.4	Análisis de Estabilidad de Taludes.....	77
4.1.5	Determinación y zonificación de la Amenaza.....	80
4.2	Análisis de la Vulnerabilidad.....	82
4.2.1	Determinación y Zonificación de la Vulnerabilidad Física.....	82
4.3	Análisis de Riesgo exposición.....	84
4.3.1	Calculo de Riesgo - Exposición.....	84
5.	CAPÍTULO V: Discusión de Resultados.....	86
5.1	Análisis de la Amenaza.....	86

5.1.1	Parámetros usados en el Análisis de Estabilidad de taludes	86
5.1.2	Análisis de Estabilidad de Taludes	89
5.1.3	Determinación y zonificación de la amenaza	91
5.2	Análisis de la Vulnerabilidad Física.....	92
5.2.1	Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Calificación del Elemento expuesto.....	92
5.2.2	Determinación y zonificación de la vulnerabilidad física.....	93
5.3	Análisis del Riesgo-Exposición	94
5.3.1	Calculo de Riesgo-exposición.....	94
6.	CAPÍTULO VI: Conclusiones y Recomendaciones	97
6.1	Conclusiones	97
6.2	Recomendaciones.....	99
7.	Bibliografía.....	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Esquema de la Caída de Rocas. Fuente: Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.	8
Figura 2.2 Esquema de vuelco del macizo rocoso. Fuente: Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.	8
Figura 2.3 (a) Esquema de un deslizamiento rotacional (b) Esquema de un deslizamiento traslacional. Fuente: Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.	9
Figura 2.4 Esquema de expansiones laterales, según Varnes (1978). Fuente: Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.	10
Figura 2.5 Esquema de flujos canalizados y no canalizados, según Cruden y Varnes (1996). Fuente: Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.	11
Figura 2.6 (a) Esquema de Reptación (b) Esquema de Soliflucción. Fuente: Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.	11
Figura 2.7 Formato para Inventario de Fenómenos de Remoción en Masa. Fuente: Carlosama & Carrera, 2017.	12
Figura 2.8 Ejemplo de un análisis de estabilidad de taludes. Fuente:	14
Figura 2.9 Cuadro de metodologías más comunes para el análisis de estabilidad de taludes. Fuente: Suárez, 2009.	15
Figura 2.10 Diagrama para determinar el factor de corrección del método de Jambú. Fuente: Suárez, 2009.	16
Figura 2.11 Esquema de fuerzas sobre dovelas en el método de Bishop simplificado. Fuente: Suárez, 2009.	16
Figura 2.12 Representación gráfica del criterio de Mohr-Coulomb. Fuente: Suárez, 2009.	18
Figura 2.13 Modelo para el análisis del método de Newmark. Fuente: Jibson, Harp, & Michael, 1998.	19

Figura 2.14 Principales Fallas y características geomorfológicas del Ecuador. Tomado de Aspden & Litherland, 1992.....	24
Figura 2.15 Segmentos del VIA. Fuente: Villagomez,2003	26
Figura 2.16 Edificios Volcánicos localizados en el Valle Interandino y Cordillera Occidental. Fuente Base topográfica IGM-EMAAP-Q. Fuente Peñafiel,2009.....	28
Figura 2.17 Edificios Volcánicos que forman el Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca. Fuente: Peñafiel, 2009. (Modificado de Hidalgo,2006).....	28
Figura 2.18 Mapa Regional muestra la localización del Volcán Cotopaxi y los centros volcánicos vecinos dentro del Valle Interandino. Tomado de (Hall & Mothes, 2008)...	29
Figura 2.19 Esquema tectónico simplificado de la cuenca de Quito mostrando el sistema de Fallas inversas de Quito. Tomado de Peñafiel,2009.	31
Figura 2.20 Columna estratigráfica generalizada del relleno de la cuenca de Quito. Tomado de Peñafiel,2009.....	32
Figura 2.21 Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio. Fuente de las imágenes: Rivera, et al., 2015. Elaborado por Dayana Camino.	33
Figura 2.22 Levantamiento Topográfico del Barrio Santa Teresita. Fuente: Arq. Jacqueline Paredes, 2017.....	35
Figura 2.23 Ubicación de la Subcuenca del Río San Pedro. Fuente: Valenzuela, 2005	38
Figura 2.24 Vista 3D de la región NE de Quito. Fuente: Alvarado, 2012. Modificado por Dayana Camino	39
Figura 3.1 Metodología para el Análisis del Riesgo-Exposición	40
Figura 3.2 Ejemplo de creación del Modelo Digital de Elevación	46
Figura 3.3 Ejemplo de Perfil Topográfico para generar la geometría del talud.	46
Figura 3.4 Perfil topográfico usado para generar la geometría de la ladera	47
Figura 3.5 Hoja de cálculo de cargas producidas por viviendas	49

Figura 3.6 Acelerograma sismo de Loma Prieta. Fuente: Merino, 2018.	50
Figura 3.7 Laderas modelas en la zona de estudio en <i>Earthquake Induced Landslides hazard in Quito, Ecuador</i> . Fuente: Zapata, Acevedo, & Prieto, 2018.	51
Figura 3.8 Coeficientes de Presión Intersticial (R_u) en diferentes escenarios de infiltración. Fuente: Hoek and Bray,1981 citado en González de Vallejo & Ferrer, 2011	52
Figura 3.9 Cuadro de metodologías más comunes para el análisis de estabilidad de taludes. Fuente: Suárez, 2009	53
Figura 3.10 Métodos seleccionados en el software para el modelamiento.....	54
Figura 3.11 Ejemplo de análisis de estabilidad de talud, FS pseudo-estatico por lote (lote132), versión 6.0 del software Slide.	55
Figura 3.12 Ejemplo de análisis de estabilidad de talud, FS en el Perfil AA' de la ladera total del barrio, ubicación en el ANEXO I)	55
Figura 3.13 Ejemplo de análisis de estabilidad de talud, desplazamiento de Newmark obtenido para la ladera total del barrio (Perfil AA' ubicación en el ANEXO I)	56
Figura 3.14 Rangos de FS para determinación de la Amenaza y su nivel. Fuente: Ávila, et al., 2015.....	56
Figura 3.15 Distribución de los 8 grupos para el levantamiento de Vulnerabilidad física	58
Figura 3.16 Matriz de Calificación de la vulnerabilidad de las edificaciones sobre el Talud	61
Figura 3.17 Matriz de Calificación de la vulnerabilidad de las edificaciones sobre el Talud	61
Figura 3.18 Métodos estadísticos de clasificación, procesamiento en R por Ing. Eliana Jiménez, Departamento de Geología-EPN.	68
Figura 3.19 Ejemplo de valoración de niveles de riesgo - exposición.....	69
Figura 4.1 Columna litoestratigráfica general de la zona de estudio	71

Figura 4.2 Modelo Digital de Elevación usado para generación de.....	75
Figura 4.3 Ejemplo de geometría de talud ingresada en Slide (Lote 115)	77
Figura 4.4 Ejemplo de geometría del talud de la ladera usado en Slide.....	77
Figura 4.5 Ejemplo de resultado del cálculo de desplazamientos de Newmark (Perfil BB')	79
Figura 5.1 Ubicación de la zona de estudio sobre antiguo deslizamiento. Fuente Google Maps.....	86
Figura 5.2 Ejemplo de altura y pendiente mínima y máxima con el FS pseudo-estático (FS ps).....	88
Figura 5.3 Ejemplo de relación entre longitud y desplazamientos de Newmark (Dn) ..	88
Figura 5.4 Número de lotes para cada Nivel de Amenaza	91
Figura 5.5 Número de lotes para cada Nivel de Vulnerabilidad Física	94
Figura 5.6 Valores mínimos de riesgo-exposición.....	95
Figura 5.7 Número de lotes por nivel de riesgo-exposición	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Valores usados para el cálculo de N_{60} y N_{160}	43
Tabla 3-2 Perforaciones realizadas en el sector de Santa Teresita del Valle.	44
Tabla 3-3 PGA integrada en el software.	51
Tabla 3-4 Valores de coeficiente de presión intersticial integrados en el software	52
Tabla 3-5 Valoración del Nivel de la Amenaza.....	57
Tabla 3-6 Matriz de la calificación de los parámetros utilizados en el análisis de la vulnerabilidad estructural física sobre el Talud.....	62
Tabla 3-7 Matriz de la calificación de los parámetros utilizados en el análisis de la vulnerabilidad estructural física bajo el Talud.....	63
Tabla 3-8 Valores de ponderación para edificaciones sobre el talud.....	64
Tabla 3-9 Valores de ponderación para edificaciones bajo el talud.....	64
Tabla 3-10 Niveles de Vulnerabilidad Física Sobre y Bajo el Talud.....	65
Tabla 3-11 Valoración del nivel de la Vulnerabilidad Física Sobre y Bajo el Talud.....	65
Tabla 3-12 Valoración del Nivel de Riesgo – Exposición.	68
Tabla 4-1 Coordenadas de columnas estratigráficas levantadas en trabajo de campo	70
Tabla 4-2 Caracterización de Zonas Inestables	72
Tabla 4-3 Angulo de Fricción y Cohesión de cada estrato usados en Slide para modelar	74
Tabla 4-4 Pesos Unitarios para cada estrato usados en Slide	74
Tabla 4-5 Clasificación SUCS.....	75
Tabla 4-6 Información sobre perfiles topográficos de cada lote	76
Tabla 4-7 Información de los Perfiles de la ladera	76

Tabla 4-8 FS pseudo-estático con cargas generadas por las viviendas	78
Tabla 4-9 Parámetros obtenidos del análisis de estabilidad de taludes para los dos perfiles de la ladera total de la zona de estudio con Slide 8.0.	79

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.1 Viviendas del Barrio Santa Teresita de Conocoto.....	2
Fotografía 3.1 Estudiantes que realizaron el levantamiento de Vulnerabilidad física ..	59
Fotografía 3.2 Estudiantes realizando el levantamiento de Vulnerabilidad física.....	59
Fotografía 3.3 Taller realizado con los técnicos de la DMRG para los estudiantes de Ingeniería Civil.....	60
Fotografía 4.1 Litoestratigrafía “Lote 120”	71
Fotografía 4.2 Derrumbes en lotes 126 y 129	72
Fotografía 4.3 rastro del movimiento en masa en los lotes 124 y 125.....	73
Fotografía 5.1 Ejemplo de tamaño de los líticos. (a) Líticos estrato superior, (b) Líticos estrato inferior.....	87

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1 Cálculo de Riesgo específico a una amenaza	5
Ecuación 2-1 Calculo de Factor de Seguridad	17
Ecuación 2-2 Resistencia al corte, criterio de Mohr Coulomb	18
Ecuación 2-3 Cálculo de Aceleración Crítica	20
Ecuación 2-4 Cálculo de Intensidad de Arias	20
Ecuación 2-5 Cálculo del Desplazamiento de Newmark	19
Ecuación 3-1 Correcciones de SPT para obtener N_{60}	42
Ecuación 3-2 Calculo para la obtención de N_{160}	42
Ecuación 3-3 Ecuación de Maromachi,1974 para el cálculo del ángulo de fricción	44
Ecuación 3-4 Ecuación de Terzaghi y Peck para el cálculo de la cohesión.....	45
Ecuación 3-5 Calculo de Riesgo-Exposición	66
Ecuación 3-6 Ecuación para el cálculo de una variable normalizada	67
Ecuación 3-7 Cálculo de Riesgo – Exposición con las Variables Normalizadas.....	67

INDICE DE MAPAS

Mapa 4.1 Amenaza del Barrio Santa Teresita de Conocoto.....	81
Mapa 4.2 Vulnerabilidad Física del Barrio Santa Teresita de Conocoto.....	83
Mapa 4.3 Riesgo - Exposición del Barrio Santa Teresita de Conocoto.....	85

INDICE DE ANEXOS

ANEXO II Mapa de ubicación de datos (muestras, columnas, perfiles de ladera).....	107
ANEXO III Ficha de evaluación de vulnerabilidad física de edificaciones.....	108
ANEXO IV Información detallada de perfiles topográficos por lote.....	109
ANEXO V. Tabla de resultados del Análisis de Amenaza, Vulnerabilidad Física y Riesgo-Exposición	112

Resumen

El Barrio Santa Teresita de Conocoto se localiza al sur oriente del Distrito Metropolitano de Quito, esta área es parte de la ladera oriental de la Loma de Puengasí, donde se ubica en el depósito de un antiguo deslizamiento, este barrio corresponde a un asentamiento informal y está conformado por 133 lotes.

Esta zona ha sido afectada por movimientos en masa como derrumbes y flujos disparados en épocas de fuertes lluvias, por lo que requiere un análisis de estabilidad que integre las características de resistencia al corte de las laderas, así como los factores que aumentan el esfuerzo cortante como son los sismos.

El análisis de la amenaza por movimientos en masa se realizó a través del análisis de estabilidad de taludes, mediante el software Slide en dos versiones 6.0 y 8.0 el cual integra parámetros como litoestratigrafía, características geotécnicas, geometría del talud, cargas externas como el peso de viviendas y cargas sísmicas. Los factores de seguridad pseudo-estáticos obtenidos a nivel de cada lote mediante la aplicación de una carga sísmica, en este caso un PGA (factor detonante) en Slide 6.0 permiten obtener un nivel de amenaza que fue cartografiada. Por otra parte, el programa Slide 8.0 permite la obtención de desplazamientos de Newmark con la integración del acelerograma del sismo de Loma Prieta de 1989 lo cual permitió determinar el grado de peligro de la zona.

El análisis de vulnerabilidad física se realizó mediante el levantamiento de una ficha de evaluación de edificaciones proporcionada por la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos, con la cual se generó una calificación para las edificaciones expuestas a un movimiento en masa y su representación cartográfica. Además, se realizó el levantamiento del número de personas expuestas en las edificaciones para el cálculo del nivel de riesgo-exposición

El análisis de Riesgo-exposición se realizó con una formulación que integra los valores obtenidos de análisis de la amenaza (Factores de seguridad pseudo-estáticos), los valores obtenidos del análisis de vulnerabilidad física a nivel de cada lote y el número de personas expuestas. Para la integración de estos valores se realizó una normalización de los factores que permitió obtener los valores de riesgo-exposición en un rango de 0-1, estos valores fueron representados cartográficamente en un mapa a escala 1:1000, como una herramienta para la toma de decisiones.

Palabras Clave: estabilidad de taludes, amenaza, vulnerabilidad física, riesgo-exposición.

Abstract

The Santa Teresita de Conocoto Neighborhood is located to the south east of the Metropolitan District of Quito, this area is part of the eastern slope of the Loma de Puengasí, where it is located in the deposit of an old landslide, this neighborhood corresponds to an informal settlement and is conformed by 133 lots.

This zone has been affected by mass movements such as landslides and fiery flows during times of heavy rain, which requires a stability analysis that integrates the characteristics of resistance to the cut of the slopes, as well as the factors that increase the shear stress as They are the earthquakes.

The analysis of the threat for mass movements was done through stability analysis of slopes, using the software Slide in two versions 6.0 and 8.0 which integrates parameters such as lithostratigraphy, geotechnical characteristics, slope geometry, external loads as the weight of houses and loads seismic. The pseudo-static safety factors obtained at the level of each lot by the application of a seismic load, in this case a PGA (detonating factor) in Slide 6.0, allow obtaining a level of threat that was mapped. On the other hand, the Slide 8.0 program allows the obtaining of Newmark displacements with the integration of the Loma Prieta earthquake accelerogram of 1989, which allowed determining the degree of danger in the area.

The physical vulnerability analysis was realized by means of the construction of a building assessment form provided by the Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos, which generated a rating for the buildings exposed to a mass movement and their cartographic representation. In addition, the number of people exposed in the buildings was surveyed to calculate the level of risk-exposure

The risk-exposition analysis was carried out with a formulation that integrates the values obtained from threat analysis (pseudo-static safety factors), the values obtained from the analysis of physical vulnerability at the level of each lot and the number of people exposed. For the integration of these values, a normalization was made of the factors that allowed to obtain the risk-exposure values in a range of 0-1, these values were represented cartographically in a map at a scale of 1: 1000, as a tool for the taking of decisions.

Keywords: stability of slopes, threat, physical vulnerability, risk-exposition.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) han llegado a ser muy recurrentes por la incidencia de las actividades antrópicas, tales como la ocupación desordenada e intensiva del terreno especialmente en las áreas de laderas, cuencas de quebradas, rellenos de drenajes y en la cercanía de los bordes de taludes de ríos, con peligrosos asentamientos humanos, creando sectores con condiciones de alta vulnerabilidad y riesgo especialmente en épocas de lluvia (Municipio del DMQ, Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011, 2011). Esto se evidencia con una constante transformación antrópica del territorio, la cual degrada el medio, acelerando, acentuando y generando la aparición de nuevas amenazas (Córdova & Vallejo, 2012).

La constante transformación antrópica es provocada por el crecimiento poblacional en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), que según datos obtenidos en el censo poblacional de 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en la última década el porcentaje de incremento de la población tuvo un valor de alrededor del 22% con respecto a los valores obtenidos en el censo poblacional de 2001, alcanzado para el año 2010 una población de 2.239.191 habitantes (Municipio del DMQ, 2015).

El Barrio Santa Teresita de Conocoto comprende la zona de estudio, ubicado en una área de riesgo debido a la amenaza constante provocada por deslizamientos desencadenados por sismos y fuertes lluvias, a lo que se suma la existencia de asentamientos no regularizados (Municipio del DMQ, Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011, 2011).

De acuerdo con el Municipio del DMQ, Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011 (2011), lo mencionado anteriormente se refleja en un alto nivel de susceptibilidad al que están expuestos los moradores, viviendas y vías de comunicación del barrio.

El barrio corresponde a un asentamiento no regularizado con pobladores de escasos recursos económicos, lo cual se evidencia en la precariedad de las viviendas (Fotografía 1.1), construidas en su mayoría de manera informal y junto a cortes antitécnicos de taludes, razón por la cual se ven afectadas por movimientos en masa.

Los asentamientos no regularizados ubicados en laderas como es el caso de este barrio lleva consigo además un radical cambio en la morfología de la urbe.

Los derrumbes y flujos de lodo que se han producido en los últimos años, también han afectado a las vías de acceso, las cuales no cuentan con obras civiles de protección de taludes ni de conducción de aguas lluvias. Esto contribuye al deterioro acelerado de estas vías que únicamente son caminos de tierra y no cuentan con una red de alcantarillado, escurrentía y agua potable aspectos que perjudican las condiciones de vida de los moradores y su economía.



Fotografía 1.1 Viviendas del Barrio Santa Teresita de Conocoto.

El presente Trabajo de Titulación propone realizar un análisis del nivel de riesgo-exposición a amenazas por movimientos en masa en el Barrio Santa Teresita de Conocoto, a través del análisis de estabilidad de taludes naturales y antrópicos, combinado con el nivel de vulnerabilidad física que presentan las viviendas y demás infraestructuras cercanas a estos taludes. El resultado se presentará en cartografía a escala 1:1000 donde se establecerán los niveles de riesgo-exposición de las infraestructuras y con ello delinear acciones de mitigación.

1.2 Justificación

1.2.1 Justificación Teórica

La Ingeniería Geológica al tratarse de una ciencia aplicada al estudio y solución de problemas producidos por la interacción del medio geológico y la actividad humana, tiene entre sus principales objetivos la evolución, prevención y mitigación de los riesgos geológicos. En este contexto los FRM, ya sean generados por el carácter dinámico del medio geológico, la evolución natural del relieve, o bien desencadenados por el hombre, han causado muchas víctimas y grandes pérdidas económicas. (Abad F., 2006)

El desarrollo de este proyecto de titulación busca contribuir con la prevención y mitigación de los riesgos geológicos como lo son los FRM a través de un análisis del nivel de riesgo-exposición a amenazas por movimientos en masa, sabiendo que el riesgo está definido como un cuantificador de la probabilidad de producirse un evento adverso que afecte a un elemento expuesto (Suaréz, 2009). Estos elementos expuestos incluyen a las personas, medios de subsistencia, bienes, estructuras e infraestructuras que se localizan en el área potencialmente afectada por la manifestación de una amenaza definiéndose como elementos en riesgo (Ávila, et al., 2015).

Este análisis consistirá en una combinación entre factores de seguridad generados por un análisis de estabilidad de taludes y la vulnerabilidad física de las estructuras del área potencialmente afectada, para elaborar un análisis del nivel de riesgo-exposición basándose en el texto de Suaréz (2009), este se realiza en tres pasos el primero definir el alcance que se indica en la justificación práctica, segundo la identificación de la amenaza que para el caso ha sido identificada y se trata de movimientos en masa y tercero la determinación de la vulnerabilidad que es el grado de probabilidad de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos dentro del área afectada por el deslizamiento o derrumbes.

1.2.2 Justificación Metodológica

En la zona de estudio se realizará el análisis de estabilidad de taludes, cuya metodología integrará las condiciones geológicas, geotécnicas, geomorfológicas y antrópicas de la zona de estudio.

El estudio de estabilidad de talud permitirá la investigación de los potenciales mecanismos generadores de los movimientos en masa, características geomecánicas de las rocas, litoestratigrafías e impactos antrópicos (Suaréz, 2009).

Dentro de las metodologías disponibles para este estudio, se encuentran los métodos de límite de equilibrio, los métodos numéricos y los métodos dinámicos para el análisis de caídas de roca y flujos, entre otros. Para el desarrollo de estas metodologías en el análisis de estabilidad de taludes se tienen herramientas tales como: tablas o ábacos, análisis gráficos, cálculos manuales, hojas de cálculo y uso de software (Suaréz, 2009).

La metodología que se aplicará en el presente proyecto de titulación es el límite de equilibrio que utiliza parámetros como perfiles topográficos, columnas litoestratigráficas, características geomecánicas de las rocas (datos obtenidos de los informes técnicos del municipio), impactos antrópicos, entre otros; el cual mediante el uso del software denominado SLIDE como herramienta permitirá obtener un factor de seguridad el cual será un factor discriminante para determinar los nivel de amenaza, además este factor permitirá recomendar medidas de mitigación (Ávila, et al., 2015).

La vulnerabilidad física será calculada a través de la aplicación de una ficha de evaluación de vulnerabilidad física de edificaciones realizada por la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos, la cual consta de once parámetros y dentro de ellos los más relevantes son: sistema estructural, estado de conservación, características del suelo bajo la edificación, patologías estructurales y exposición que será calificados en un rango de 0 al 100 en dos condiciones, sobre el talud donde los valores entre: 0 a 35 muestran condiciones óptimas de las edificaciones con una vulnerabilidad baja; 36 a 55 vulnerabilidad moderada; 56 a 80 vulnerabilidad alta y los valores entre 81 a 100 que indicarían condiciones precarias de las edificaciones con una vulnerabilidad muy alta y bajo el talud donde los valores entre: 0 a 43 indican vulnerabilidad baja; 44 a 60 vulnerabilidad moderada; 61 a 83 vulnerabilidad alta y 83 a 100 vulnerabilidad muy alta

El análisis del nivel de riesgo-exposición a amenazas por movimientos en masa al que se encuentra expuesta la población del barrio, se determinará en función del Factor de Seguridad de taludes en los cuales se han generado movimientos en masa y en taludes sin afectación, combinado con los valores de la vulnerabilidad física de las estructuras.

El cálculo del riesgo-exposición se realizará analíticamente utilizando la siguiente ecuación

$$R_s = P(H_i) * V * E$$

Ecuación 1-1 Cálculo de Riesgo específico a una amenaza

Donde R_s es el riesgo específico o grado de pérdidas esperadas debido a una amenaza, H_i es la intensidad que para el caso se utilizara la intensidad por área para Quito que representan la sismicidad como dato, $P(H_i)$ es la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un movimiento en masa, con una magnitud o intensidad específica (H_i) en un tiempo dado y en un área específica, V es vulnerabilidad del elemento expuesto o la proporción de E probablemente afectada en forma negativa por el evento de magnitud (H_i) expresada en una escala entre 0 y 1. Finalmente E es el valor total o costo de los elementos físicos expuestos o amenazados por el movimiento en masa o a su vez E es el máximo número de personas expuestas por predio (Ávila, et al., 2015); para este proyecto E se considerará como el máximo número de personas expuestas por predio.

1.2.3 Justificación Práctica

El análisis del nivel de riesgo-exposición a movimientos en masa del Barrio Santa Teresita de Conocoto, se expresará en forma cartográfica a través de la generación de un mapa del nivel de riesgo-exposición a escala 1:1000 que permitirá establecer las zonas seguras de asentamiento para contribuir a la planificación del territorio, así como delinear una base para futuras acciones de mitigación del riesgo en la zona de estudio.

1.3 Hipótesis

La combinación de los valores del Factor de Seguridad de los taludes con la vulnerabilidad física, permitirá obtener los niveles de riesgo-exposición de las viviendas e infraestructura en el Barrio Santa Teresita de Conocoto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar el nivel de riesgo-exposición a amenazas por movimientos en masa en el Barrio Santa Teresita de Conocoto.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento litoestratigráfico a detalle en los taludes en el sector de Santa Teresita.

- Caracterizar los tipos de movimientos en masa y los posibles mecanismos generadores.
- Obtener una caracterización geotécnica de los niveles lito-estratigráficos de los taludes.
- Determinar la estabilidad de los taludes con el software SLIDE con el uso de perfiles topográficos, columnas lito-estratigráficas, características geomecánicas y aspectos antrópicos.
- Determinar el grado de vulnerabilidad física de las viviendas e infraestructura cercana a los taludes naturales y antrópicos.
- Determinar los niveles de riesgo-exposición de las infraestructuras y delinear medidas de mitigación, a nivel de prefactibilidad.

1.5 Alcance

Se elaborará un mapa a escala 1:1000 donde se indicará el nivel de riesgo-exposición con el cual se podrá establecer las zonas seguras de asentamiento para contribuir a que el Municipio del DMQ pueda tomar acciones para salvaguardar el bienestar de la población que se encuentra expuesta. Este estudio será una base para un futuro análisis y evaluación del Riesgo, además servirá para generar una mejor planificación territorial.

CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL

2.1 Definición de Conceptos

2.1.1 Amenaza

Fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que podría causar la muerte, heridas u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios; alteraciones sociales, económicas y ambientales (UNISDR, 2009).

2.1.2 Amenaza Natural

Proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, alteraciones sociales, económicas y ambientales (UNISDR, 2009).

2.1.3 Amenaza Geológica

Proceso o fenómeno geológico que puede ocasionar la muerte, heridas u otros impactos a la salud, la pérdida de medios de sustento y de servicios; alteraciones sociales, económicas y ambientales. Esta incluye procesos tales como actividad sísmica y volcánica, movimientos en masa, entre otros (UNISDR, 2009).

2.1.4 Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) o Movimientos en Masa (MM)

Son todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de gravedad donde su desplazamiento se da a lo largo de una superficie de falla, se incluyen entre ellos a flujos a lo largo de los cauces cuando el material que cae se mezcla con agua (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

Cruden y Varnes (1996) propusieron modificaciones a la clasificación de Varnes (1978) que introducen un marco taxonómico multidimensional. Tomando en cuenta que la mayoría de los MM son relativamente complejos y presentan diversos comportamientos a lo largo de su recorrido (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Los distintos tipos de FRM se describen a continuación

Caídas (Fall)

Es un tipo de MM en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes,1978 como se cita en Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).



Figura 2.1 Esquema de la Caída de Rocas. Fuente: Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

Volcamiento (Toppling)

Es un MM en el cual existe una rotación hacia adelante y hacia el exterior de la ladera, de uno o varios bloques de roca o suelo alrededor de un eje (bisagra) situado por debajo de su centro de gravedad. Este ocurre por acción de la gravedad, por empujes ejercidos por terrenos adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Se presentan dos procesos volcamiento flexural y volcamiento de bloques.

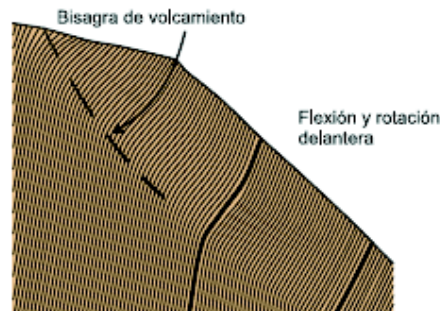


Figura 2.2 Esquema de vuelco del macizo rocoso. Fuente: Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

Deslizamiento (Slide)

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo deslizamiento ocurre principalmente a lo largo de una superficie de falla o en una zona en donde ocurre una gran deformación cortante (Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

De acuerdo con Varnes (1978), se clasifica en dos tipos de deslizamientos según la forma de la superficie falla por donde se desliza el material, en traslacionales y rotacionales.

Deslizamiento Rotacional:

Es un movimiento en el que la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Estos movimientos muestran una morfología caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal (Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007) (Figura 2.3 a.).

Deslizamiento Traslacional:

Es un movimiento en el que la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o que es transportado y se encuentra sobre la roca (Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007) (Figura 2.3 b.).

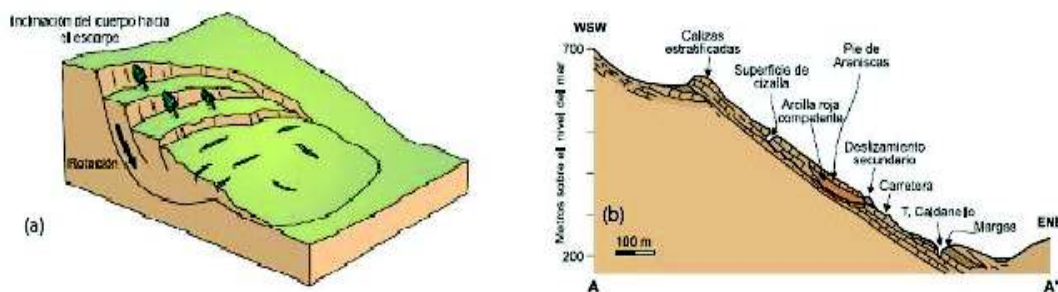


Figura 2.3 (a) Esquema de un deslizamiento rotacional (b) Esquema de un deslizamiento traslacional. Fuente: Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

Extensiones laterales (Lateral spread)

Es un movimiento que ocurre comúnmente en las masas de roca, sobre suelos plásticos o finos, tales como arcillas y limos que pierden gran parte de su resistencia al remoldearse (Suaréz, 2009). Las propagaciones laterales pueden considerarse como la etapa final en una serie de movimientos donde la deformación interna predomina decididamente sobre otros mecanismos de desplazamiento como los que imperan en el deslizamiento o el flujo (Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

Varnes (1978), distingue dos tipos de propagación, uno en que el movimiento afecta a todo el material sin distinguirse la zona basal de cizalla, típico de masas rocosas, y otro que ocurre en suelos cohesivos que sobreyacen a materiales que han sufrido licuefacción o a materiales en flujo plástico.

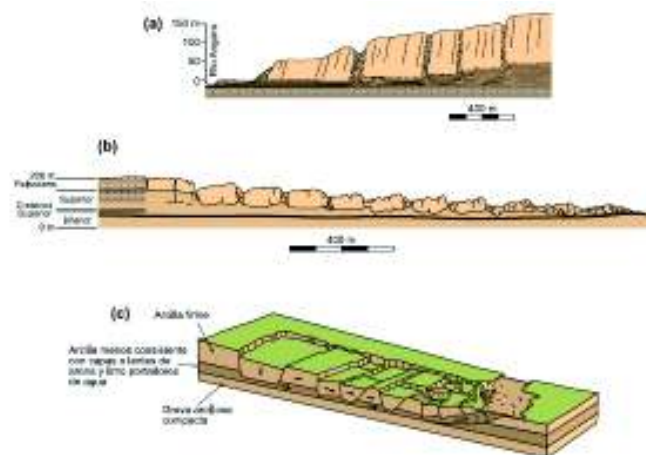


Figura 2.4 Esquema de expansiones laterales, según Varnes (1978). Fuente: Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

Flujos (Flow)

Es un tipo de MM que durante su desplazamiento muestra un comportamiento semejante al de un fluido; este puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978 como se cita en Proyecto Multinacional Andino:Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

Bajo este nombre se engloban diferentes movimientos de ladera que tienen en común la deformación interna y continua del material además de la ausencia de una superficie de deslizamiento. Los flujos pueden ser canalizados o no canalizados y los más comunes son los movimientos de suelo (flujos o coladas de tierra o barro), movimientos de detritos (flujos de detritos) o bloques rocosos (flujos de bloques) (Ormaza, 2017).

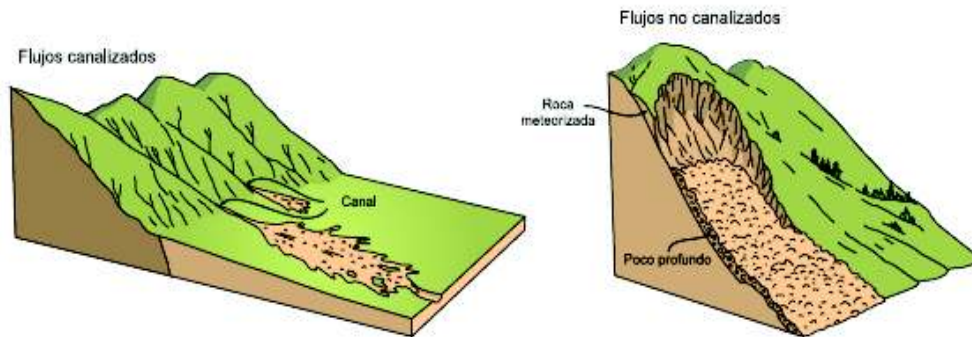


Figura 2.5 Esquema de flujos canalizados y no canalizados, según Cruden y Varnes (1996). Fuente: Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

Reptación

Es un tipo de movimiento en masa extremadamente lento donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo. Dentro de este movimiento se incluye la solifluxión y la gelifluxión, este último término reservado para ambientes periglaciales (Figura 2.6 b.) (Suaréz, 2009) y (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

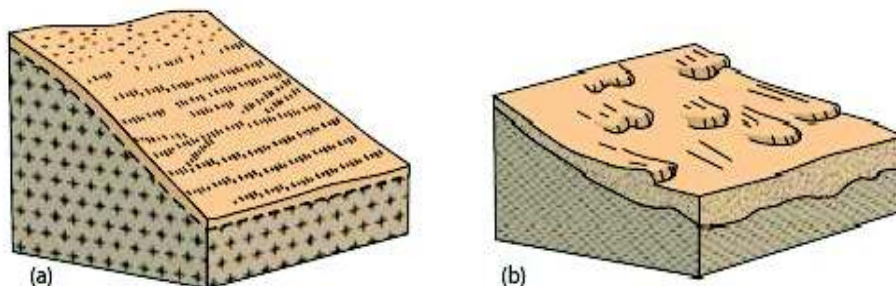


Figura 2.6 (a) Esquema de Reptación (b) Esquema de Solifluxión. Fuente: Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

2.1.5 Inventario de Fenómenos de remoción en Masa

Con el fin de conocer el numero y medios de formación de FRM se utiliza un inventario con el cual se cuantifican y culifican los FRM y entre las características que se incluyen en el forato de este inventario está la ubicación, el tipo de MM, la causa del movimiento, la cobertura y uso del suelo, entre otros (Figura 2.7).

Nombre del encuestador: _____ Fecha: ____/____/____ Hora: _____

UBICACIÓN Localidad: _____ UTM: _____ X: _____ Y: _____ Altitud: _____ Referencia: _____		FECHA DE OCURRENCIA (a/a/m/m/aaaa) Primer Movimiento: ____/____/____ EDAD (Años): ____/____/____		TIPO DE MOVIMIENTO: 1 <input type="checkbox"/> Caída 2 <input type="checkbox"/> Desliz. Rotacional <input type="checkbox"/> Propagación Lateral <input type="checkbox"/> Rotación <input type="checkbox"/> Desliz. Tradicional <input type="checkbox"/> Otro: _____ Nota: -Invol: Movimiento Integrado: Movimiento		DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA (ver columnas en la parte posterior) _____ _____ _____ _____ _____																																																																																																																				
Nivel de Humedad Seco <input type="checkbox"/> Húmedo <input type="checkbox"/> Muy Húmedo <input type="checkbox"/>		CAUSAS DEL MOVIMIENTO: <input type="checkbox"/> Materia Plástica cedi. <input type="checkbox"/> Materia desecable. <input type="checkbox"/> Materia desecación. <input type="checkbox"/> Materia fisurado o agrietado. <input type="checkbox"/> Orientación desfavorable.		<input type="checkbox"/> Mantenimiento deficiente sistema de drenaje. <input type="checkbox"/> Sismo. <input type="checkbox"/> Ujadas. <input type="checkbox"/> Erosión Superficial. <input type="checkbox"/> Socavación al pie del talud.		POBLACIÓN DAMNIFICADA: _____ _____ _____ _____																																																																																																																				
COBERTURA Y USO DE SUELO: Tipo de cobertura: _____ Uso de suelo: _____		<input type="checkbox"/> Vegetación herbácea. <input type="checkbox"/> Arboles. <input type="checkbox"/> Matasales. <input type="checkbox"/> Cuerpo agua. <input type="checkbox"/> Cultivos. <input type="checkbox"/> Construcciónes. <input type="checkbox"/> Sin cobertura. <input type="checkbox"/> Otro: _____		<input type="checkbox"/> Zanahorta. <input type="checkbox"/> Área protegida. <input type="checkbox"/> Agrícola. <input type="checkbox"/> Recreación. <input type="checkbox"/> Zona Industrial. <input type="checkbox"/> Viviendas. <input type="checkbox"/> Vías. <input type="checkbox"/> Otro: _____		DAÑOS: <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">INT</th> <th rowspan="2">AE</th> <th rowspan="2">DA</th> <th rowspan="2">Tipo</th> <th colspan="5">Intensidad y cantidad</th> <th rowspan="2">Observaciones</th> </tr> <tr> <th>DL</th> <th>DM</th> <th>DS</th> <th>DT</th> <th>NC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		INT	AE	DA	Tipo	Intensidad y cantidad					Observaciones	DL	DM	DS	DT	NC																																																																																																				
INT	AE	DA	Tipo	Intensidad y cantidad								Observaciones																																																																																																														
				DL	DM	DS	DT	NC																																																																																																																		

INT: Infraestructura / AE: Actividad Económica / DA: Daño Ambiental

Figura 2.7 Formato para Inventario de Fenómenos de Remoción en Masa. Fuente: Carlosama & Carrera, 2017.

2.1.6 Clasificación SUCS (ASTM D 2487)

Los sistemas de clasificación se basan en la propiedades físicas y mecánicas que los suelos poseen, para ser clasificados cualitativamente. Este método de clasificación requiere de datos como el análisis granulométrico, contenido de humedad y límites de Atterberg que incluyen límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad. Con ellos se puede obtener una distribución del tamaño de partículas del suelo y los contenido de humedad (ASTM D2487, 2017).

2.1.7 Standard Penetration Test (SPT) (ASTM D 1586)

El ensayo de penetración estándar, SPT por sus siglas en inglés, es un método de exploración de campo muy utilizado en geotecnia, ya que proporciona información útil sobre el suelo que se está explorando. Se realiza en suelos o en rocas muy alteradas y meteorizadas, este ensayo consiste en definir el número de golpes necesarios para introducir dentro de un estrato de suelo un toma muestras, el número de golpes necesario para la penetración se denomina valor N a este valor se le deben realizar

correcciones, para obtener un valor N corregido llamado estándar (N_s) o N_{60} , estos mediante correlaciones permiten además obtener ciertas características geotécnicas (ASTM D1586, 2011).

2.1.8 Características Geotécnicas

Son las principales propiedades que presentan los suelos y rocas presentes en un talud, estos son cohesión, ángulo de fricción, entre otros.

Cohesión

Es la medida de la cementación o adherencia entre las partículas del suelo, la cohesión en la mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al corte producido por la adherencia entre las partículas. En el caso de suelos granulares en los cuales no existe un material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a cero y se denomina a estos suelos no cohesivos, mientras que por el contrario al existir una adherencia estos suelos son denominados cohesivos (Suaréz, 2009).

Angulo de Fricción Interna

Es la representación matemática del coeficiente de rozamiento (concepto básico de la física). El ángulo de fricción interna depende de varios factores, entre los más relevantes tenemos: tipo de material constitutivo de las partículas, tamaño de los granos o partículas, forma de los granos o partículas, distribución de los tamaños de granos o partículas, fabrica o microestructura, densidad, permeabilidad, presión normal o de confinamiento, presión de preconsolidación (Suaréz, 2009).

Peso Unitario

El peso unitario se define como el volumen que ocupa cualquier tipo de materia en el espacio. Están estrictamente relacionados con el contenido de agua, por lo que el peso unitario representa el peso húmedo por encima del nivel freático (Suaréz, 2009)

2.1.9 Análisis de Estabilidad de Taludes

El análisis de estabilidad de taludes es uno de los cálculos más importantes en la práctica de la ingeniería geotécnica, con el objeto de analizar las condiciones de estabilidad de los taludes naturales, la seguridad y funcionalidad del diseño en los taludes artificiales (Figura 2.8) (Suaréz, 2009).

Para este análisis existe una gran cantidad de metodologías, el cual depende del objetivo del análisis y de los resultados que se quieran obtener; una de las metodologías es el límite de equilibrio el cual se caracteriza por obtener un factor de seguridad del talud, estos se pueden obtener mediante el uso de paquetes de software un ejemplo es el software SLIDE; los principales parámetros que usa esta metodología son: geometría del talud, estratigrafía y características geotécnicas (Suaréz, 2009).

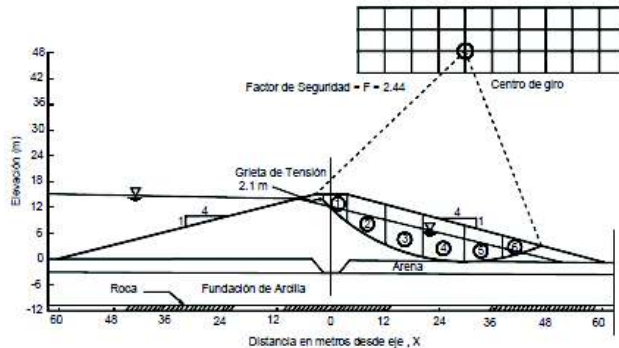


Figura 2.8 Ejemplo de un análisis de estabilidad de taludes. Fuente: U. S. Corps of Engineers, 2003 en Suaréz, 2009.

2.1.10 Metodología del Límite de Equilibrio

Esta metodología consiste en determinar un factor de seguridad o a través de un análisis regresivo obtener los valores de la resistencia al corte en el momento de la falla.

El límite de equilibrio presenta varios métodos (Figura 2.9) y la mayoría tienen en común, la comparación de las fuerzas resistentes y actuantes sobre una determinada superficie de falla. Por otro las variaciones que presentan los diferentes métodos son el tipo de superficie de falla y cómo actúan las fuerzas en la superficie falla (Suaréz, 2009).

Los métodos usados en este trabajo de titulación son el método de Jambú Simplificado y Bishop Simplificado.

Método	Superficies de Falla	Equilibrio	Características
Talud infinito	Rectas	Fuerzas	Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie.
Bloques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas	Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral logarítmica	Fuerzas y momentos	Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular, (Fellenius, 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo ($\phi = 0$).
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	Fuerzas	No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.
Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas entre dovelas, sea asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla.

Figura 2.9 Cuadro de metodologías más comunes para el análisis de estabilidad de taludes. Fuente: Suárez, 2009

Método de Simplificado de Jambú

La metodología del límite de equilibrio contempla algunos métodos para su desarrollo entre ellos se encuentra el método de Jambú que considera que las superficies de falla no necesariamente son circulares y establece un factor de corrección. Este factor dependerá de la curvatura de la superficie de falla (Figura 2.10). Estos valores son aproximados y se basan en análisis de 30 a 40 casos para la obtención de un factor de seguridad (Suárez, 2009).

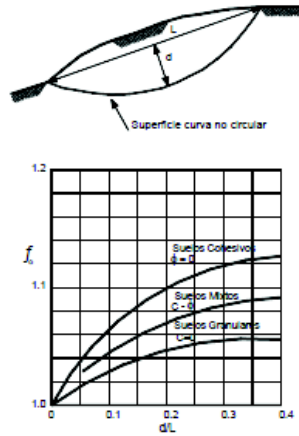


Figura 2.10 Diagrama para determinar el factor de corrección del método de Jambú.

Fuente: Suárez, 2009.

Método de Simplificado Bishop

Bishop asume que las fuerzas entre dovelas son horizontales, es decir no toma en cuenta las fuerzas de corte (Figura 2.11). Aunque el método solo satisface el equilibrio de momentos, se consideran a los resultados muy precisos en comparación a otros métodos.

La solución rigurosa de Bishop es compleja por lo cual se usa una versión simplificada del método.

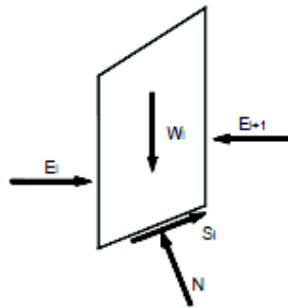


Figura 2.11 Esquema de fuerzas sobre dovelas en el método de Bishop simplificado.

Fuente: Suárez, 2009.

Al igual que el método de Jambú el método simplificado de Bishop es uno de los métodos para el desarrollo del método de límite equilibrio y es uno de los más utilizados para el cálculo de factores de seguridad de los taludes, sin embargo, es restringido ya que solo considera superficies circulares (Suárez, 2009).

2.1.11 Programa SLIDE

Software de análisis de Estabilidad de Taludes que utiliza el método de límite de equilibrio para el cálculo de la estabilidad. Este permite evaluar un gran número de problemáticas geotécnicas, tales como estabilidad de presas, taludes en excavaciones mineras o en edificaciones, efectos de cargas externas, sísmicas, etc., integrando análisis de sensibilidad probabilísticos y análisis retrospectivos. (ICOG, 2016).

Las versiones utilizadas en el presente proyecto serán la versión 6.0 y 8.0, esta última presenta como una nueva opción el método de Newmark, que permite estimar desplazamientos del terreno añadiendo un acelerograma. Con lo cual se obtienen como resultados factores de seguridad y los denominados desplazamientos de Newmark (Tutorial 28: Slide 2018 Seismic Analysis, 2018).

2.1.12 Aceleración Pico (PGA)

La aceleración pico (PGA) se presenta en dos componentes una horizontal y una vertical, la componente horizontal es la aceleración horizontal total obtenida de un acelerograma, considerando que la aceleración producida por un sismo está relacionada con la intensidad del movimiento en un determinado sitio, es el parámetro más utilizado para el análisis de taludes (Suaréz, 2009).

Por otro lado, la componente vertical recibe menor atención, ya que se supone que su efecto sobre estructuras y taludes es menor (Suaréz, 2009).

2.1.13 Factor de seguridad

Se considera como la relación entre la resistencia al corte del material en un talud y los esfuerzos de corte crítico que tratan de producir la ruptura, a lo largo de una posible superficie de falla (Fellenius, 1922 citado por Suaréz, 2009), expresado en la siguiente fórmula:

$$F.S = \frac{\text{Resistencia al corte}}{\text{Esfuerzo al corte}} = \frac{T_f}{T_d}$$

Ecuación 2-1 Calculo de Factor de Seguridad

Sabiendo que cuando F.S es igual a 1, el talud se encuentra en equilibrio y si este es mayor que 1 el talud es estable.

- Resistencia al corte disponible: es la resistencia que tiene el material al corte.

- Esfuerzo al corte: es el esfuerzo presente que actúa para generar el corte en el material.

De acuerdo con Fellenius (1922) en Suarez (2009), la resistencia al corte posee dos componentes: la cohesión y el ángulo de fricción interna y se expresa según el criterio de falla de Mohr Coulomb como:

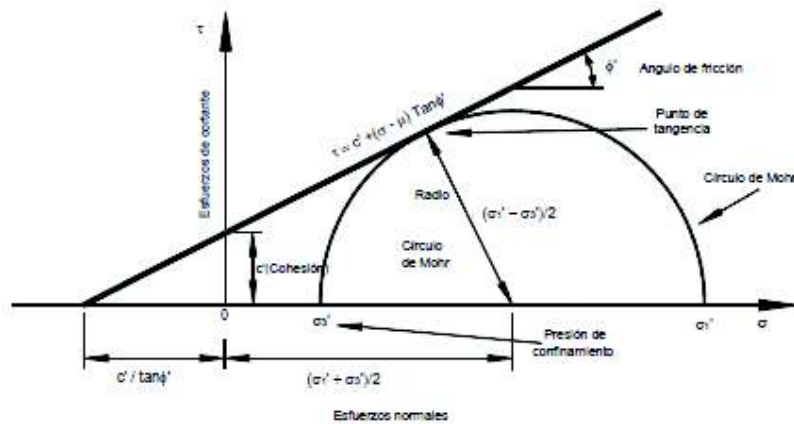


Figura 2.12 Representación gráfica del criterio de Mohr-Coulomb. Fuente: Suárez, 2009.

$$T_f = c + \sigma \tan \phi$$

Ecuación 2-2 Resistencia al corte, criterio de Mohr Coulomb

Donde:

T_f esfuerzo de resistencia al corte

c cohesión

ϕ ángulo de fricción interna

σ esfuerzo normal total

La resistencia al corte puede disminuir por causas internas, como: la meteorización, presión de poros, fracturamiento, incluida la geología y litología, mientras el incremento de los esfuerzos cortantes puede ser por causas externas, como: sobrecargas en la ladera, sismos, erosión, socavamiento al pie del talud, lluvias, etc.

2.1.14 Método de Newmark (Dn)

El ingeniero civil Nathan Newmark en 1965 formulo un método para estimar el desplazamiento permanente generado por un movimiento sísmico en espacios de terreno específicos denominados Desplazamientos de Newmark (Rodríguez, García, & Azañón, 2009).

Este método con ligeras variaciones fue aplicado posteriormente por varios investigadores con éxito para el estudio de laderas naturales (Jibson, Harp, & Michael, A Method for producing Digital Probabilistic Seismic Landslide Hazard Maps: An Example from the Los Angeles, California, 1998).; y hoy en día es común aplicar este método en estudios de evaluación de la ocurrencia de inestabilidad de laderas detonadas por sismos (Rodríguez, García, & Azañón, 2009).

El método de Newmark modela un deslizamiento como un bloque rígido que se desliza en un plano inclinado (Figura 2.13). El bloque tiene una aceleración crítica (a_c), que permite calcular los desplazamientos permanentes acumulados del bloque que están sujetos a los efectos de un acelerograma (Jibson, Harp, & Michael, A Method for producing Digital Probabilistic Seismic Landslide Hazard Maps: An Example from the Los Angeles, California, 1998).

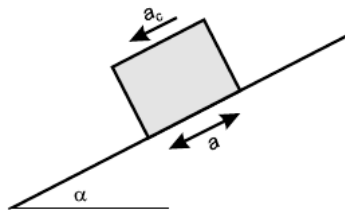


Figura 2.13 Modelo para el análisis del método de Newmark. Fuente: Jibson, Harp, & Michael, 1998

De acuerdo con Jibson (2007), se propone una ecuación simple la cual basa el cálculo del desplazamiento de Newmark en relación a la Intensidad de Arias (I_a) y la aceleración crítica (a_c), para todas las condiciones sitio (Ecuación 2-3).

$$\log D_n = A \log I_a - B a_c + C \log I_a \pm \sigma$$

Ecuación 2-3 Cálculo del Desplazamiento de Newmark

Donde:

A, B, C son constantes

I_a = Intensidad de Arias

a_c = Aceleración Crítica

Aceleración Crítica (Ac)

La aceleración crítica es considerada la mínima aceleración que requiere el suelo para superar la máxima resistencia del talud a deslizarse. Es usada como una medida numérica de la estabilidad del talud y por lo tanto de la probabilidad a que se produzca un deslizamiento desencadenado por un sismo. La aceleración crítica está definida por la siguiente ecuación (Figueras, Macau, Goula, & Gonzalez, 2005):

$$a_c = (FS - 1)g \operatorname{sen}(\alpha)$$

Ecuación 2-4 Cálculo de Aceleración Crítica

Donde:

a_c = Aceleración Crítica

FS = Factor de Seguridad

α = ángulo del talud

g = Gravedad

Intensidad de Arias (Ia)

La intensidad de Arias está definida como la energía por la unidad de peso disipada por una familia de osciladores de un grado de libertad, cuyas frecuencias están comprendidas en el rango de $(0, +\infty)$, para un sismo y amortiguamiento dados. Este factor está definido por la ecuación (Schmidt, 2008 citado en Benítez, 2018):

$$I_a = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_0} a(t)^2 dt$$

Ecuación 2-5 Cálculo de Intensidad de Arias

Donde:

I_a = Intensidad de Arias

a = Aceleración del suelo durante el sismo

t = Variable temporal

t_0 = duración total del registro de movimiento

2.1.15 Vulnerabilidad

Es el grado de probabilidad de pérdidas de un determinado elemento o conjunto de elementos expuestos dentro del área específica afectada por una amenaza (Suaréz, 2009). Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, en base a esto esta puede ser social, económica y física (Ávila, et al., 2015)

La vulnerabilidad puede estar dividida principalmente en vulnerabilidad no estructural y estructural.

Vulnerabilidad No Estructural

La vulnerabilidad no estructural está asociada a la susceptibilidad de los elementos o componentes no estructurales de sufrir daño no cuantificable a causa de una amenaza y comprende el deterioro de aquellos elementos o componentes que no forman parte del sistema estructural (Salvador, 2003).

Vulnerabilidad Estructural

La vulnerabilidad estructural está asociada a la susceptibilidad de los elementos o componentes estructurales de sufrir daño a causa de una amenaza, esta comprende el deterioro físico de aquellos elementos o componentes que forman parte del sistema estructural (Salvador, 2003). Dentro de este tipo de vulnerabilidad se considerada la vulnerabilidad estructural física.

2.1.16 Elemento Expuesto

Se refiere a las personas, medios de subsistencia, bienes, estructuras e infraestructuras que se localizan en el área potencialmente afectada por la manifestación de una amenaza (Ávila, et al., 2015).

2.1.17 Vulnerabilidad Estructural Física

Está directamente relacionada con la capacidad que tiene la estructura para responder a los posibles efectos dañinos generados a causa de una amenaza, tal como lo es un movimiento en masa. La respuesta de la estructura depende de dos aspectos: las características estructurales del elemento expuesto y su exposición (Ávila, et al., 2015).

2.1.18 Características Estructurales

Son las propiedades que posee una edificación para mantenerse a lo largo de su vida útil, cumpliendo la función de resistir cargas, debe resistir de manera eficiente las diversas condiciones de carga a las que se pueda ver sometida la estructura, además debe poseer ductilidad para deformarse sosteniendo su carga máxima antes de colapsar. Entre las características constructivas más relevantes tenemos: sistema estructural, tipo de material en paredes, tipo de cubierta, sistemas de entre piso.

2.1.19 Riesgo - Exposición

Medida de probabilidad de un efecto adverso a la vida, propiedad o el ambiente. Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentar un elemento expuesto a una amenaza de acuerdo a su vulnerabilidad que depende de dos aspectos: las características del elemento y su posición relativa con respecto a el área afectada por eventos físicos peligrosos de origen natural o antrópico; por consiguiente, el riesgo-exposición es el resultado de una combinación de la amenaza y la vulnerabilidad del elemento expuesto. Según se defina el elemento expuesto, el riesgo-exposición puede medirse según la pérdida económica, según el número de vidas perdidas o según la extensión del daño físico en los bienes (Ávila, et al., 2015).

2.2 Geología Regional

Los Andes Ecuatorianos son una cadena montañosa desarrollada sobre una zona de subducción en la cual la placa oceánica Nazca converge bajo la placa continental Sudamericana. Este proceso de convergencia entre placas, que en Ecuador se ha dado desde el Oligoceno hasta la actualidad, es generador del volcanismo, levantamiento y deformación existente en general en el borde occidental del continente Sudamericano (Gutscher, 1999)

La convergencia entre placas ha dado lugar a un sistema orogénico en Ecuador, que está compuesto de dos cadenas montañosas sub-lineares, de dirección N-S, referidas como Cordillera Real (CR) en el este y Cordillera Occidental (CO) en el oeste, separadas por el Valle Interandino (VIA). (Villagómez, 2003)

2.2.1 Cordillera Real

La Cordillera Real está compuesta por un grupo de cinturones alargados de rumbo NNE, constituidos por rocas metamórficas de edad Paleozoica-Mesozoica, cubiertas por depósitos volcánicos cenozoicos. Estas rocas son intruidas por granitoides tipo S e i (Aspden & Litherland, 1992).

Estos cinturones de rocas metamórficas fueron afectados por una sucesión de eventos tectónicos y magmáticos desde el Mesozoico hasta el Cuaternario, se han propuesto varios modelos para la cordillera Real sin embargo el más aceptado fue propuesto por (Aspden & Litherland, 1992).

Según Aspden & Litherland (1992), la cordillera Real se divide en cinco diferentes unidades, las cuales estarían separadas por importantes fallas regionales. Estas divisiones son de oeste a este: Guamote, Alao, Loja, Salado y Zamora y los límites tectónicos entre estas son la Falla de Peltetec, Frente Baños, Falla Llanganates, Falla Cosanga-Méndez (Figura 2.14)

Para este proyecto describiremos esencialmente describiremos la división Guamote que constituye el borde este del Valle Interandino.

La división Guamote está compuesta por cuarcitas intercaladas con rocas de bajo grado tales como pizarras y filitas. Esta división se encuentra limitada por la falla Ingapirca al oeste y la falla de Peltetec al este (Aspden & Litherland, 1992). A Guamote se le atribuye una edad que está comprendida ente Jurásico temprano al Cretácico Temprano (Litherland et al., 1994). Aunque existen estudios que definen a la falla de Peltetec como una zona de melange tectónico en el cual aflora una secuencia ofiolítica a la cual se ha denominado Ofiolita de Peltetec que formaría parte de la división Alao, que está localizada aproximadamente a 700 metros al oeste de la sutura entre la división Guamote y Alao, evidenciando que esta estructura no constituiría el límite tectónico entre estos dos terrenos (como se cita en Peñafiel, 2009).

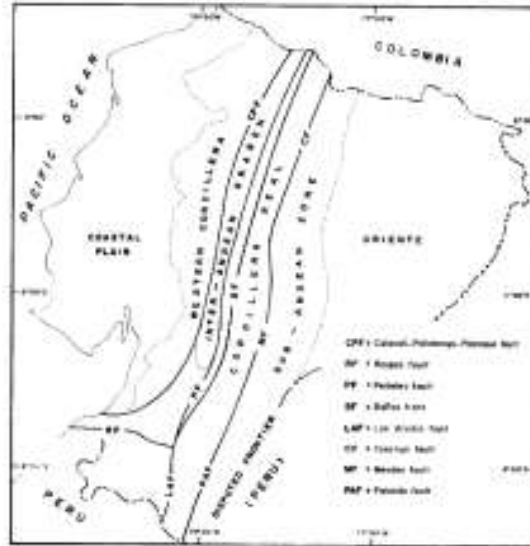


Figura 2.14 Principales Fallas y características geomorfológicas del Ecuador. Tomado de Aspden & Litherland, 1992.

2.2.2 Cordillera Occidental

La cordillera Occidental está constituida por rocas de origen oceánico, que fueron acrecionadas al continente a lo largo del Cretácico Tardío al Eoceno, en cuanto a su litología está compuesta por un plateau basáltico, secuencias ofiolíticas arcos de isla, turbiritas marinas y secuencias volcanosedimentarias (Hughes & Pilatasig, 2002). El basamento de la cordillera está compuesto por dos terrenos principales Pallatanga y Macuchi separados por la Zona de Cizalla Chimbo-Toachi (Hughess & Pilatasig, 2002).

El terreno Pallatanga incluye turbiritas y bloques fallados de rocas ultramáficas, basaltos y sedimentos marinos profundos que tendrían una edad del Cretácico, mientras su edad de acreción contra el margen continental a lo largo de la zona de sutura la cual es definida como melange tectónico denominado Unidad Pujilí, en el que se encuentran bloques métricos similares a los bloques de roca de la cordillera Real, se atribuiría al Campaniano y regionalmente es denominada falla Calacalí-Pallatanga-Pujilí (Hughes & Pilatasig, 2002).

El terreno Macuchi está formado por una secuencia volcanosedimentaria que incluye pillow lavas, hialoclastitas, turbiritas, areniscas y brechas volcánicas con una composición basáltica a andesítica, con una edad de Paleoceno tardío al Eoceno temprano, la acreción de Macuchi contra Pallatanga ocurrió durante el Eoceno tardío a

través de la zona de Cizalla Chimbo-Toachi bajo esfuerzos transpresivos dextrales (Hughess & Pilatasig, 2002).

2.2.3 Valle Interandino (VIA)

El valle Interandino o callejón Interandino es una depresión topográfica orientada aproximadamente N-S a NNE-SSW que abarca entre $\sim 2^{\circ}30'S$ (zona de Alausí) y $\sim 0^{\circ}45'N$ (zona del Chota) en Ecuador (Winkler, et al., 2005)

Cuencas del Valle Interandino

El VIA alberga una serie de cuencas sedimentarias, que se formaron en respuesta a reordenamientos tectónicos a gran escala desde finales del Mioceno al presente en el arco y antearco Andino Ecuatoriano. Atravesado de norte a sur, se reconocen las siguientes subcuencas en el Ecuador. (1) la cuenca Chota, situada en el norte del VI entre las ciudades de Ibarra y Tulcán; (2) la cuenca de Quito-San Antonio-Guayllabamba; (3) la cuenca Latacunga-Ambato; (4) la cuenca de Riobamba-Alausí en el extremo sur (Winkler et al., 2005).

Esta depresión se encuentra limitada por las fallas asociadas a los principales límites estructurales de la Cordillera Occidental y Real.

Los principales límites estructurales esta depresión regional son las fallas de escala cortical reactivadas, que fueron formadas durante eventos consecutivos de acreción en el cretácico y terciario inferior a lo largo del margen continental ecuatoriano (Winkler, et al., 2005)

Estas fallas limitantes serían la falla de Peltetec que define el límite oriental del VIA y puede representar una estructura jurásica tardía que se formó durante la acreción de los terrenos que constituyen la CR (Litherland, et al., 1994). Por otra parte, la falla de Peltetec puede haberse formado durante la acreción del Cretácico tardío del terreno oceánico Pallatanga (Spikings, et al., 2005).

La falla Pallatanga Pujilí-Calacalí, que se formó durante la acreción cretácica tardía del terreno Pallatanga, define el borde occidental del VIA. Paralelo a la falla Pallatanga-Pujilí-Calacalí, el VIA se equilibra hacia el oeste al sur de $\sim S2^{\circ}10'$, hacia el Golfo de Guayaquil, y corta la topografía de la CO (Figura 2.14). Esta área también se caracteriza por la apertura de la cuenca pull-apart de Pallatanga, que se ha estado formando desde ~ 2.5 Ma, el movimiento transpresivo dextral general en el antebrazo y el arco se

compensa por extensión en la cuenca de Jambelí en el Golfo de Guayaquil (Winkler, et al., 2005)

De acuerdo con Villagómez (2003), el callejón Interandino se encuentra dividido en tres segmentos que son: segmento norte Otavalo-Chota, segmento central Quito-Guayllabamba y segmento sur Latacunga-Riobamba separados por dos importantes nudos (Figura 2.15). Estos nudos volcánicos marcan importantes cambios en la orientación de la depresión. El segmento Central (Quito-Guayllabamba) ha sido dominado Valle Interandino Central y su límite norte es el nudo construido por los volcanes Mojanda y Cusin y su límite sur el nudo construido por los volcanes Rumiñahui, Paschoa, Cotopaxi e Iliniza.

Los segmentos nombrados en Villagómez (2003) incluyen en ellos cuencas tales como: la cuenca del Chota, la cuenca de Quito-Guayllabamba, la cuenca de Ambato-Latacunga y la cuenca Alausí-Riobamba.

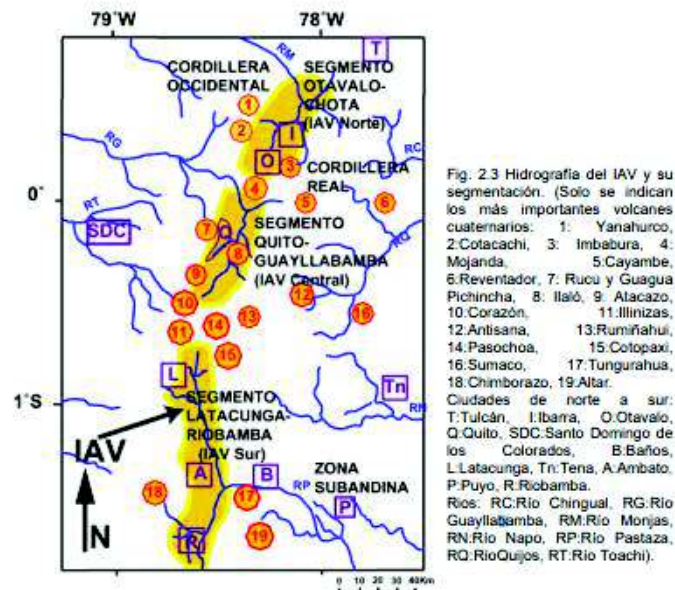


Figura 2.15 Segmentos del VIA. Fuente: Villagomez,2003

El área de estudio se encuentra localizada dentro de la cuenca Quito-Guayllabamba en su parte oriental.

Volcanismo Cuaternario del VIA

En el Ecuador el arco volcánico se desarrolla desde el Plioceno y está caracterizado por ser un arco bastante ancho con un promedio de 80 kilómetros. La actividad volcánica

en los andes occidentales en el Ecuador empezó aproximadamente en 1.5 Ma mientras que en los andes orientales y en el Valle Interandino los productos volcánicos indican un intervalo de edad desde el Plioceno temprano hasta el presente (Barberi, et al., 1988)

Dentro el Valle Interandino, la Cordillera Occidental y la Cordillera Real se encuentran volcanes activos tales como el Complejo Volcánico Pichincha, Complejo Volcánico Atacado, Pululahua y extintos como el Complejo Volcánico Corazón, Rumiñahui, Pas Ochoa, Sincholagua e Ilaló (Figura 2.16). La ciudad de Quito está limitada al oeste por el Complejo Volcánico Pichincha y el complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca y al sureste por el Volcán Cotopaxi.

Complejo Volcánico Pichincha

El complejo Volcánico Pichincha incluye dos estratovolcanes el Rucu Pichincha y el Guagua Pichincha y un edificio Basal llamado El Cinto que separa el valle del río El Cinto y la cuenca de Quito (Samaniego, et al., 2006 citado en Peñafiel, 2009).

Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca

Este complejo está constituido por dos edificios volcánicos antiguos La Caracha y Atacazo y por recientes externos como Ornoturco, Cusungo, La Viudita y Gallo Cantana e internos como La Cocha, El Arenal II, Ninahuilca Chico I Y Ninahuilca Chico II (Hidalgo, 2006 citado en Peñafiel, 2009) (Figura 2.17).

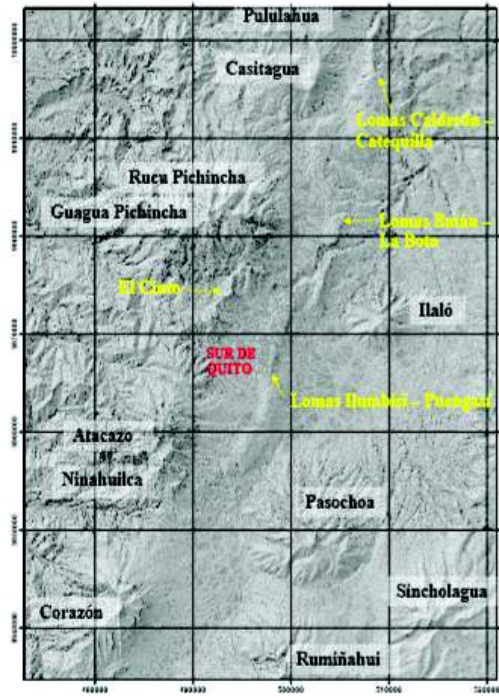


Figura 2.16 Edificios Volcánicos localizados en el Valle Interandino y Cordillera Occidental. Fuente Base topográfica IGM-EMAAP-Q. Fuente Peñafiel,2009.

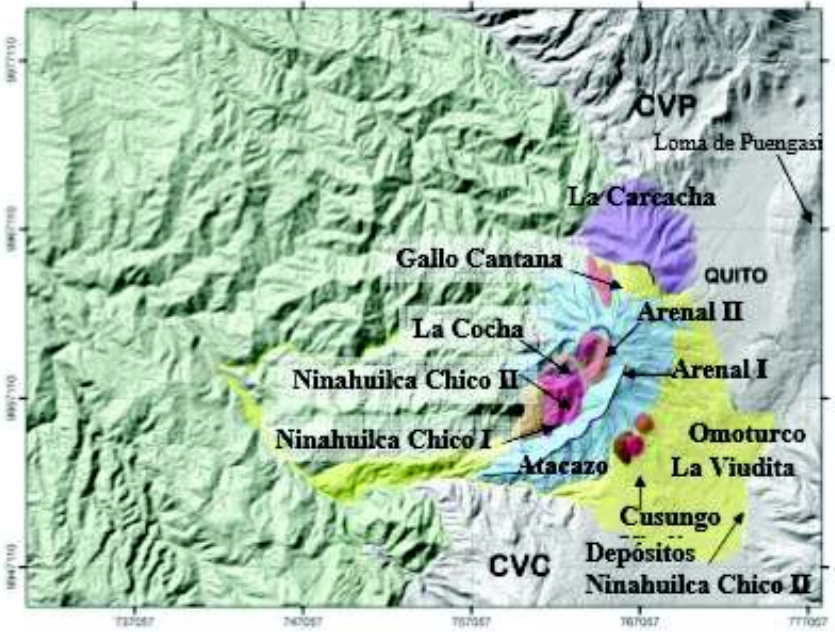


Figura 2.17 Edificios Volcánicos que forman el Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca. Fuente: Peñafiel, 2009. (Modificado de Hidalgo,2006)

Volcán Cotopaxi

El volcán Cotopaxi es un estratovolcán cónico con una altura de 5897 msnm., se asienta sobre la Cordillera Real al sureste de la ciudad de Quito (Figura 2.18), tiene como rasgos importantes un diámetro de 22 Km., flancos con fuertes pendientes un cono construido de lava y tefra con una geometría casi simétrica y un cráter con 800 m. de ancho y 334 m. de profundidad (Barbieri et al., 1995).

La cobertura de hielo que presenta el volcán al combinarse con flujos piroclásticos, en variadas ocasiones ha generado lahares que arrasaron con todo lo que han encontrado a su paso, por lo cual constituyen la principal amenaza en la actualidad (Mothes et al., 1998 como se cita en Minard Hall, 2008).

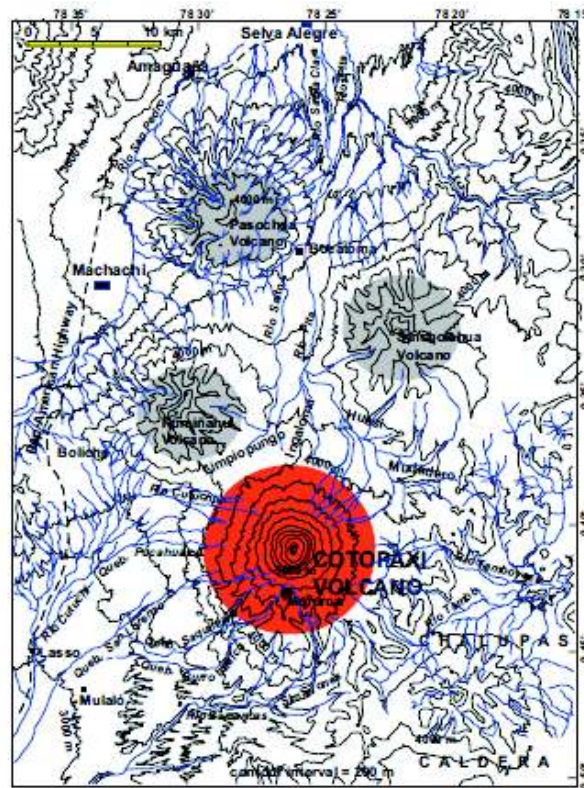


Figura 2.18 Mapa Regional muestra la localización del Volcán Cotopaxi y los centros volcánicos vecinos dentro del Valle Interandino. Tomado de (Hall & Mothes, 2008).

2.2.4 Cuenca de Quito-Guayllabamba

Esta cuenca es una depresión topográfica con una dirección aproximadamente de N-S, con una longitud de treinta kilómetros y con un ancho de entre tres a cinco kilómetros (Alvarado, 1996 citado por Peñafiel, 2009). La cuenca se encontraría dividida morfológicamente en dos subcuencas: centro-norte y sur separadas por el río Machángara y el domo el Panecillo (Villagómez, 2003).

Según Villagómez (2003), la formación de la cuenca estaría estrechamente relacionada con la actividad presente en el sistema de falla de Quito, lo que se evidencia morfológicamente en una cadena de lomas alargadas de dirección N-NNE, localizadas al borde de la ciudad.

Estas estructuras tectónicas se han dividido en tres segmentos principales: Lomas Calderón-Catequilla, Lomas Batán-La Bota y Lomas Ilimbisi-Puengasí (Villagómez, 2003). Los segmentos tienen un buzamiento al oeste y seguramente iniciaron su propagación desde el norte en una serie de pulsos (Villagomez,2003). Con una tasa de levantamiento de aproximadamente 0.8mm/año y habría empezado hace 0.5Ma (Villagómez, 2003;Figura 2.19).

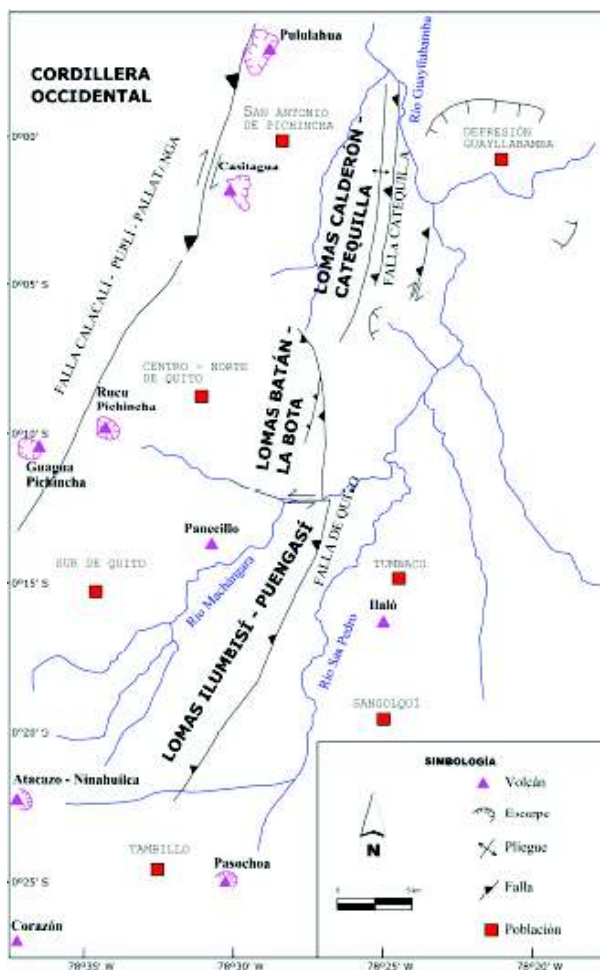


Figura 2.19 Esquema tectónico simplificado de la cuenca de Quito mostrando el sistema de Fallas inversas de Quito. Tomado de Peñafiel,2009.

Estratigrafía

En esta cuenca se ha depositado material proveniencia volcánica de una edad de Pleistoceno medio, que se agrupan en las formaciones Machángara y Cangahua (Villagómez,2003;Figura 2.20).

La formación Machángara es un deposito exclusivo de la cuenca de Quito y está compuesto por los miembros Volcánicos Basales y Quito (Villagomez,2003).

- Miembro Volcánicos Basales son un paquete de volcánicos primarios constituidos por depósitos de avalanchas, flujos piroclásticos, lavas andesíticas, caídas de ceniza y pómez, en menor cantidad se encuentra material re TRABAJADO como debris flows. La fuente de estos volcanosedimentos estaría restringida a

un aporte del complejo volcánico Pichincha, especialmente a la actividad del volcán Rucu Pichincha y su espesor llegaría hasta 80m en el centro de la Cuenca de Quito, subyace en discordancia angular a la formación Chiche (área de Zambiza y subyace en discordancia progresiva al miembro Quito. Su edad sería del Pleistoceno Superior (Villagomez,2003).

- Miembro Quito es otro miembro limitado a la cuenca de Quito, está formado por depósitos volcánicos. Esencialmente debris flow y lahares intercalados con cenizas y en menor cantidad arenas fluviales poco consolidadas, la matriz de los flujos es vítrea y en parte deben consistir de material como cangahua retrabajada. Este miembro sobreyace en discordancia progresiva al miembro Volcánicos basales esto a causa de la actividad synsedimentaria de la Falla de Quito y subyace a la Formación Cangahua transicionalmente, el material que constituye este miembro proviene de la erosión del Complejo Pichincha y actividad volcánica del Volcán Atacazo (Villagomez,2003). En cuanto a su espesor probablemente al borde este de la cuenca alcanzaría un espesor de 100m y en el centro de la cuenca tendría un espesor de 300m. Se atribuye su edad al Pleistoceno Superior. Villagomez,2003)

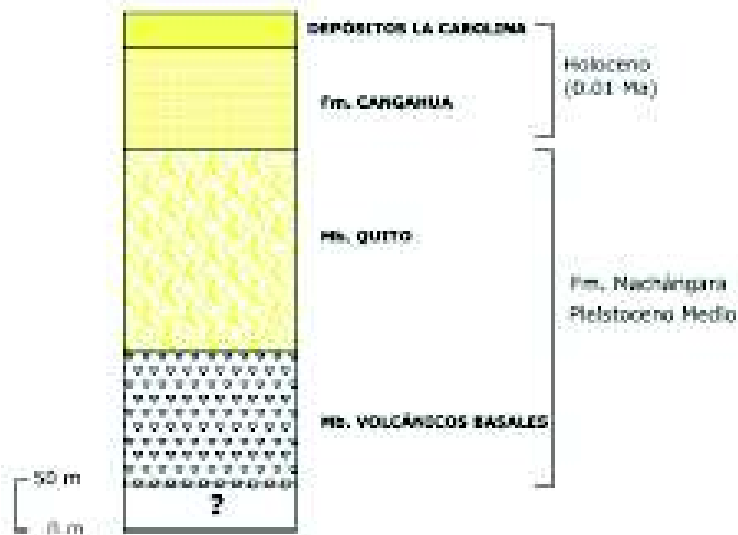


Figura 2.20 Columna estratigráfica generalizada del relleno de la cuenca de Quito.

Tomado de Peñafiel,2009.

2.3 Ubicación del Área de Estudio

El área de estudio corresponde al Barrio Santa Teresita de Conocoto que se ubica en la Parroquia Conocoto en la parte oriental de la avenida Simón Bolívar en el Valle de los Chillos al sur este del DMQ (Figura 2.21).

Este barrio comprende 5,68 hectáreas divididas principalmente en una área verde y comunal de 1,95 hectáreas y 2,74 hectáreas (valores obtenidos del levantamiento topográfico realizado por los moradores del barrio en el año 2017; Arq. Jacqueline Paredes, 2017) y se localiza en una ladera de fuerte pendiente, que constituiría los flancos de un antiguo deslizamiento reactivado de la Forestal (Rivera et al., 2015).

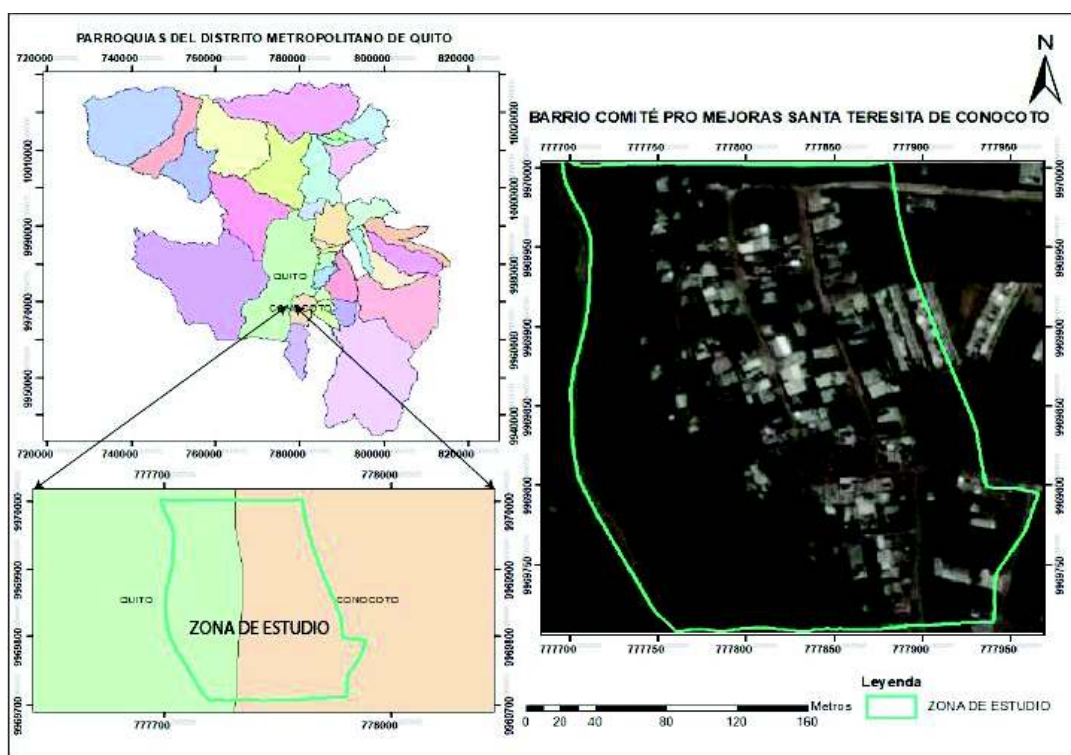


Figura 2.21 Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio. Fuente de las imágenes: Rivera, et al., 2015. Elaborado por Dayana Camino.

2.3.1 Acceso

El ingreso al Barrio Santa Teresita de Conocoto se puede realizar por dos rutas la primera por el puente 3 en la autopista General Rumiñahui se toma la Av. Ponce Enríquez hasta su intersección con la calle Lizardo García se sigue hasta la calle Gerónimo Carrión, la segunda se realiza por la Av. Simón Bolívar en ella se toma la

antigua vía a Conocoto hasta llegar a la Av. Ponce Enríquez y seguir las indicaciones anteriores. Esta ruta es cubierta por la cooperativa de transporte público Mariscal Sucre.

El 80% de las calles de la parroquia Conocoto se encuentra adoquinadas o a su vez asfaltadas, sin embargo, la Calle Gerónimo Carrión ubicada en la zona de estudio no tiene estas condiciones y solo es un camino de tierra al igual que las vías sin nombre localizadas en la zona superior del área de estudio.

2.3.2 Estudios previos

En el sector se han realizado pocos trabajos. Uno de los pocos trabajos fue el levantamiento topográfico realizado gracias a la iniciativa y organización de los moradores del Barrio.

Levantamiento Topográfico del Barrio Santa Teresita de Conocoto.

Este levantamiento se realizó con el fin de contribuir con el presente estudio con el objetivo de legalizar el barrio antes mencionado. El trabajo fue realizado por la arquitecta Jacqueline Paredes en julio de 2017, bajo la clave catastral 21402-01-002, número de predio 5017019, a una escala 1:1000. El sistema de coordenadas utilizado fue el Sistema de Referencia Espacial para el Distrito Metropolitano de Quito (SIRES-DMQ) (Arq. Jacqueline Paredes, 2017).

En este levantamiento se indican las delimitaciones de los 132 lotes que conforman el barrio junto con sus respectivas superficies y delimitaciones de áreas verdes y comunales.

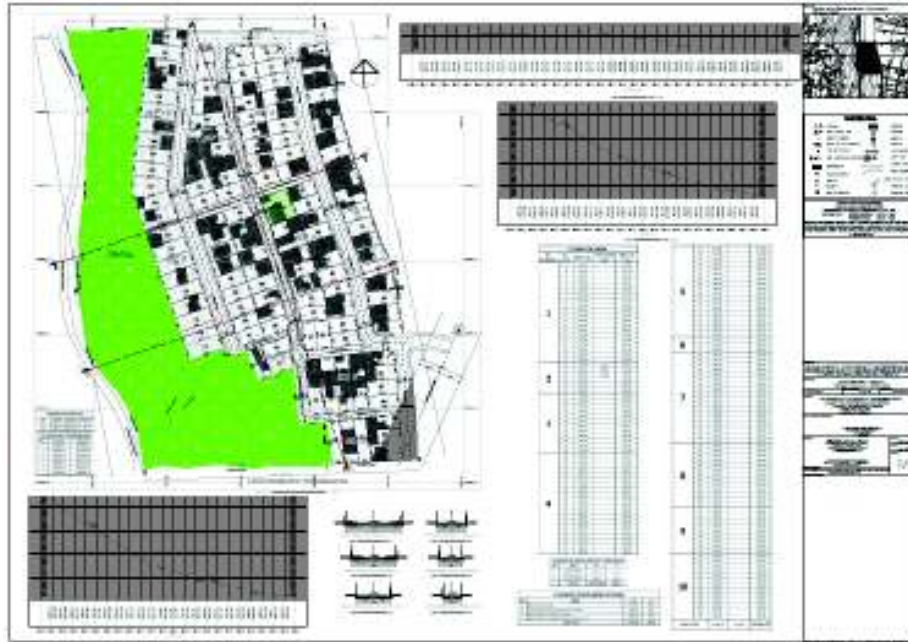


Figura 2.22 Levantamiento Topográfico del Barrio Santa Teresita. Fuente: Arq. Jacqueline Paredes, 2017.

Estudio de las Condiciones de Riesgo del sector Santa Teresita y Ontaneda de la Parroquia de Conocoto, Bolaños de la Parroquia Itchimbia, de las Administraciones Zonales Los Chillos y Norte en el Distrito Metropolitano de Quito

Este estudio fue realizado por en el mes de septiembre del año 2011 por el Ing. Patricio Vargas para la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos con el Contrato de Consultoría N°. CEMER-08-2011.

Los informes constan de un estudio de las condiciones de la amenaza y vulnerabilidad de los sectores ya mencionados en el título, allí se incluye información de ensayos SPT, ensayos de refracción sísmica a través de los cuales se obtienen características geotécnicas y estratigrafía. Además, realiza un análisis de varios tipos de vulnerabilidad como social, económica para los pobladores de los sectores y física de las edificaciones del sector.

A Información de este estudio será usada para la ejecución de este proyecto de titulación.

2.4 Aspecto Socioeconómico

Para la descripción de los diferentes aspectos socioeconómicos de la población se ha considerado la información de la Parroquia Conocoto donde se encuentra la zona de estudio utilizando datos obtenidos del Censo de Población y de Vivienda 2001-2010 de la Parroquia Conocoto realizado por el INEC.

2.4.1 Tamaño de la población

La parroquia de Conocoto ha tenido un crecimiento progresivo a lo largo de las décadas, de acuerdo a los datos del último censo poblacional teniendo 82072 habitantes (INEC,2010), con una tasa de crecimiento del 2.2% de promedio anual en el último periodo interenal de 2001-2010 (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), 2015).

De los 82072 habitantes 39691 corresponden a hombres y 42381 son mujeres (INEC,2010).

2.4.2 Densidad de población

La densidad poblacional de la Parroquia de Conocoto se ha venido incrementando y registro para el último censo poblacional de 2010 una densidad de 2124.57 habitantes por hectárea (INEC,2010).

Por otra parte, según el Censo del INEC (2001), existe un total de 13044 viviendas en la parroquia de Conocoto, de las cuales alrededor de 110 viviendas se ubican en la zona de estudio.

2.4.3 Cobertura de Servicios Básicos

La cobertura de los servicios básicos como es energía eléctrica, agua potable, sistema de alcantarillado público y recolección de basura en la Parroquia Conocoto supera el 90%. Sin embargo, ciertos asentamientos no regularizados como el caso de la zona de estudio no cuentan con estos servicios.

2.5 Aspecto Físico

Las definiciones de los aspectos físicos se han realizado conjuntamente entre la información bibliográfica revisada y lo observado en las salidas de campo.

2.5.1 Climatología

La principal información de los componentes climatológicos corresponden a las estaciones meteorológicas Politécnica Salesiana-Campus Sur e Izobamba, ya que son las más cercanas a la parroquia de Conocoto donde se encuentra la zona de estudio, estas estaciones pertenecen al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Entre los parámetros que muestran estas estaciones están la temperatura que oscila entre 8°C y 26°C y precipitación anual promedio varía entre 1250 mm en épocas lluviosas a 250 mm en épocas secas (Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Conocoto, 2015) y (Valenzuela, 2005).

2.5.2 Hidrografía

La Parroquia Conocoto es parte de la subcuenca del Río San Pedro, esta tiene un drenaje que corre en dirección de sur a norte atravesando el valle de Machachi hasta llegar al Valle de Los Chillos.

Los principales drenajes que conforman el área de la Subcuenca del Río San Pedro son, entre otros, el Río Blanco que luego recibe el nombre de Jambelí, y el Río Pedregal. Esta red hidrográfica está compuesta por varias quebradas que son alimentadas por los deshielos y vertientes de los volcanes Illinizas, Rumiñahui, Corazón, Atacazo, y Pasochoa (Valenzuela, 2005).

En la Subcuenca se pueden diferenciar patrones de drenaje rectangulares determinados por la presencia de fallas geológicas, patrones de drenaje paralelos presentes en zonas con pendientes fuertes, patrones subparalelos que también indican pendientes escarpadas en regiones de alto relieve y patrones radiales centrífugos que se caracterizan porque las corrientes fluyen radialmente desde conos volcánicos y otro tipo de cumbres (Valenzuela, 2005).

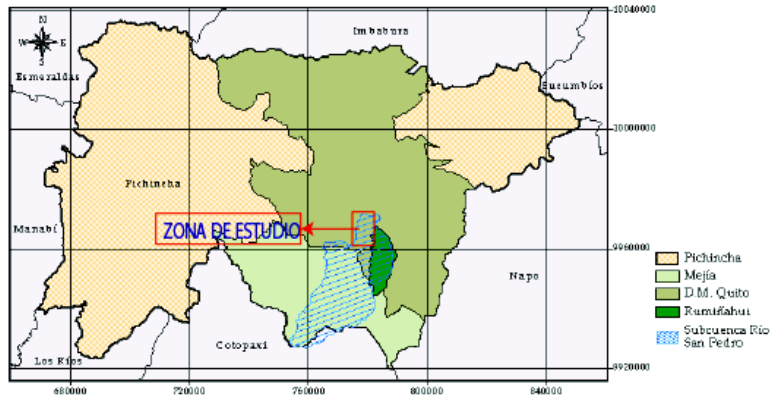


Figura 2.23 Ubicación de la Subcuenca del Río San Pedro. Fuente: Valenzuela, 2005

La zona de estudio presenta varios drenajes secos que nacen en la vía del canal de agua Pitatambo, estos drenajes probablemente se produjeron a causa de la escorrentía superficial por la falta de desfuegos para aguas lluvias y la filtración de agua de tuberías que se conectan de manera antitécnica al canal.

2.5.3 Suelo

La capa de suelo corresponde a un limo de baja plasticidad y arenas limosas que debido a la presencia de limos se disminuye su capacidad de infiltración (Municipio del DMQ, Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011, 2011).

2.5.4 Morfología

La formación de la cuenca se da debido a la actividad del sistema de fallas inversas de Quito su expresión morfológica son una serie de lomas alargadas de dirección N-NNE. Estas se dividen en tres segmentos principales: Lomas Calderón-Catequilla, Lomas Batán-La Bota y Lomas Ilimbisí-Puengasí (Villagómez, 2003).

El área de estudio posee altitudes que varían entre 2384 y 2981 m.s.n.m., el área forma parte de la Cuenca Quito-Guayllabamba y se ubica en la zona sur del borde oriental de la loma de Puengasí, a la altura del sector del Troje donde las pendientes son suaves en comparación a las pendientes del norte.



Figura 2.24 Vista 3D de la región NE de Quito. Fuente: Alvarado, 2012. Modificado por Dayana Camino

El área de estudio se encuentra asentada sobre un antiguo depósito coluvial producto de un deslizamiento rotacional posiblemente asociado al levantamiento tectónico del sistema de fallas de Quito, que genera asentamientos hacia el valle de tipo gravitacional.

CAPÍTULO III: ASPECTOS METODOLÓGICOS

Como plantea Ávila y otros (2015) El análisis del nivel de riesgo-exposición a amenazas por movimientos en masa se puede determinar mediante la combinación de Factores de Seguridad que se encuentran sujetos a un factor detonante de tal modo representan la amenaza a lo cual se añade la vulnerabilidad estructural física. En base a lo antes mencionado se procederá a realizar el análisis de riesgo-exposición para el Barrio Santa Teresita de Conocoto.

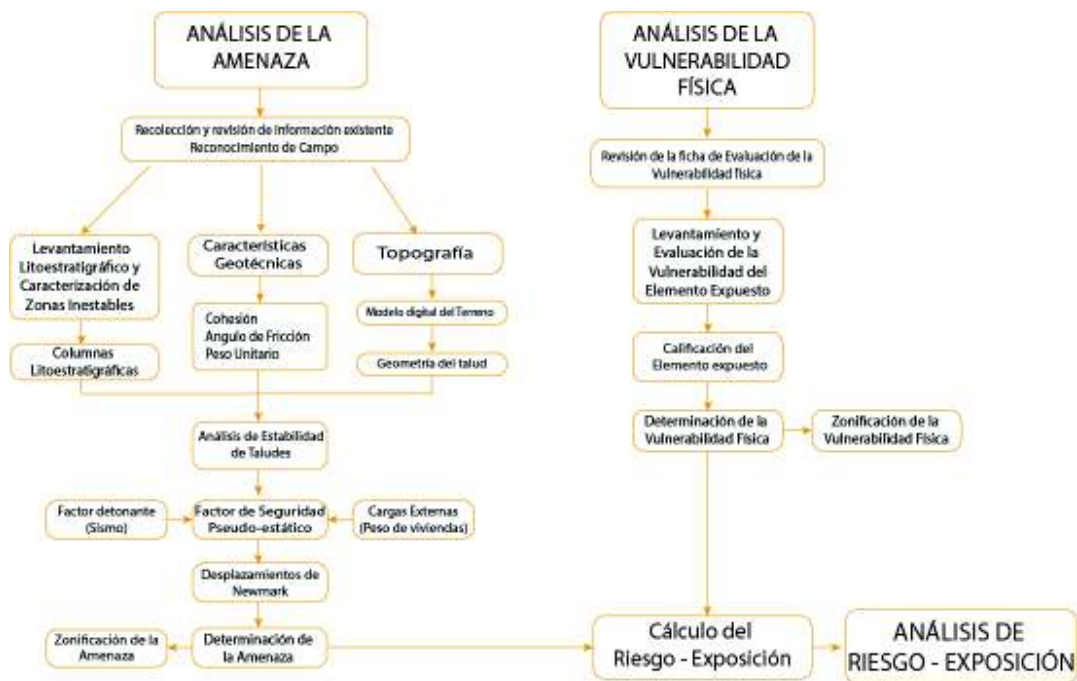


Figura 3.1 Metodología para el Análisis del Riesgo-Exposición

3.1 Análisis de la Amenaza

El análisis de la amenaza se efectuará con un análisis de estabilidad de taludes que integra varios parámetros para obtener valores de factor de seguridad pseudo-estático ya que una característica sísmica como un factor detonante.

3.1.1 Litoestratigrafía

La litoestratigrafía del sector se ha obtenido en base a la información contenida el informe técnico sobre las Condiciones de Riesgo y Amenazas de los sectores de Santa Teresita y Ontaneda de la parroquia de Conocoto, y Bolaños de la parroquia Itchimbia,

de las administraciones zonales Los Chillos y norte en el Distrito Metropolitano de Quito realizado en 2011, este informe fue brindado por la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMGR) , esta información fue corroborada con el trabajo de campo realizado desde el mes de noviembre de 2017 con visitas técnicas realizadas conjuntamente con los técnicos de la Administración Zonal Los Chillos y las posteriores visitas de técnicas reanudadas en el mes de marzo de 2018 para la recolección de 4 muestras de suelo, con las cuales se realizaron ensayos SUCS. Además, se inició con el levantamiento litoestratigráfico que fue realizado hasta el mes de mayo de 2018.

El levantamiento litoestratigráfico se realizó tomando en cuenta características de distribución espacial de los estratos a lo largo de la ladera desde la parte alta, así como características micro relacionadas al color, tamaño de grano, tipo de matriz, forma y composición de los líticos.

Basado en estas características se elaboró una serie de columnas estratigráficas en las cuales se puede determinar dos estratos diferentes en el área de estudio que se corroboraron con la clasificación SUCS obtenida del muestreo de cuatro puntos, la ubicación de las columnas y los muestreos se presenta en el ANEXO I, además se realizó una caracterización de zonas inestables, con ayuda del inventario propuesto por Carlosama & Carrera, 2017 (Figura 2.7). Esta ficha de campo es una versión simplificada del formato que se propone por el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007. Presenta de un modo preciso como describir la información observada en campo. De esta manera la descripción de las diferentes zonas inestables es más rápida y óptima.

El formulario se indica en la Figura 2.7 el cual integra varios aspectos como:

1. Estado de actividad: activo,
inactivo
2. Tipo de movimiento
3. Descripción Litología
4. Nivel de humedad
5. Causas del movimiento
6. Población damnificada
7. Cobertura y uso del suelo
8. Daños
9. Efectos secundarios
10. Esquema del movimiento
11. Columna estratigráfica
12. Observaciones

Los aspectos señalados fueron levantados a través de trabajo de campo, en el que se pudo distinguir unas pocas zonas inestables, ya que en su mayoría se encontraban cubiertos por vegetación.

3.1.2 Características Geotécnicas

Las características geotécnicas se obtuvieron a partir de los datos proporcionados en el informe técnico sobre las Condiciones de Riesgo y Amenazas de los sectores de Santa Teresita y Ontaneda de la parroquia de Conocoto, y Bolaños de la parroquia Itchimbía, de las administraciones zonales Los Chillos y norte en el Distrito Metropolitano de Quito realizado en 2011, facilitado por la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMGR).

De este informe se tomaron datos SPT o N obtenidos en 3 perforaciones (Tabla 3-2) realizadas en el sector aledaño de Santa Teresita del Valle esta información fue usada para la obtención de N_{60} y $N1_{60}$ (Tabla 3-1) que son correcciones de N con las fórmulas propuestas en (Ventayol & Fernández) y (AASHTO, 2012 citado en Flor, 2016) con el fin de progresivamente usarlos para obtener los valores de cohesión y ángulo de fricción.

Para la realizar las correcciones en N se aplicaron la Ecuación 3-1 (Ventayol & Fernández) y (Flor, 2016):

$$N_{60} = SPT \times \frac{Er}{60} \times a \times s$$

Ecuación 3-1 Correcciones de SPT para obtener N_{60}

Donde:

N_{60} = SPT normalizado con un factor de energía

SPT = Standard Penetration Test (Prueba de Penetración Estándar) = N

$\frac{Er}{60}$ = Factor de corrección de energía

a = Factor de corrección por pérdidas de energía debidas a la longitud del varillaje

s = Factor de corrección por presencia o no de camisa interior.

Adicional a las correcciones realizadas a N, existe una corrección que es factible realizarla a N_{60} para obtener $N1_{60}$, de acuerdo a la Ecuación 3-2 (Ventayol & Fernández) y (Flor, 2016):

$$N1_{60} = N_{60} \times Cn$$

Ecuación 3-2 Calculo para la obtención de $N1_{60}$

Dónde:

C_n = Factor de corrección por tensión vertical y es igual a $(\frac{95.76}{\sigma'_{o'}})^{\frac{1}{2}}$; $\sigma'_{o'}$ = presión efectiva, para casos y profundidades de hasta 10m se utiliza la presión atmosférica $\sigma'_{o'} = 100\text{KPa}$.

Calculados estos valores es posible obtener valores de cohesión y ángulo de fricción (Flor, 2016).

El factor de corrección de energía puede variar de acuerdo a la profundidad de perforación. En este caso las profundidades de perforación están entre 2m a 7m por lo que se usaron los valores predeterminados en la Tabla 3-1 para el factor de corrección de energía en la Ecuación 3-1 y Ecuación 3-2.

Tabla 3-1 Valores usados para el cálculo de N_{60} y N_{160}

Profundidad Parámetros	2m – 6m	6m – 10m
$\frac{Er}{60}$	$\frac{65}{60} = 1.10$	$\frac{75}{60} = 1.25$
A	1	1
S	1	1
CN	$(\frac{95.76}{100})^{\frac{1}{2}}$	$(\frac{95.76}{100})^{\frac{1}{2}}$

Fuente: Ventayol & Fernández y Municipio del DMQ, Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011, 2011.

Los valores usados para los parámetros a y s se obtuvieron de la información de la perforación en el Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011 realizado por el DMRG en 2011, estos valores son factores de corrección asignados de acuerdo a la longitud del varillaje y a la presencia de una camisa interior durante la perforación (Tabla 3-1).

Tabla 3-2 Perforaciones realizadas en el sector de Santa Teresita del Valle.

Z (m)	Golpes			SPT	Tipo de Suelo	N ₆₀	N1 ₆₀
	6'	12'	18'				
PERFORACIÓN 1							
1	2	2	3	5	ML	5.5	5.382
2	3	4	5	9	ML	9.9	9.687
3	3	5	6	11	ML	12	11.84
4	6	8	10	18	ML	19.8	19.375
5	5	8	8	16	ML	17.6	17.222
6	4	6	8	14	ML	15.4	15.069
7	4	7	8	15	ML	18.75	18.348
PERFORACIÓN 2							
1	2	2	3	5	ML	5.5	5.382
2	3	5	6	11	ML	12.1	11.84
3	3	4	4	8	ML	8.8	8.611
4	3	3	4	7	CL	7.7	7.534
5	3	4	4	8	CL	8.8	8.611
6	3	3	4	7	CL	7.7	7.534
7	3	4	4	8	CL	10	9.785
PERFORACIÓN 3							
1	12	10	4	14	MI	15.4	15.069
2	4	3	5	8	ML	8.8	8.611
3	4	4	5	9	ML	9.9	9.687
4	4	6	6	12	ML	13.2	12.917
5	5	4	6	10	ML	11	10.764
6	5	4	6	10	ML	11	10.764
7	6	8	7	15	ML	18.75	18.348

Fuente: Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgo (DMRG)

Cohesión, Ángulo de Fricción (ϕ°) y Peso Unitario

De acuerdo con Flor (2016), la cohesión y el ángulo de fricción deben calcularse tomando en cuenta el tipo de suelo o material, por lo cual sabiendo por la información proporcionada en el informe del Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011 realizado por el DMRG en 2011 y confirmada por los ensayos SUCS realizados en la zona, que se trata de suelos cohesivos con baja plasticidad tipo ML se usaron la Ecuación 3-3 y Ecuación 3-4 para determinarlos.

$$\phi^\circ = 20 + (3,5 SPT \frac{1}{2})$$

Ecuación 3-3 Ecuación de Maromachi, 1974 para el cálculo del ángulo de fricción

$$c = \left(\frac{N1_{60}}{8}\right) / 2 \text{ kg/cm}^2$$

Ecuación 3-4 Ecuación de Terzaghi y Peck para el cálculo de la cohesión

Los valores obtenidos mediante las ecuaciones antes mencionadas con los datos SPT se consideran únicamente para el material superficial considerado como un suelo de tipo ML (limos de baja plasticidad) y tomando en cuenta que las perforaciones antes mencionadas se realizaron en alturas sobre la zona de estudio, apenas a partir del cuarto metro de perforación se encuentra a la misma altura que el barrio por lo que entre los cuatro y tres últimos metros de perforación corresponderían al espesor de la primera capa esto se corrobora en por levantamiento estratigráfico donde evidentemente este espesor esta entre tres y cuatro metros.

En el caso del estrato inferior, se usaron valores de peso unitario, cohesión y ángulo de fricción determinados mediante ensayos de refracción sísmica en el informe del Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011 realizado por la DMRG en 2011.

3.1.3 Topografía de la zona de estudio

La topografía de la zona de estudio se obtuvo con el levantamiento topográfico, realizado por la arquitecta Jacqueline Paredes en el año 2017. De donde se obtuvieron los perfiles topográficos de la ladera AA' y BB' y las curvas de nivel del área de estudio (Figura 2.22).

Modelo Digital de Elevación del Terreno (DEM)

A partir de las curvas de nivel proporcionadas por el levantamiento topográfico se generó un modelo de terreno DEM con el uso del programa ArcGis, (Figura 3.2), y sus herramientas de análisis 3D para la interpolación y la generación de perfiles topográficos de cada lote. Con esto se obtiene un archivo shape de líneas con la longitud del perfil sobre cada lote.

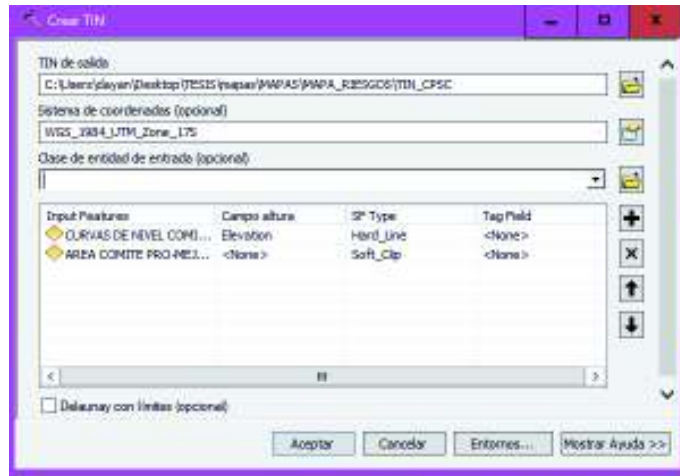


Figura 3.2 Ejemplo de creación del Modelo Digital de Elevación

Geometría del talud para cada lote

La geometría del talud para cada lote se obtuvo a través de los perfiles topográficos (Figura 3.3). Una vez se obtuvieron los perfiles necesarios se generó los bordes externos de cada talud a modelarse correspondiente a los bordes de la geometría de cada talud. Esta geometría debe ser equilibrada y relativamente regular como lo solicita el software, ya que esto le permite determinar de mejor manera las superficies de ruptura, para lo cual se hizo un alargamiento en los vértices externos sin alterar la topografía real de cada talud y se da un ancho proporcional, aclarando que este espesor no corresponde al espesor real del estrato inferior.



Figura 3.3 Ejemplo de Perfil Topográfico para generar la geometría del talud.

Además, se consideraron los perfiles topográficos de la ladera entregados conjuntamente con el levantamiento topográfico para generar el borde externo de la geometría de la ladera de la zona de estudio (Figura 3.4).

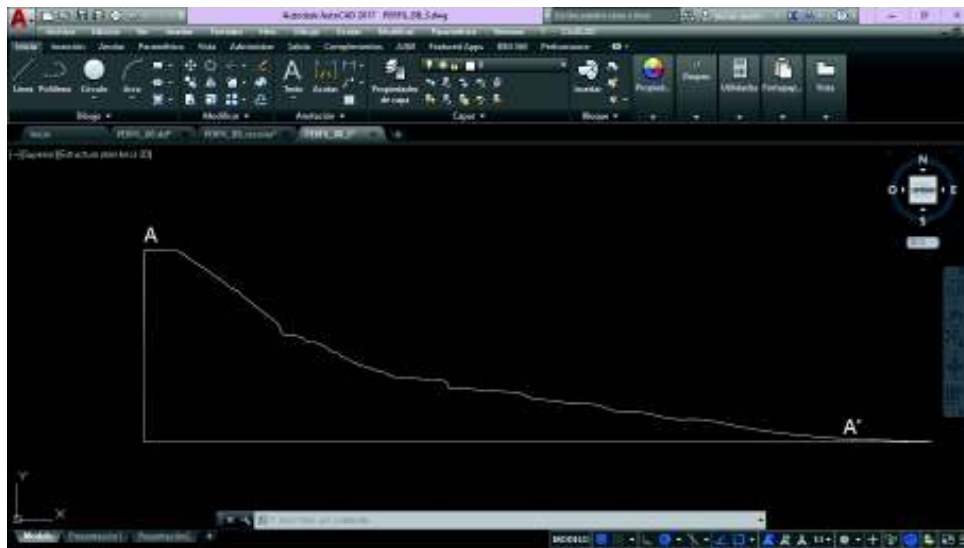


Figura 3.4 Perfil topográfico usado para generar la geometría de la ladera

De igual forma, que los perfiles de cada lote el perfil de la Ladera ha sido modificado para obtener una geometría equilibrada para la modelación del software.

3.1.4 Análisis de estabilidad de taludes

El análisis de taludes se realizó con la metodología del límite de equilibrio que consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para soportar los esfuerzos de corte que podrían causar una falla o deslizamiento y de ese modo calcular un Factor de Seguridad (FS) (Suaréz, 2009).

Para su desarrollo esta metodología utiliza parámetros tales como geometría del talud, litoestratigrafía, características geotécnicas como: ángulo de fricción, cohesión, peso unitario, entre otros. La integración de estos parámetros se realiza mediante varias herramientas, sin embargo la más común es el uso de software que realizan la modelación considerando las características del sitio y del modo potencial de la ruptura (Suaréz, 2009).

En el presente proyecto de titulación para el análisis de taludes se ha usado el software Rocscience SLIDE 6.0 y 8.0, este último integra los mismos parámetros que la versión 6.0 para generar factores de seguridad, pero además permite incorporar un acelerograma, con lo cual es posible mediante la metodología de Newmark que es la

nueva opción que posee el software obtener los posibles desplazamientos de un talud o ladera, estos se denominan desplazamientos de Newmark.

Cálculo de Factor de Seguridad Pseudo-estáticos (FS ps) mediante SLIDE 6.0 y Desplazamientos de Newmark (Dn) SLIDE 8.0.

Para el cálculo del FS se integran los parámetros antes definidos y adicionalmente cargas externas generadas por los pesos de las viviendas sobre los taludes y una carga sísmica considerada el factor detonante. Son importantes principalmente las características geotécnicas, ya que el programa en el modelamiento utiliza el criterio de Falla de Mohr Coulomb (Figura 2.12) (CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL).

Cargas por peso de viviendas

Considerando que dentro los parámetros que considera el límite de equilibrio están las posibles cargas externas que podrían existir en un talud, se ha considerado la carga generada por el peso de las viviendas.

Se calcularon las cargas por el peso de las viviendas únicamente en la parte alta del barrio, considerando que en esta zona la mayoría de la viviendas se ubican sobre y bajo cortes de talud por lo cual generan una carga adicional. Este cálculo se llevó a cabo en los 77 a 132, que están ubicados en una zona de pendiente mayor a 28°.

Para obtención de las cargas se realizó con una hoja de cálculo proporcionada por Pillajo (2016) con modificaciones realizadas con la ayuda de los ingenieros civiles de la DMRG, esta hoja de calculo incluye:

- Peso de Cadenas
- Peso de Columnas
- Peso de Vigas
- Peso de Carpeta de Compresión
- Peso de Nervios
- Peso de Bloques de Alivianamiento
- Peso de Pared
- Peso de Cubierta

La suma de estos ítems resulta en la carga de la construcción (Figura 3.5). Estos ítems son valores normalizados de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) (Pillajo, 2016) y su obtención se basa en el área y perímetro de la construcción, que se obtuvieron de mediciones realizadas a través de una ortofoto proporcionada por la DMRG.

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
51												
52												
53												
54												
55												
56												
57												
58												
59												
60												
61												

Figura 3.5 Hoja de cálculo de cargas producidas por viviendas

Carga Sísmica

El parámetro sísmico fue integrado en dos casos, el primero para la modelación total de la ladera donde se encuentra asentado el barrio, a través del acelerograma del sismo de Loma Prieta; en el segundo caso con un valor de PGA para el cálculo del FS a nivel lote, como se detalla a continuación:

- En el primer caso se ha usado el acelerograma del sismo de Loma Prieta de 1989, en cual fue cargado en la versión 8.0 de Slide. El programa procesa el acelerograma para obtener la aceleración crítica y la Intensidad de Arias necesarias para el cálculo del desplazamiento de la ladera. Este sismo fue considerado tomando en cuenta la compatibilidad que existe con las características sísmicas del DMQ como: el mecanismo de falla de tipo inverso (Alvarado, 2012), los valores de distancia epicentral en intervalos de 10 – 30 km, entre otras (Cañizares, 2017). El archivo utilizado se obtuvo de la base de datos de *Pacific Engineering Center “PEER” Ground Motion Database USA* (Merino, 2018). Este sismo fue utilizado para la modelación de los 133 lotes y la ladera.

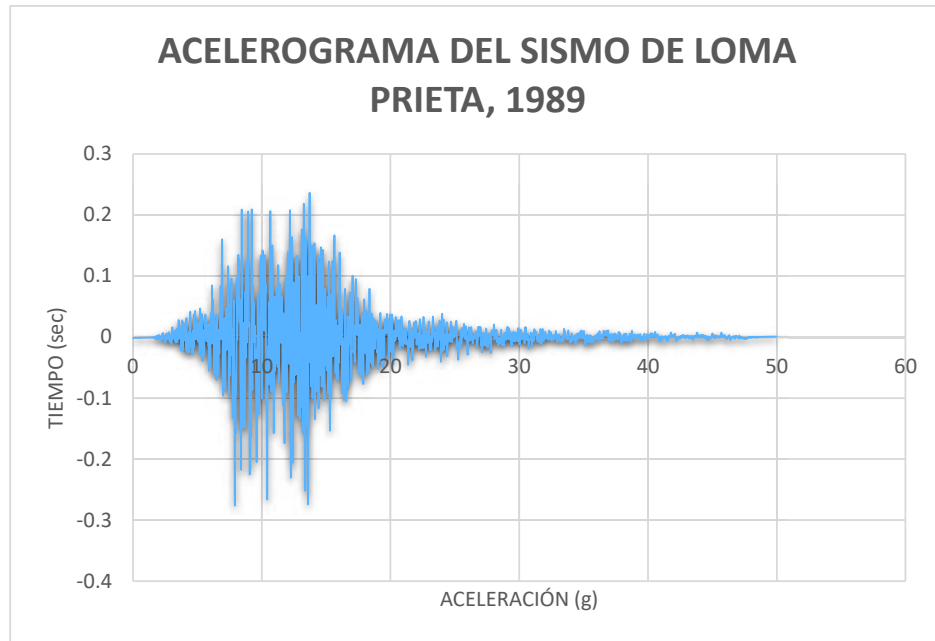


Figura 3.6 Acelerograma sismo de Loma Prieta. Fuente: Merino, 2018.

- Para el segundo caso se ha utilizado el PGA obtenido de los resultados presentados *Earthquake Induced Landslides hazard in Quito, Ecuador* calculados a través de simulaciones de varios sismos puntuales con una magnitud fijada en una evaluación determinística del peligro sísmico, para la zona de estudio, con un sismo cuyo epicentro se ubica en las lomas de Puengasí. El PGA utilizado corresponde a la modelación de las laderas Puengasí 35 y 37 (Figura 3.7) (Zapata, Acevedo, & Prieto, 2018) ubicadas en el área de estudio, este valor fue integrado en el Slide 6.0 través de la herramienta de Seismic Load para el cálculo del FS pseudo-estático en cada uno de los 133 lotes.

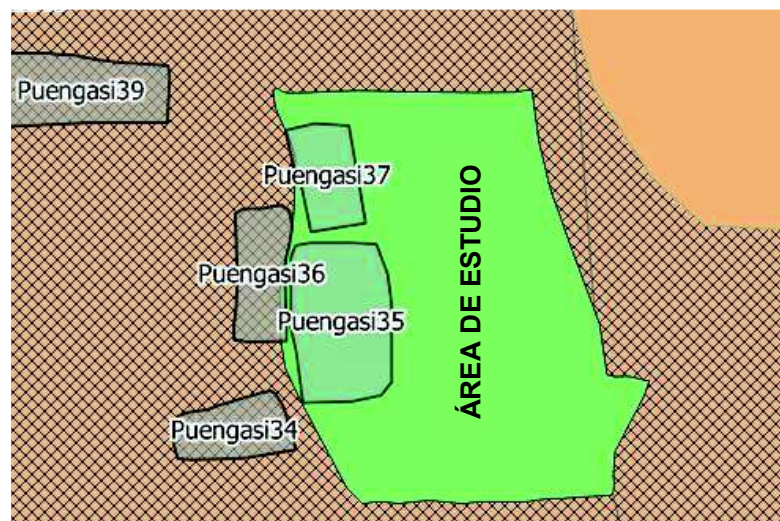


Figura 3.7 Laderas modelas en la zona de estudio en *Earthquake Induced Landslides hazard in Quito, Ecuador*. Fuente: Zapata, Acevedo, & Prieto, 2018.

Tabla 3-3 PGA integrada en el software.

PGA	Fuente
0.5	Zapata, Acevedo, & Prieto, 2018

Coefficientes de Presión Intersticial (r_u)

Adicional a los parámetros ya descritos para el modelamiento se asignaron valores de coeficientes de presión intersticial de acuerdo a los diferentes escenarios de infiltración indicados en la Figura 3.8. Estos coeficientes se añadieron en los lotes de la zona de mayor pendiente de acuerdo a lo observado en las diversas salidas, ya que en ellas se evidenciaba un grado de humedad, además de la constante infiltración de aguas residuales por falta de alcantarillado en la zona alta que a diferencia de la zona baja del barrio si posee conexiones a una red de alcantarillado .

La Figura 3.8 muestra 5 posibles escenarios de las condiciones del coeficiente de presión intersticial en el talud, los escenarios elegidos fueron el primero y cuarto escenario de acuerdo a las condiciones de sitio observadas en el trabajo de campo.

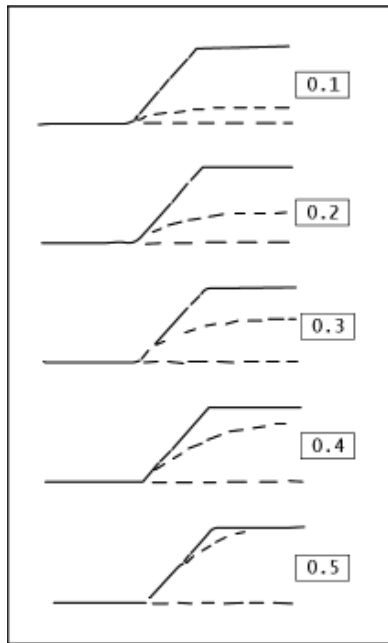


Figura 3.8 Coeficientes de Presión Intersticial (R_u) en diferentes escenarios de infiltración. Fuente: Hoek and Bray, 1981 citado en González de Vallejo & Ferrer, 2011

Para el uso de estos valores en el software se hizo una equivalencia matemática para encontrar los valores equivalentes en el rango que el software solicita.

Los valores de r_u indicados en la Figura 3.8 se normalizaron a 1 para obtener los valores integrados en el software para cada estrato (Tabla 3-4) de acuerdo a las condiciones del talud.

Tabla 3-4 Valores de coeficiente de presión intersticial integrados en el software

ESTRATO	R_u	R_u normalizado
Coluvial Retrabajado	0.1	0.2
Depósito Coluvial	0.4	0.8

Métodos de Modelamiento

Para realizar el cálculo de factores de seguridad mediante el límite de equilibrio existen varios métodos entre ellos los más comunes se describen en la Figura 3.9.

Método	Superficies de Falla	Equilibrio	Características
Talud infinito	Rectas	Fuerzas	Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie.
Bloques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas	Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral logarítmica	Fuerzas y momentos	Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular, (Fellenius, 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo ($\phi = 0$).
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	Fuerzas	No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.
Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas entre dovelas, sea asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla.

Figura 3.9 Cuadro de metodologías más comunes para el análisis de estabilidad de taludes. Fuente: Suárez, 2009

Los métodos usados para la modelación de la ruptura en los taludes en los 133 lotes, se seleccionaron en función de la caracterización de las zonas inestables observadas en el campo:

- En el primer escenario se realizó la modelación para toda la ladera, por lo que se seleccionó el método de Bishop simplificado para el cálculo de estabilidad de talud, considerando que el área de estudio forma parte del antiguo deslizamiento

de la forestal que funciona como un deslizamiento rotacional con rasgos geomorfológicos de un escarpe de forma circular.

- En el segundo escenario el método seleccionado en el software para cálculo de estabilidad de talud fue Jambu simplificado, el cual se escogió en base a las zonas inestables que corresponden a derrumbes, caídas y flujos, con cualquier forma de la superficie de falla.

Los métodos de Bishop y Jambú simplificados, permiten obtener un FS más conservador, en relación con otros métodos presentes en el software como Spencer y Lowe-Karafiath en cuanto a superficies con cualquier tipo de falla y Fellenius respecto a superficies circulares (Figura 3.10).

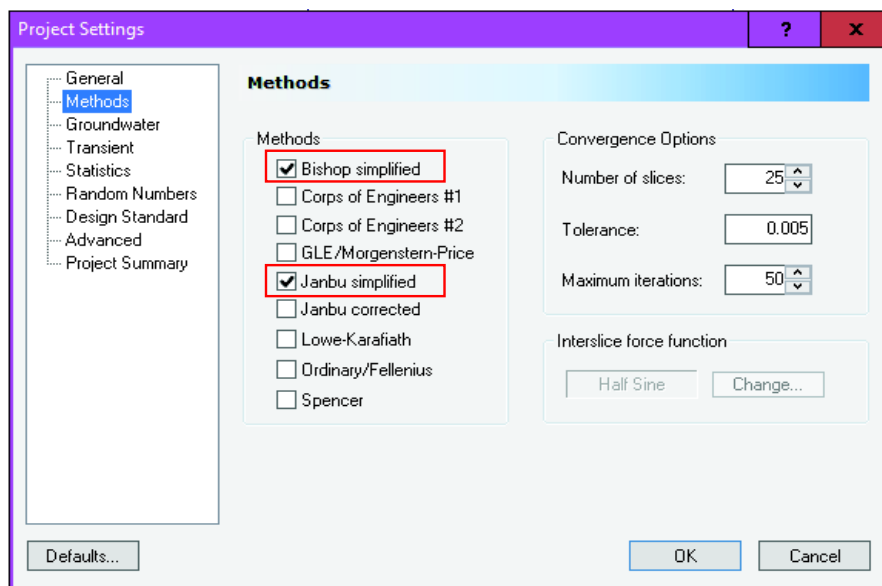


Figura 3.10 Métodos seleccionados en el software para el modelamiento

Los parámetros necesarios para el cálculo de estabilidad de taludes, fueron integrados en el software Slide en sus dos versiones, 6.0 utilizada para modelar los 133 lotes (Figura 3.11) y obtener los valores de FS pseudo-estático con la carga sísmica representada por el valor de PGA, los cuales serán utilizados para la zonificación de la amenaza. La versión 8.0 del software Slide se utilizó para el cálculo de los desplazamientos con el método de Newmark, incluido en esta versión, a nivel de cada lote y de la ladera total sobre la que se encuentra asentado el barrio (Figura 3.12 y Figura 3.13). Los valores del desplazamiento de Newmark permiten también una zonificación de la amenaza.

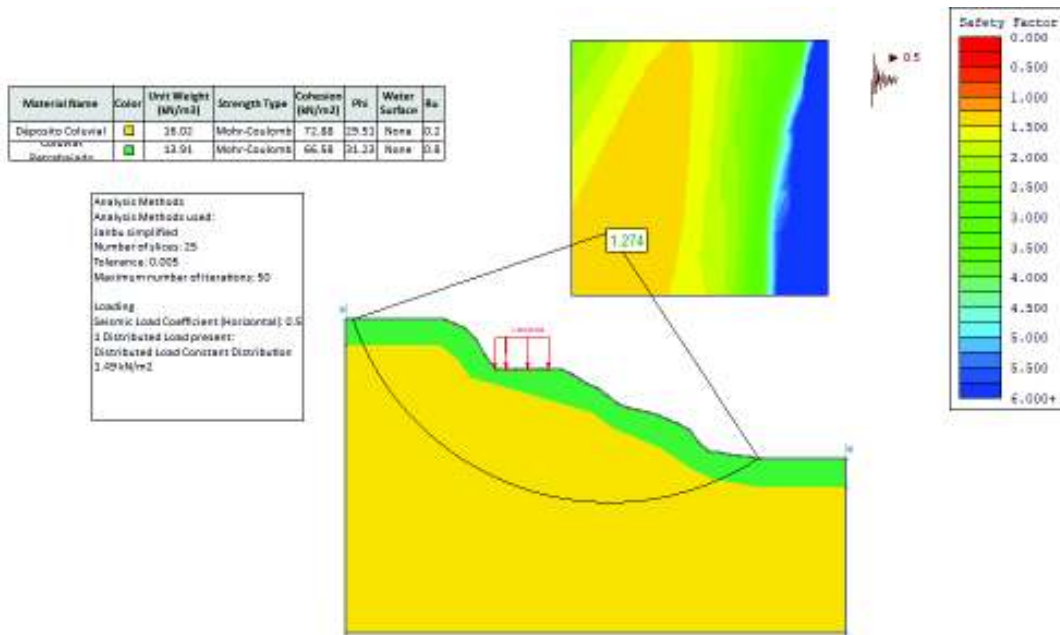


Figura 3.11 Ejemplo de análisis de estabilidad de talud, FS pseudo-estatico por lote (lote132), versión 6.0 del software Slide.

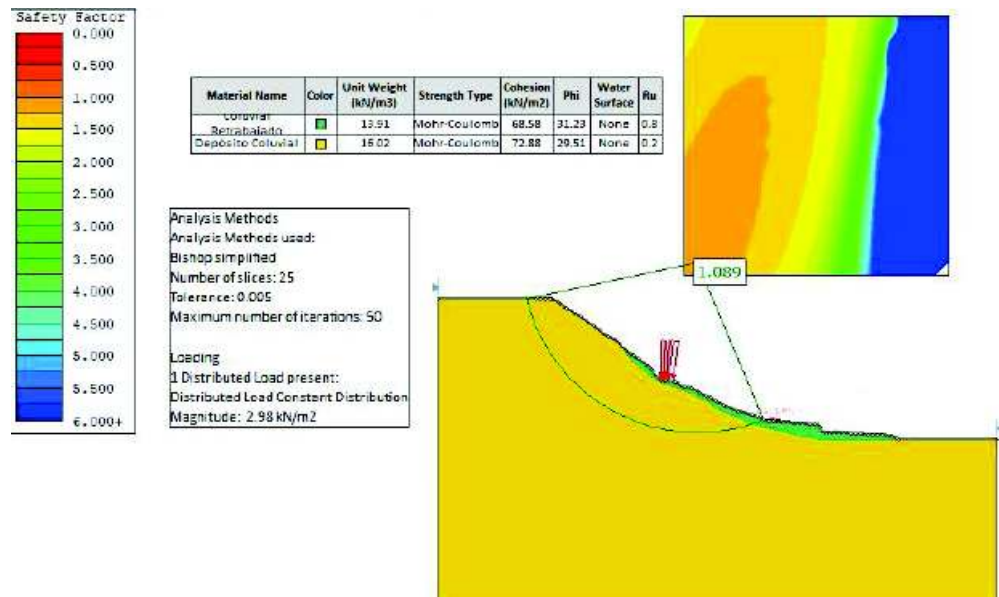


Figura 3.12 Ejemplo de análisis de estabilidad de talud, FS en el Perfil AA' de la ladera total del barrio, ubicación en el ANEXO I)

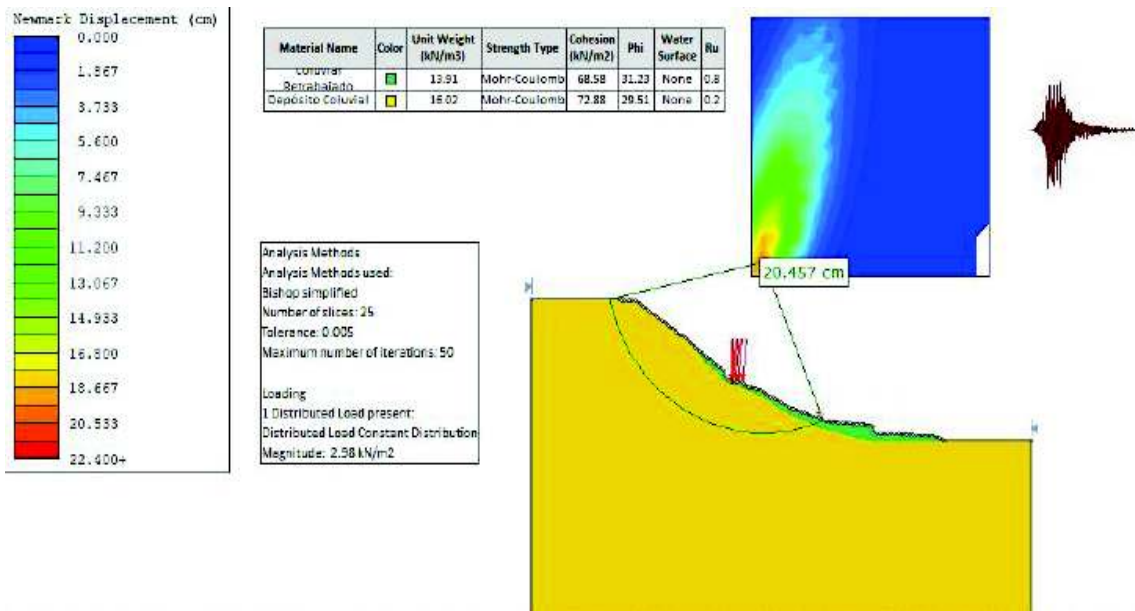


Figura 3.13 Ejemplo de análisis de estabilidad de talud, desplazamiento de Newmark obtenido para la ladera total del barrio (Perfil AA' ubicación en el ANEXO I)

3.1.5 Determinación y zonificación de la Amenaza

La zonificación de la amenaza se realiza a través del FS pseudo estático calculado a nivel de cada lote y clasificados en función de la Guía Metodológica para estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, en la cual se indican que un Factor de Seguridad calculado con un factor detonante como en este caso un sismo representa una amenaza e indica un nivel de amenaza para determinado rango de factores de seguridad pseudo-estático (Figura 3.14) (Ávila, et al., 2015). El valor del FS pseudo estático será utilizado también para el cálculo de riesgo - exposición

FS > 1,5 SMR > 60	1,1 < FS < 1,5 41 < SMR < 60	FS < 1,1 SMR < 40
BAJA	MEDIA	ALTA

Figura 3.14 Rangos de FS para determinación de la Amenaza y su nivel. Fuente:

Ávila, et al., 2015.

Una vez determinada la amenaza se procedió a la valoración de cada uno de los niveles (Tabla 3-5) para su representación cartográfica.

La representación de la zonificación a través de mapas, se realizó en ArcGis con una tabla de atributos que abarca el número de lote, propietario, factor de seguridad, nivel de amenaza y la valoración para cada nivel de amenaza estos valores se encuentra entre 1 – 3 (Tabla 3-5), esta tabla fue creada en Excel y luego cargada en ArcGis. La zonificación de la amenaza con los valores de desplazamiento de Newmark a nivel de cada lote, no fue realizada ya que los desplazamientos fueron nulos.

Tabla 3-5 Valoración del Nivel de la Amenaza

Rangos de FS	Nivel de Amenaza	Valoración
FS>1.5	Baja	1
1.1<FS<1.5	Moderada	2
FS<1.1	Alta	3

3.2 Análisis de la Vulnerabilidad Física

La metodología utilizada para el análisis de la vulnerabilidad física se basó en el levantamiento de datos en campo a través de una ficha de evaluación de vulnerabilidad física de edificaciones proporcionada por los técnicos de la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos, la cual ha sido modificada de varios trabajos y consultorías. Los datos se levantaron en las viviendas construidas en cada uno de los 133 lotes del barrio, para este proyecto se realizó una revisión de esta ficha y se agregó el número de habitantes por lote para tener el número de personas expuestas a la amenaza.

3.2.1 Levantamiento de la Vulnerabilidad Física

Este levantamiento fue realizado por 16 estudiantes de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional el sábado 25 de agosto de 2018 de 8:00 a 14:00. Los estudiantes fueron divididos en 8 grupos de dos personas, estos grupos fueron asignados a 8 sectores diferentes dentro del barrio (Figura 3.15), para que lleven a cabo el levantamiento de información, además los estudiantes realizaron esquemas indicando la ubicación de la vivienda sobre o bajo el talud.

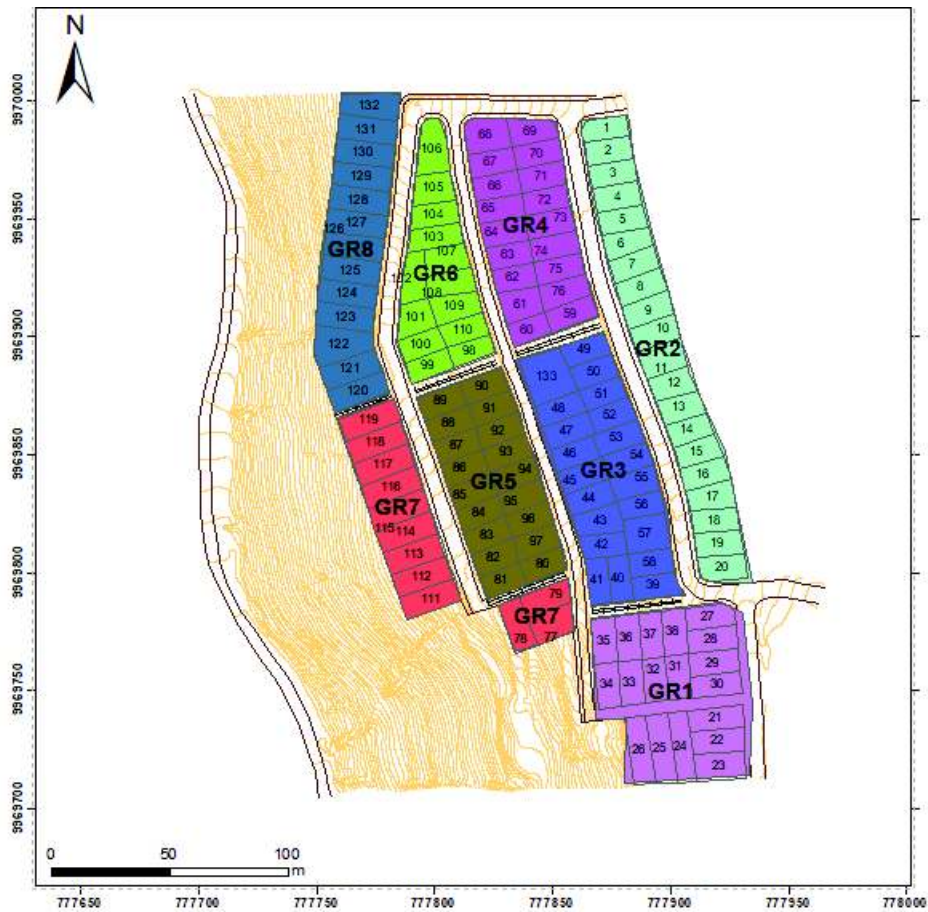


Figura 3.15 Distribución de los 8 grupos para el levantamiento de Vulnerabilidad física

La ficha usada para el levantamiento se puede encontrar en el ANEXO II, está compuesta de once partes, sin embargo, para el caso de la amenaza por movimientos en masa, se consideran 6 partes en el caso de las edificaciones sobre el talud y de 7 partes si por el contrario se encuentra bajo el talud, estos son

- Sistema estructural incluye los posibles tipos de estructura que presenta una vivienda
- Tipo de material del que pudiesen estar hechas las paredes
- Número de pisos que presenta la construcción
- Año en que fue construida la vivienda
- Estado de conservación de la vivienda
- Tipo de cubierta de la vivienda
- Exposición de la vivienda al talud y su ubicación sobre o bajo el mismo

Los estudiantes recibieron una capacitación in situ para proceder con el levantamiento de datos estructurales a través de los ítems dados en la ficha.



Fotografía 3.1 Estudiantes que realizaron el levantamiento de Vulnerabilidad física



Fotografía 3.2 Estudiantes realizando el levantamiento de Vulnerabilidad física

3.2.2 Calificación del Elemento Expuesto

La calificación del elemento expuesto requiere de una matriz de sistematización de la información obtenida en las fichas de levantamiento de vulnerabilidad física. Para generar esta base de datos se realizó una capacitación a los estudiantes, por parte de los técnicos, ingenieros civiles, de la DMGR, quienes a través de un ejercicio puntual indicaron el procedimiento para cargar los datos en el archivo Excel.



Fotografía 3.3 Taller realizado con los técnicos de la DMRG para los estudiantes de Ingeniería Civil.

Ya entregada la información sistematizada se procedió con la calificación considerando principalmente la exposición del elemento, en este caso las edificaciones o viviendas, ya que la amenaza considerada en este proyecto son los Movimientos en Masa, es decir lo esencial es conocer la ubicación del elemento, que puede ser bajo o sobre el talud para determinar la matriz de calificación (Figura 3.16 y Figura 3.17).

		SANTA TERESITA DE COMOCTO											
		Evaluación											
		Mm. Paramos:											
		Evaluación											
		Mm. Paramos:											
1	Exposición	1	4.4										
2	Sistema estructural	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	Tipo de material en paredes	10	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	Tipo de cubierta	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Número de Pisos	1	0.8										
6	Año de construcción	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
7	Estado de conservación	1	0.0										
		TOTAL	66.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8
			ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA

Figura 3.16 Matriz de Calificación de la vulnerabilidad de las edificaciones sobre el Talud

		SANTA TERESITA DE COMOCTO											
		Fecha: 25/8/2018											
		Mm. Paramos:											
		Evaluación											
		Mm. Paramos:											
1	Exposición	1	4.4										
2	Sistema estructural	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	Tipo de material en paredes	10	0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
4	Número de Pisos	1	0.8										
5	Año de construcción	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
6	Estado de conservación	1	0.0										
		TOTAL	69.3	81.9	81.9	81.9	81.9	81.9	81.9	81.9	81.9	81.9	81.9
			ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA

Figura 3.17 Matriz de Calificación de la vulnerabilidad de las edificaciones sobre el Talud

El proceso de calificación se realizó en base a las matrices ya elaboradas por el área técnica de la DMRG, donde se detallan los valores asignados a cada parámetro estructural se procedió a la calificación de cada uno de los 133 lotes presentes en la zona de estudio, estos valores se indican en la Tabla 3-6 y Tabla 3-7 de acuerdo a la ubicación de la vivienda.

Tabla 3-6 Matriz de la calificación de los parámetros utilizados en el análisis de la vulnerabilidad estructural física sobre el Talud.

MATRIZ DE VULNERABILIDAD FÍSICA PARA EDIFICACIONES SOBRE EL TALUD				
			Valoración	Ponderación
1	Exposición	ht/dt < 0,5	0	0
		ht/dt = 0,5	1	4.7
		1 > ht/dt > 0,5	5	23.5
		ht/d > 1	10	47
2	Sistema estructural	Hormigón armado	5	8.5
		Estructura de pared portante	10	17
		Estructura metálica	5	8.5
		Estructura de madera	10	17
		Estructura de caña	10	17
		Estructura de mampostería simple	10	17
		Mixta madera/hormigón	10	17
3	Tipo de material en paredes	Mixta metálica/hormigón	10	17
		Ladrillo	5	4.5
		Bloque	5	4.5
		Piedra	10	9
		Adobe	10	9
4	Número de Pisos	Tapial/bahareque/madera	10	9
		1 piso	1	0.9
		2 pisos	1	0.9
		3 pisos	5	4.5
		4 pisos	5	4.5
5	Año de construcción	5 pisos o mas	10	9
		Antes de 1977	10	9
		Entre 1977 - 2000	5	4.5
		Entre 2000 - 2015 (CEC)	1	0.9
6	Estado de conservación	2015 en adelante (NEC)	0	0
		Bueno	0	0
		Aceptable	1	0.9
		Regular	5	4.5
			10	9
				TOTAL

Fuente: Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMRG).

Tabla 3-7 Matriz de la calificación de los parámetros utilizados en el análisis de la vulnerabilidad estructural física bajo el Talud.

MATRIZ DE VULNERABILIDAD FÍSICA PARA EDIFICACIONES BAJO EL TALUD			Valoración	Ponderación
1	Exposición	ht/dt < 0,5	0	0
		ht/dt = 0,5	1	4.4
		1 > ht/dt > 0,5	5	22
		ht/d > 1	10	44
2	Sistema estructural	Hormigón armado	5	8
		Estructura de pared portante	10	16
		Estructura metálica	5	8
		Estructura de madera	10	16
		Estructura de caña	10	16
		Estructura de mampostería simple	10	16
		Mixta madera/hormigón	10	16
		Mixta metálica/hormigón	10	16
3	Tipo de material en paredes	Ladrillo	5	4
		Bloque	5	4
		Piedra	10	8
		Adobe	10	8
		Tapial/bahareque/madera	10	8
4	Tipo de cubierta	Cubierta metálica	10	8
		Losa de hormigón armado	1	0.8
		Vigas de madera y zinc	10	8
		Caña y zinc	10	8
		Vigas de madera y teja	5	4
5	Número de Pisos	1 piso	10	8
		2 pisos	5	4
		3 pisos	1	0.8
		4 pisos	1	0.8
		5 pisos o mas	1	0.8
6	Año de construcción	Antes de 1977	10	8
		Entre 1977 - 2000	5	4
		Entre 2000 - 2015 (CEC)	1	0.8
		2015 en adelante (NEC)	0	0
7	Estado de conservación	Bueno	0	0
		Aceptable	1	0.8
		Regular	5	4
		Malo	10	8
				TOTAL

Fuente: Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMRG).

Los valores indicados en las tablas anteriores fueron ponderados por los técnicos de la DMRG para cada uno de los ítems, como se muestra en la Tabla 3-8 y Tabla 3-9. Estas ponderaciones son multiplicadas por la valoración para obtener el aporte de cada parámetro estructural a la vulnerabilidad física. Finalmente se realiza una suma de la ponderación para cada lote, la cual tendrá un valor que puede variar entre 0 y 100.

Tabla 3-8 Valores de ponderación para edificaciones sobre el talud.

Ponderación para edificaciones sobre el talud		
1	Exposición	4.7
2	Sistema estructural	1.7
3	Tipo de material en paredes	0.9
4	Número de Pisos	0.9
5	Año de construcción	0.9
6	Estado de conservación	0.9
		10

Fuente: Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMRG).

Tabla 3-9 Valores de ponderación para edificaciones bajo el talud

Ponderación para edificaciones sobre el talud		
1	Exposición	4.4
2	Sistema estructural	1.6
3	Tipo de material en paredes	0.8
4	Tipo de cubierta	0.8
5	Número de Pisos	0.8
6	Año de construcción	0.8
7	Estado de conservación	0.8
		10

Fuente: Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMRG).

Este proceso de calificación y sistematización de datos permitió obtener el número de personas por lote, valor que será utilizado para el cálculo de riesgo – exposición.

3.2.3 Determinación y zonificación de la Vulnerabilidad Física

La determinación de la vulnerabilidad física se realizará en base a la calificación del elemento expuesto en los 133 lotes existentes en el barrio, ya que la suma de la calificación de cada parámetro estructural arroja un valor de vulnerabilidad física entre 0 y 100, los valores obtenidos serán divididos en cuatro rangos los cuales están establecidos por los técnicos de la DMGR, dependiendo de la ubicación de la vivienda, es decir si la edificación se encuentra sobre el talud o bajo el talud (Tabla 3-10). Estos rangos de vulnerabilidad física determinan los cuatro niveles de vulnerabilidad, mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 3-10 Niveles de Vulnerabilidad Física Sobre y Bajo el Talud.

Niveles de Vulnerabilidad Física Sobre y Bajo el Talud		
Nivel De Vulnerabilidad Física	Sobre	Bajo
Vulnerabilidad baja	0-35	0-43
Vulnerabilidad moderada	36-55	44-60
Vulnerabilidad alta	56-80	61-83
Vulnerabilidad muy alta	81-100	84-100

Fuente: Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMRG).

En el caso de lotes que se encuentran bajo y sobre el talud el valor de vulnerabilidad física a considerarse será el mayor valor, pensando en el lado de mayor seguridad. Es importante recordar que los valores determinados para la vulnerabilidad física serán usados para el cálculo del riesgo – exposición.

Una vez se determinó la vulnerabilidad física y sus respectivos niveles se procedió a la valoración de cada uno de los niveles (Tabla 3-11), para su representación cartográfica.

Esta valoración al igual que en la amenaza se realizó para la zonificación de la vulnerabilidad física en un mapa generado por ArcGis, para esto se elaboró una tabla de atributos que abarquen el número de lote, propietario, vulnerabilidad física, nivel de la vulnerabilidad física y la valoración para cada nivel de vulnerabilidad física estos valores se encuentran entre 0 – 4 (Tabla 3-11), la tabla de atributos fue creada en Excel y luego cargada en ArcGis.

Tabla 3-11 Valoración del nivel de la Vulnerabilidad Física Sobre y Bajo el Talud

Rangos de Vulnerabilidad Sobre el Talud	Rangos de Vulnerabilidad Bajo el Talud	Valoración	Nivel de Vulnerabilidad Física
0	0	0	Sin Vulnerabilidad Física
>0-35	>0-43	1	Baja
36-55	44-60	2	Moderada
56-80	61-83	3	Alta
81-100	84-100	4	Muy Alta

Es importante aclarar que para la valoración se excluye el cero como un nuevo rango, ya que un valor de vulnerabilidad física de cero antes que representar una vulnerabilidad física baja, indica que no existe ningún tipo de construcción por esta razón los lotes que poseen vulnerabilidad cero corresponden a los lotes baldíos.

3.3 Metodología para el Análisis del Nivel de Riesgo-Exposición.

3.3.1 Cálculo del Riesgo-Exposición

El riesgo por amenazas naturales relacionado con la probabilidad de que se causen efectos adversos y consecuencias negativas en el contexto material, social y ambiental, por ello existe la necesidad implícita de desarrollar análisis que permitan su estimación cuantitativa (Ávila, et al., 2015).

La cuantificación además es útil para la gestión del riesgo debido a que permite integrar análisis de costo-beneficio y proporciona la base para la priorización de acciones de mitigación y designación de recursos; además, facilita la comunicación entre profesionales, propietarios y tomadores de decisiones (Ávila, et al., 2015)

En este estudio se realizará el cálculo del riesgo-exposición de un elemento expuesto a un proceso de inestabilidad como es el caso de los MM. Analíticamente el riesgo-exposición se describe así (Ávila, et al., 2015) (Ecuación 3-5):

$$R_E = P(H_i) \times V \times E$$

Ecuación 3-5 Calculo de Riesgo-Exposición

Donde:

“ R_E es riesgo específico de un elemento expuesto o grado de pérdidas esperadas debido a una amenaza de magnitud o intensidad (H_i), que ha ocurrido en un área específica y en un tiempo dado. $P(H_i)$ es amenaza o probabilidad de ocurrencia de un movimiento en masa, con una magnitud o intensidad específica (H_i) en un tiempo dado y en un área específica. V es vulnerabilidad del elemento expuesto o la proporción de E probablemente afectada en forma negativa por el evento de magnitud (H_i). E es el valor total o costo de los elementos físicos expuestos o amenazados por el movimiento en masa; para el caso de personas, E es el máximo número de personas expuestas (que ocupan las edificaciones)” (Ávila, et al., 2015, p. 113).

Estos factores deben estar considerados en un rango de 0 a 1, por lo que deben ser normalizados para su integración en la Ecuación 3-5.

Los factores indicados en la Ecuación 3-5 se obtuvieron con anterioridad, para el análisis de la amenaza (FS pseudo estático), el valor de la vulnerabilidad física (suma de la ponderación total) y el número de personas expuestas. Todos los parámetros fueron normalizados de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Variable_{Normalizada} = \frac{Variable - Variable_{mínima}}{Variable_{máxima} - Variable_{mínima}}$$

Ecuación 3-6 Ecuación para el cálculo de una variable normalizada

En el caso de la normalización de la vulnerabilidad física, así como el número de personas expuestas de la Ecuación 3-6 se realizó la resta de los valores normalizados de 1 ya que estos dos factores funcionan de manera inversa con respecto al factor de seguridad. Es decir, un alto valor de vulnerabilidad física o número de personas expuestas indican situaciones críticas, por el contrario, un valor alto del factor de seguridad indica una situación favorable de estabilidad. De esta manera la ecuación final para el cálculo del riesgo-exposición será:

$$R_E = FS_N \times (1 - VF_N) \times (1 - E_N)$$

Ecuación 3-7 Cálculo de Riesgo – Exposición con las Variables Normalizadas

R_E = Riesgo – Exposición

FS_N = Factor de seguridad normalizado (amenaza)

VF_N = Vulnerabilidad física normalizada (vulnerabilidad)

E_N = Número de personas normalizado

Obteniendo de este modo un valor de riesgo – exposición entre 0 y 1, donde los valores cercanos a cero indican riesgo alto y los valores cercanos a 1 corresponden a riesgo bajo.

Es importante aclarar que la zonificación tanto de la amenaza como de la vulnerabilidad física se han realizado con la finalidad de observar el comportamiento de cada uno de estos factores en la zona de estudio, pero el cálculo del riesgo - exposición se realizó con el procedimiento antes mencionado.

Para determinar los rangos de riesgo – exposición se generó una clasificación estadística en tres niveles utilizando Programación R, lo cual permitió escoger el mejor método de clasificación de los valores de riesgo hacia el lado de la seguridad. Los valores obtenidos varían entre 0 a 0.56, se clasificaron con el método de intervalos iguales.

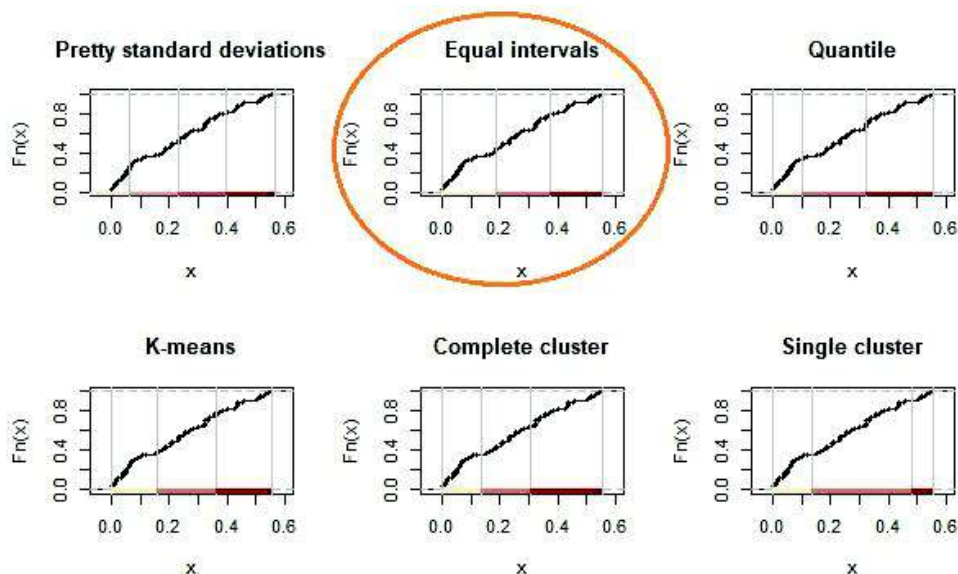


Figura 3.18 Métodos estadísticos de clasificación, procesamiento en R por Ing. Eliana Jiménez, Departamento de Geología-EPN.

Los niveles del riesgo serán representados en un mapa con una zonificación de cuatro niveles de acuerdo a la valoración de la Tabla 3-12.

Tabla 3-12 Valoración del Nivel de Riesgo – Exposición.

Valoración	Rango de Riesgo- Exposición	Nivel
0	-	Sin Riesgo
1	0.32 - 0.56	Bajo
2	0.18 - 0.32	Moderado
3	0 - 0.18	Alto

Es importante aclarar que la valoración de cero se otorgó a lotes baldíos que no presentan elementos expuestos. En la Figura 3.19, se observa la columna RST-T que muestra el valor de riesgo-exposición obtenido a nivel de cada lote y su clasificación estadística dada en la columna Clase, con el método de intervalos iguales.

Lote	FS_C1	VuF	E	FSM_C1	VuFM	EN	RST_T	Clase	
11	13	2.2	27.9	8	0.6538462	0.94759825	0.3750	0.232343862	2
12	17	2.2	22.9	11	0.6538462	0.94759825	0.3750	0.232343862	2
13	19	2.4	23.6	4	0.7307682	0.93740902	0.8125	0.556586608	1
14	20	2.2	19.3	4	0.6538462	1.00000000	0.8125	0.531250000	1
15	21	2.1	40.8	8	0.8153846	0.68704512	0.5625	0.257823312	2
16	22	2.1	25.6	4	0.6153846	0.90825684	0.8125	0.454148472	1
17	23	2.3	28.8	8	0.6823077	0.86171761	0.5000	0.298288886	2
18	25	2.5	54.8	17	0.7692308	0.48326055	0.0000	0.000000000	3

Figura 3.19 Ejemplo de valoración de niveles de riesgo - exposición

La valoración obtenida a nivel de cada lote, será representada cartográficamente en un mapa a escala 1.1000 para los 133 lotes del barrio.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Análisis de la Amenaza

4.1.1 Levantamiento Litoestratigráfico

Durante el trabajo de campo se realizaron 12 columnas litoestratigráficas, Tabla 4-1. Las columnas se levantaron en afloramientos en el tramo de camino del canal de agua Pitatambo ubicado sobre el barrio y en algunos cortes de talud en los lotes del barrio donde se pudo acceder.

Tabla 4-1 Coordenadas de columnas estratigráficas levantadas en trabajo de campo

Columna	X	Y
C1	777727	9969770
C2	777739	9969648
C3	777713	9970122
C4	777757	9969878
C5	777849	9969980
C6	777767	9969924
C7	777807	9969930
C8	777897	9969816
C9	777859	9969874
C10	777882	9969869
C11	777884	9969847
C12	777786	9969844

En las columnas litoestratigráficas se definieron dos estratos Fotografía 4.1 donde se puede diferenciar el estrato superior por cambios en la matriz y diferencias en el tamaño y forma de los líticos. La columna general para la zona de estudio se muestra en la (Figura 4.1), donde se detallan las características de los dos estratos. En el ANEXO I, se muestra la ubicación de las columnas, los puntos de muestreo para los ensayos SUCS y los perfiles topográficos de la ladera.



Fotografía 4.1 Litoestratigrafía “Lote 120”

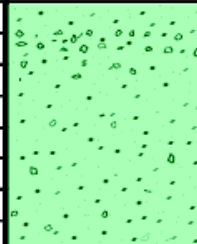

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA GENERAL			
ESCALA (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	
	4 3 2		Coluvial retrabajado con líticos subangulares a subredondeados de menor tamaño entre 2 a 15 cm en una matriz limosa presenta clastos acumulados hacia el tope
1		Depósito Coluvial con líticos angulares a subangulares entre 5 y 40 cm en una matriz arenosa	DEPÓSITO DEL MACRO DESLIZAMIENTO

Figura 4.1 Columna litoestratigráfica general de la zona de estudio

Los movimientos en masa se levantaron a la par de la descripción litoestratigráfica (Tabla 4-2), las zonas inestables afectaron los lotes 126,129 (Fotografía 4.2) y un deslizamiento de mayor volumen que se produjo en los lotes 124 y 125, el cual afectó a la vivienda del lote 125 cubriendo su primer piso (Fotografía 4.3).

Tabla 4-2 Caracterización de Zonas Inestables

Lotes	Tipo de MM	Observaciones
124	Flujo asociado a un derrumbe	Disparado por intensas lluvias en 2017
125	Flujo asociado a un derrumbe	Disparado por intensas lluvias en 2017
126	Derrumbe	Disparado por lluvias en 2017
129	Derrumbe	Disparado por lluvias en 2018



Fotografía 4.2 Derrumbes en lotes 126 y 129



Fotografía 4.3 rastro del movimiento en masa en los lotes 124 y 125

Los movimientos en masa levantados corresponden a derrumbes y un flujo a asociado a un derrumbe generados a causa de las fuertes lluvias en épocas de invierno.

4.1.2 Características Geotécnicas

Las características geotécnicas se obtuvieron en base a la información técnica proporcionada por la DMGR, su procesamiento se muestra a continuación.

Ángulo de Fricción y Cohesión

Tabla 4-3 Angulo de Fricción y Cohesión de cada estrato usados en Slide para modelar

Estrato	ϕ (°)	Cohesión (KN/m ²)	Fuente
Coluvial Retrabajado	31.23	66.58	Ensayo SPT ; Municipio del DMQ, Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011, 2011
Depósito Coluvial	29.51	72.88	Ensayo de Refracción Sísmica; Municipio del DMQ, Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011, 2011

Peso Unitario

Tabla 4-4 Pesos Unitarios para cada estrato usados en Slide

Estrato	Peso Unitario	Fuente
Coluvial Retrabajado	13.91	Ensayo de Refracción Sísmica; Municipio del DMQ, Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011, 2011
Depósito Coluvial	16.02	Ensayo de Refracción Sísmica; Municipio del DMQ, Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011, 2011

Dentro del levantamiento litoestratigráfico se realizó una recolección de muestras para elaborar un ensayo de clasificación de suelos (SUCS) y la caracterización de zonas inestables.

El ensayo SUCS se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional. Los resultados entregados se resumen en la Tabla 4-5.

Tabla 4-5 Clasificación SUCS

Muestra	Clasificación SUCS
M1	ML
M2	ML
M3	SM
M4	SM

4.1.3 Topografía de la Zona de Estudio

Modelo de Elevación Digital de Terreno (DEM)

El modelo de elevación digital (Figura 4.2) permitió la generación de los perfiles topográficos, geometría del talud de los 133 lotes como se describe en la Tabla 4-6, así como los dos perfiles de toda la ladera para el análisis global de estabilidad con el método de Newmark.

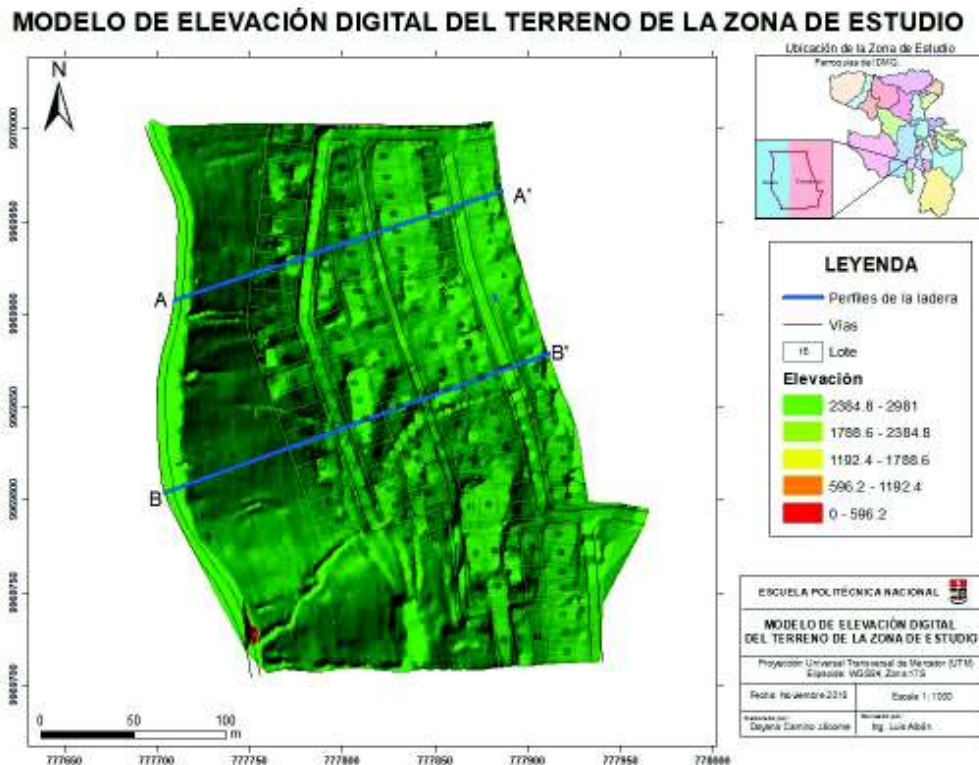


Figura 4.2 Modelo Digital de Elevación usado para generación de perfiles topográficos

Los perfiles topográficos elaborados para cada lote presenta características importantes como su altura y pendiente, la información detallada de los perfiles topográficos de cada lote se presentan en el ANEXO III, y el resumen se muestra en la Tabla 4-6.

Tabla 4-6 Información sobre perfiles topográficos de cada lote

Número de Perfiles	Altura (m)	Número de Perfiles	Pendiente (°)
38	0.7 - 3.2	32	4.2 - 9
46	3.2 - 5.7	25	9 - 13.8
24	5.7 - 8.2	35	13.8 - 18.6
3	8.2 - 10.7	14	18.6 - 23.4
16	10.7 - 13.2	20	23.4 - 28.2
3	13.2 - 15.7	7	28.2 - 33
3	15.7 - 18.2		

Las características topográficas de los dos perfiles totales de la ladera, se indica en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7 Información de los Perfiles de la ladera

Perfil	Ubicación Perfil (Coordenadas)		Altura (m)	Longitud (m)	Pendiente (°)
	X	Y			
A - A'	777784	9969931	70	186.2	20.603
B - B'	777890	9969872	90	220.6	22.194

Geometría del Talud

En cuanto a la geometría del talud, esta se desarrolló en base a los perfiles topográficos ya obtenidos. En la Figura 4.3 y Figura 4.4 se indican ejemplos de las geometrías ingresadas en el software.

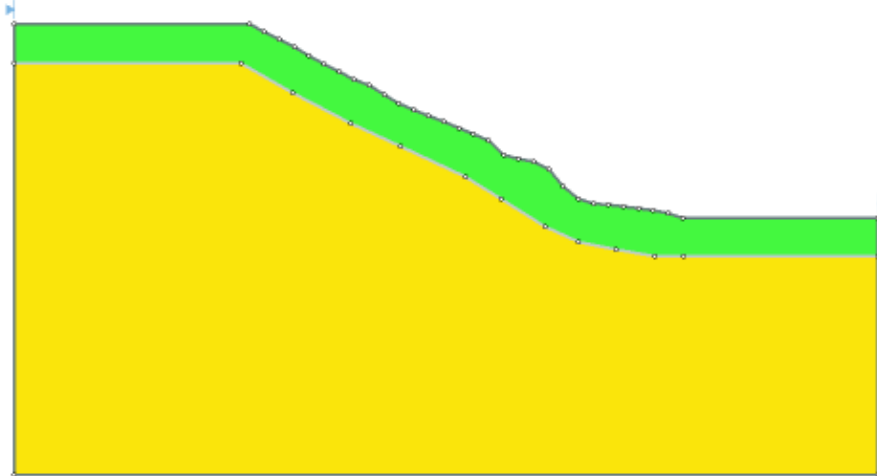


Figura 4.3 Ejemplo de geometría de talud ingresada en Slide (Lote 115)

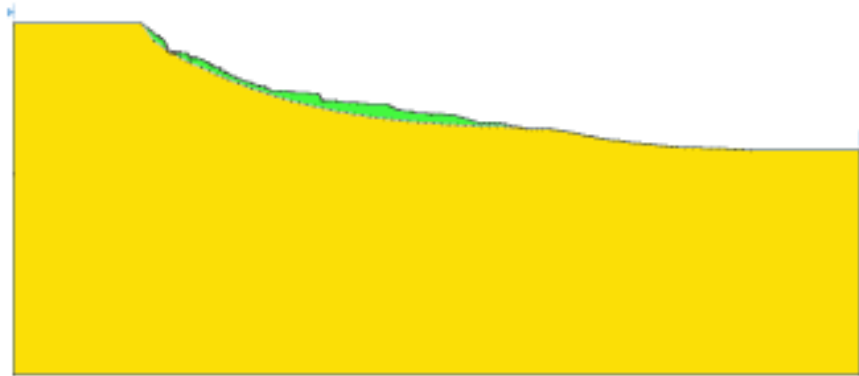


Figura 4.4 Ejemplo de geometría del talud de la ladera usado en Slide.

4.1.4 Análisis de Estabilidad de Taludes

Cálculo de Factor de Seguridad Pseudo-estático (FSps)

En la Tabla 4-8 se muestra el valor del FS pseudo-estático calculado en los lotes, en los cuales se ha integrado la carga sísmica, la carga de las viviendas y el coeficiente de presión intersticial, sabiendo que para todos los lotes se ha usado los mismos valores de carga sísmica y coeficiente de presión intersticial la variación se da únicamente en los lotes donde no se ha integrado una carga de la vivienda.

Los resultados de FS pseudo-estático obtenidos para cada uno de los lotes en análisis de estabilidad de taludes se indican en el ANEXO IV.

Las cargas generadas por las viviendas que se indican en la Tabla 4-8, fueron calculadas específicamente para las viviendas sobre el talud en la zona alta del barrio por las características de inestabilidad.

Tabla 4-8 FS pseudo-estático con cargas generadas por las viviendas

Lote	Área (M2)	Número De Viviendas	Carga Vivienda (Kg/m ²)	Carga Vivienda (KN/m ²)	FS Pseudo-estático
78	220.27	1	68.06	0.67	1.9
80	187.99	1	157.57	1.55	1.4
87	195.61	1	199.2	1.95	1.7
88	190.63	1	235.5	2.31	2.3
89	191.31	1	945.5	9.28	1.4
92	188.92	1	524.45	5.14	1.1
93	190.67	1	119.58	1.17	2
94	194.12	1	267.4	2.62	2
96	191.15	1	174.6	1.71	1.9
97	191.25	1	156.1	1.53	1.9
101	204.97	1	228.8	2.24	1.6
102	216.04	1	711.8	6.98	0.9
104	205.05	2	303.4	2.98	1
			413.5	4.06	
107	193.25	1	108.7	1.07	1.6
108	193.75	2	85.2	0.84	0.5
			111.3	1.09	
109	216.46	2	471.3	4.62	1.4
110	193.57	1	408.6	4.01	0.8
114	250.06	1	100.6	0.99	1.4
116	250.06	1	197.2	1.93	1.1
119	249.79	1	122.5	1.20	1.2
121	250.10	1	120.67	1.18	1
125	250.05	1	303.4	2.98	1
126	250.05	1	118.32	1.16	1.2
129	250.12	1	219.04	2.15	1.3
130	250.09	2	198.5	1.95	1.2
			108.72	1.07	
132	264.26	1	152.5	1.50	1.3

Cálculo de desplazamientos de Newmark

El cálculo de desplazamientos de Newmark fue realizado en dos perfiles a lo largo de toda la ladera en la cual se asienta el barrio, aquí se incluyó el acelerograma del Sismo de Loma Prieta con el cuál el programa calcula la Intensidad de Arias y la aceleración crítica para integrarlos en la formulación de desplazamientos de Newmark. Los resultados se presentan en la Tabla 4-9.

Tabla 4-9 Parámetros obtenidos del análisis de estabilidad de taludes para los dos perfiles de la ladera total de la zona de estudio con Slide 8.0.

Perfil	Ubicación Perfil (Coordenadas)		Altura (m)	Longitud (m)	Pendiente (°)	Fs Estático	Dn (cm)
	X	Y					
A - A'	777784	9969931	70	186.2	20.603	1.1	20.5
B - B'	777890	9969872	90	220.6	22.194	1.2	7.5

Es importante mencionar que se realizó el cálculo en cada lote, pero los resultados fueron nulos.

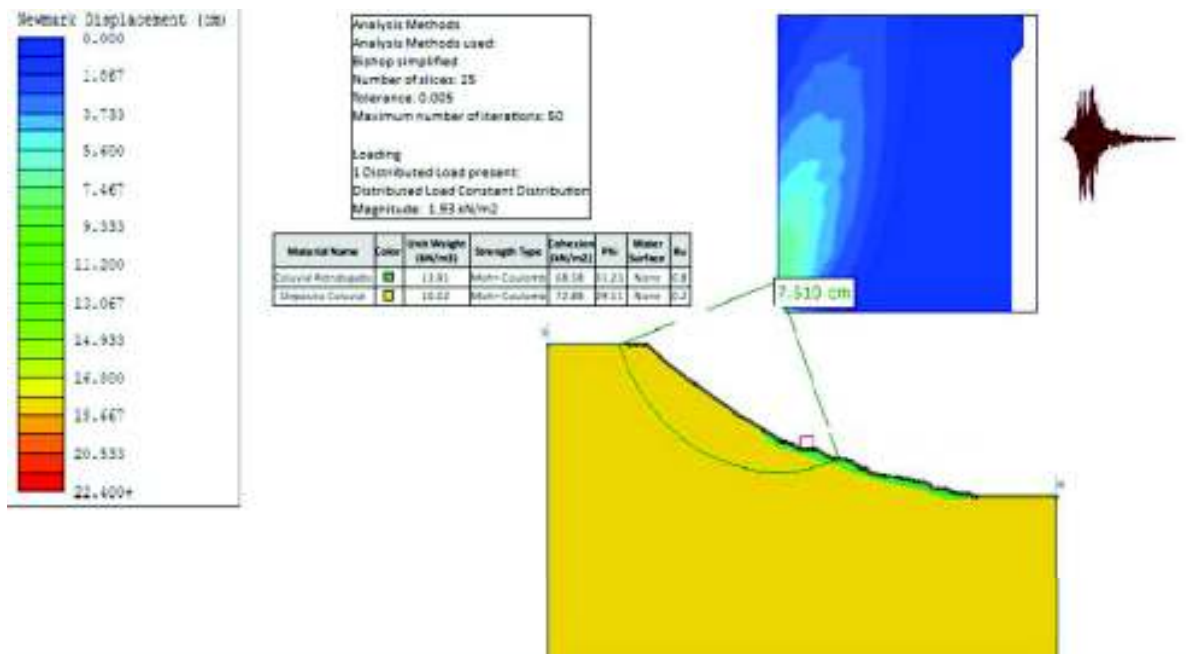


Figura 4.5 Ejemplo de resultado del cálculo de desplazamientos de Newmark (Perfil BB')

4.1.5 Determinación y zonificación de la Amenaza

La zonificación de la amenaza se realiza en función de los rangos de los valores del FS pseudo-estático a nivel de lote como se mostraron en la Tabla 3.3, y se presentan en forma cartográfica en el Mapa 4.1. en el cual la amenaza baja (color verde) representa FS mayores a 1,5, la amenaza media (color amarillo) FS entre 1,1 a 1,5 y la amenaza alta (color naranja) los FS menores a 1,1.

En el ANEXO IV se muestra el FS pseudo-estático, el nivel de amenaza y su valoración para la zonificación.

NIVEL DE AMENAZA DEL BARRIO SANTA TERESITA DE CONOCOTO



Mapa 4.1 Amenaza del Barrio Santa Teresita de Conocoto

4.2 Análisis de la Vulnerabilidad

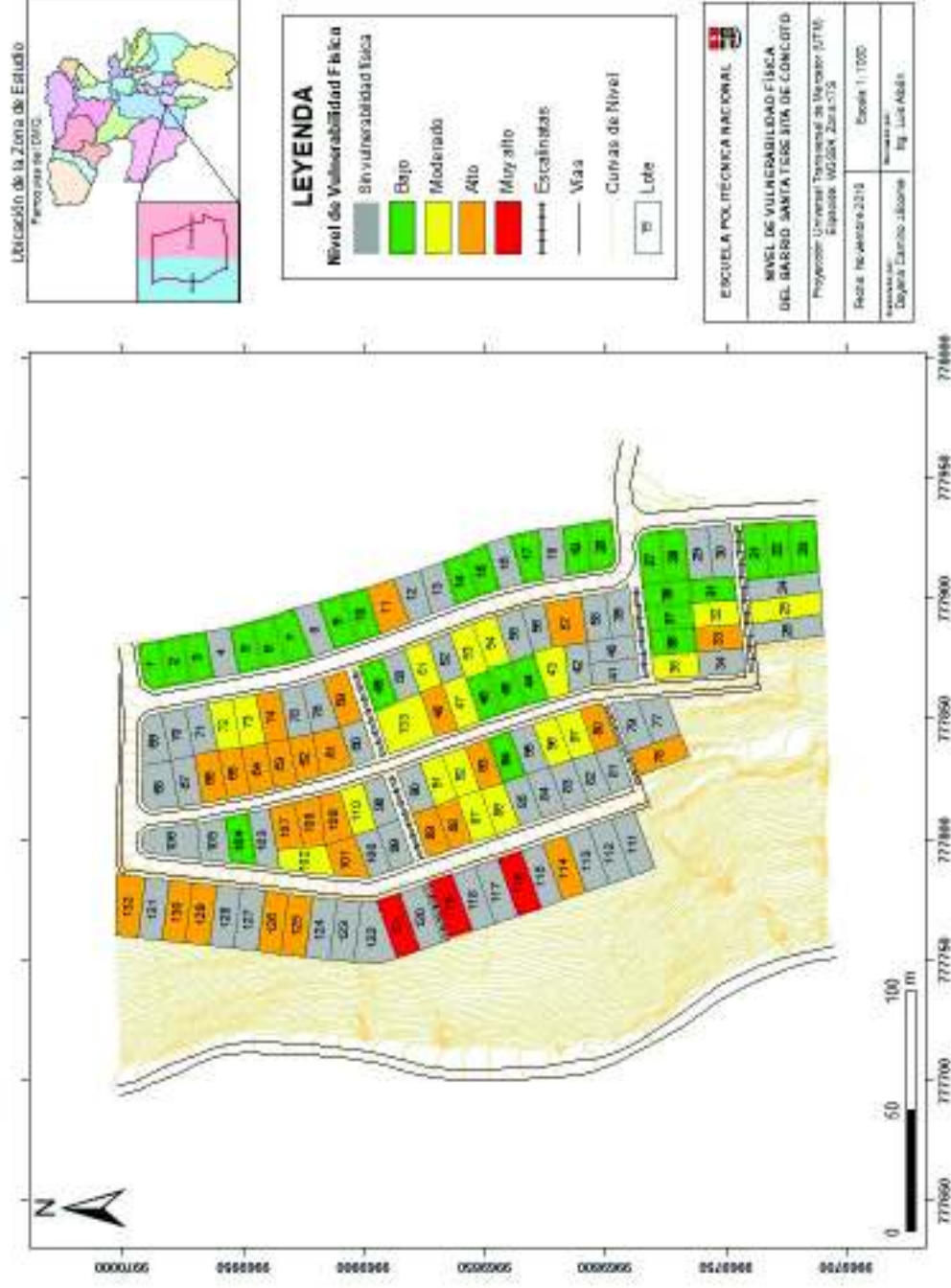
4.2.1 Determinación y Zonificación de la Vulnerabilidad Física

La calificación del elemento expuesto a movimientos en masa, es decir de la vivienda tiene un valor de 0 a 100, es así como los lotes baldíos no tienen vulnerabilidad y por lo tanto tampoco el riesgo también es nulo. En cuanto a la vulnerabilidad los valores bajos indican condiciones óptimas de la edificación y valores cercanos a 100 condiciones precarias de la vivienda.

La representación cartográfica de la vulnerabilidad física se realizó a través de cuatro rangos: vulnerabilidad física baja con valoración 1 (color verde), moderada con valoración 2 (color amarillo), alta con valoración 3 (color naranja), muy alta con valoración 4 (color rojo) y sin vulnerabilidad física, lotes baldíos con valoración 0 (color gris) (Mapa 4.2).

Los resultados detallados de este análisis se muestran en el ANEXO IV.

NIVEL DE VULNERABILIDAD FÍSICA DEL BARRIO SANTA TERESITA DE CONCOTO



Mapa 4.2 Vulnerabilidad Física del Barrio Santa Teresita de Concoto

4.3 Análisis de Riesgo exposición

4.3.1 Calculo de Riesgo - Exposición

El cálculo del riesgo – exposición se realiza mediante la multiplicación de los factores normalizados de la amenaza (FS pseudo estático), la vulnerabilidad física y el número de personas expuestas.

Los valores resultantes de riesgo – exposición son agrupados en tres rangos, que son valorados en 3 niveles, riesgo – exposición bajo con valoración 1 (color verde), moderado con valoración 2 (color amarillo) y alto con valoración 3 (color naranja), además se da una valoración de 0 a los lotes sin riesgo - exposición. Con la valoración se realizó la zonificación representada cartográficamente (Mapa 4.3).

Los valores usados para el cálculo del riesgo – exposición y los resultados de este cálculo se detallan en el ANEXO IV.

NIVEL DE RIESGO-EXPOSICIÓN DE SANTA TERESITA DE CONOCOTO



LEYENDA

Nivel de Riesgo

- Sin Riesgo
- Bajo
- Moderado
- Alto

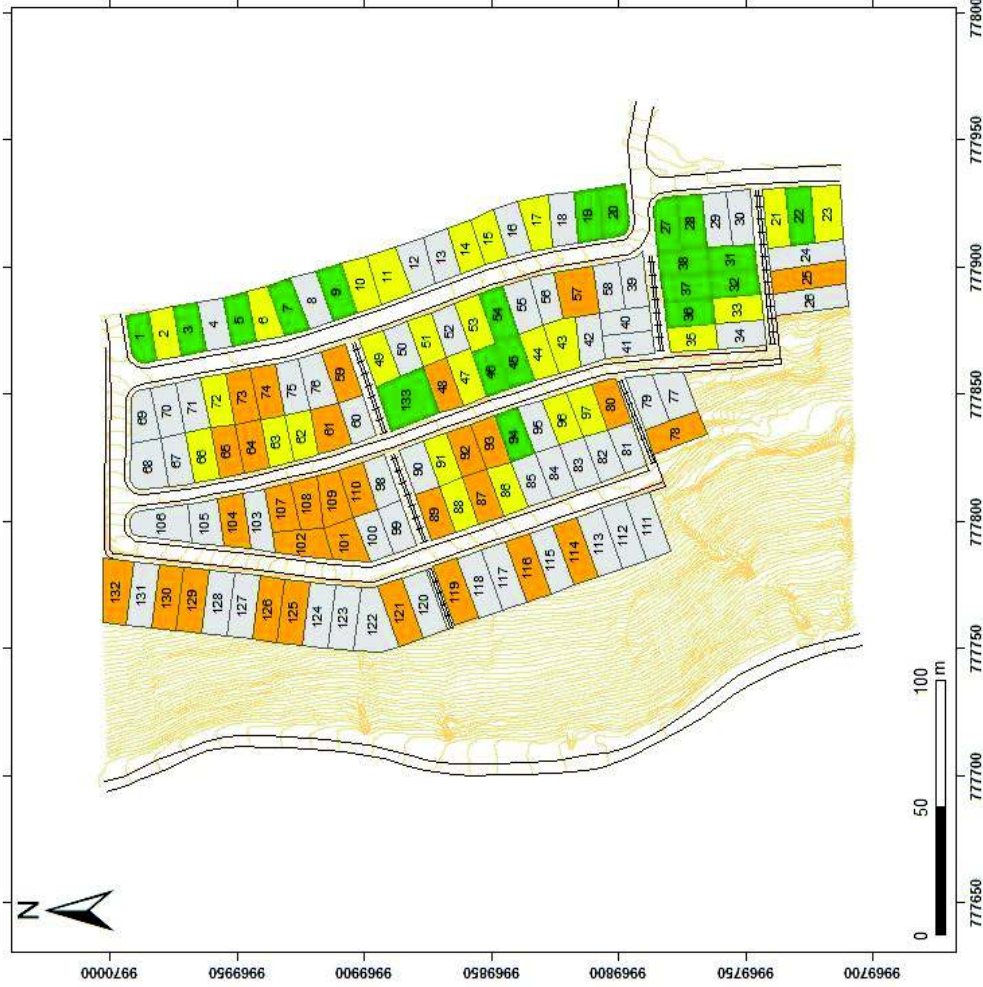
Escalinatas

Vías

Curvas de Nivel

15 Lote

NIVEL DE RIESGO-EXPOSICIÓN DE SANTA TERESITA DE CONOCOTO	
Proyección: Universal Transversal de Mercator (UTM) Elipsóide: WGS84, Zona: 17S	
Fecha: Noviembre 2018	Escala: 1: 1000
Elaborado por: Dayana Camino Jácome	Revisado por: Ing. Eliana Jiménez



Mapa 4.3 Riesgo - Exposición del Barrio Santa Teresita de Conocoto.

CAPÍTULO V: Discusión de Resultados

5.1 Análisis de la Amenaza

5.1.1 Parámetros usados en el Análisis de Estabilidad de taludes

El análisis de estabilidad de taludes requiere de tres parámetros intrínsecos que caracterizan los taludes y que definen los esfuerzos de resistencia, estos son la litología, las características geotécnicas y la geometría del talud.

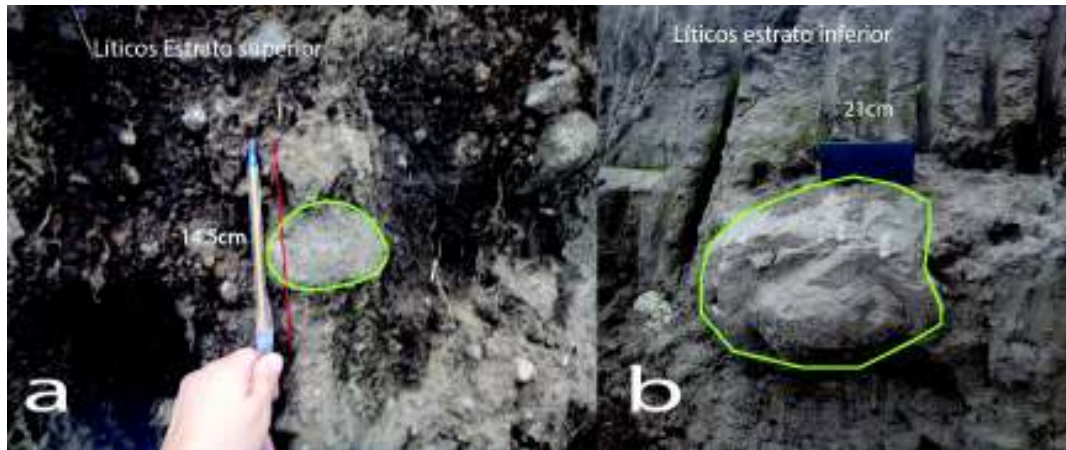
El estudio de la litología se realizó a través del levantamiento de doce columnas en las cuales se definieron dos estratos de un coluvial antiguo que corresponde a un depósito de un deslizamiento rotacional posiblemente asociado a la actividad tectónica del sistema de fallamiento inverso de Quito.



Figura 5.1 Ubicación de la zona de estudio sobre antiguo deslizamiento. Fuente Google Maps

El primer parámetro definido fue la litoestratigrafía, mediante un levantamiento litoestratigráfico de 12 columnas litoestratigráficas donde se identificaron dos estratos.

El estrato superior consiste de un coluvial que presenta un 2 – 4 % líticos retrabajados de forma subangular a subredondeada, con tamaños de 5 a 15 cm (Fotografía 5.1 a), entre estos líticos se diferencia tres grupos de rocas andesitas, pómez y volcanosedimentos soportados en una matriz limosa, en este estrato se puede observar una acumulación de líticos hacia el tope.



Fotografía 5.1 Ejemplo de tamaño de los líticos. (a) Líticos estrato superior, (b) líticos estrato inferior.

El estrato inferior por otra parte se trataría del depósito original del antiguo deslizamiento, este depósito presenta un 2% de líticos, los cuales se encuentran menos retrabajados y tienen formas más angulares a subangulares, su tamaño varía entre 10 a 45 cm (Fotografía 5.1 b), su composición es la misma que los líticos del estrato superior, soportados en una matriz arenosa, además este estrato se muestra más compactado

La diferencia entre estos dos estratos se encuentra en su matriz y la forma de sus líticos, el estrato superior corresponde al coluvial antiguo retrabajado por diversas causas como la gravedad, lluvias y causas antrópicas, como el movimiento de material para la construcción de viviendas. De esta manera la matriz presenta una matriz limosa y líticos con formas menos angulares(Fotografía 5.1).

Las diferencias de la matriz se corroboran con los ensayos de clasificación SUCS, cuyos resultados muestran dos tipos de suelos ML, limos de baja plasticidad, en el estrato superior y SM, arenas Limosas, en el estrato inferior.

Las características geotécnicas también muestran diferencias en los estratos, ya que mientras la cohesión en el estrato superior tiene un valor de 66.58 KN/m² el estrato inferior tiene un valor de 72.88 KN/m², lo mismo ocurre en cuanto al ángulo de fricción

y peso unitario que en la estrato superior tiene valores de 31.23° y 13.91 KN/m^3 y en la estrato inferior los valores son 29.51° y 16.02 KN/m^3 es evidente una mayor cohesión y peso unitario del estrato inferior que se encuentra más consolidado. Los ángulos de fricción de ambos estratos son similares y corresponden a suelos de tipo areno-limoso.

Un parámetro importante también en el análisis de estabilidad de taludes es la geometría del talud, la cual se obtuvo a través de la topografía de la zona de estudio para cada lote y para la ladera total dos perfiles topográficos. Es importante mencionar que los perfiles arrojaron información importante como las pendientes, alturas y longitudes, donde se puede evidenciar que las alturas y pendientes proporcionadas para la generación de la geometría de los taludes de cada lote poseen una estrecha relación con el FS pseudo-estático. Un ejemplo de esto se puede apreciar en la Figura 5.2 donde el lote 124 tiene una altura de 16m y una pendiente de 32° que son el máximo valor de altura y pendiente, tiene un FS pseudo-estático igual a 1, mientras el lote 40 que posee la altura de 0.7m y pendiente de 4.2° corresponden a los valores mínimos y presentan un FS pseudo-estático igual 3.

	A	B	C	D	E
1	Ubicación Perfil	Altura (m)	Longitud (m)	PENDIENTE ($^\circ$)	FS (ps)
41	lote 40	0.7	9.565	4.2	3
125	lote 124	16	25.603	32.0	1

Figura 5.2 Ejemplo de altura y pendiente mínima y máxima con el FS pseudo-estático (FS ps).

En cuanto a la información obtenida de los perfiles topográficos de la ladera total es importante mencionar la estrecha relación que existe entre la longitud del perfil y los Desplazamientos de Newmark que se obtuvieron de la ladera ya que a mayor longitud menor fue el desplazamiento. Esto se observa en el Perfil topográfico BB' que posee una longitud de 220.6m mayor a la de AA' que es de 186.2m, por lo que el desplazamiento de BB' es menor (Figura 5.3).

	F	G	H	I	J	K	L
1	Perfil	Ubicación Perfil (Coordenadas)		Altura (m)	Longitud (m)	PENDIENTE	Dn (cm)
2		X	Y				
3	A - A'	777784	9969931	70	186.2	20.603	20.5
4	B - B'	777890	9969872	90	220.6	22.194	7.5

Figura 5.3 Ejemplo de relación entre longitud y desplazamientos de Newmark (Dn)

5.1.2 Análisis de Estabilidad de Taludes

El análisis de estabilidad se realizó utilizando el programa Slide 6.0 para obtener el Factor de seguridad pseudo-estático (FSps) a través de la integración de los parámetros de resistencia al corte ya analizados y los parámetros que aumentan los esfuerzos al cortante como son: la carga sísmica, la carga de la vivienda y el valor del coeficiente de presión intersticial, ru .

El análisis de estabilidad utilizando el programa Slide 8.0, permite la integración de un acelerograma para el cálculo del FS, la aceleración crítica y los desplazamientos de Newmark que permitan una zonificación de la amenaza por movimientos en masa.

La carga sísmica se integró como un factor detonante en dos escenarios, el primero usando un valor de PGA que se resume como una aceleración total horizontal generada por un acelerograma, el cual es el parámetro sísmico más usado comúnmente para el análisis de estabilidad de taludes (Suaréz, 2009). Al añadir esta carga sísmica en software Slide versión 6.0 se obtuvieron valores de FS pseudo-estático, los cuales al estar asociados a un factor detonante se convierten en factores discriminantes para determinar un nivel amenaza.

Se integró también en el modelamiento una carga generada por las viviendas, pero únicamente para aquellos lotes donde las viviendas se ubican sobre un talud y en la zona más alta del barrio, ya que esta zona tiene una mayor inclinación lo cual favorece a la ruptura del talud. En la zona alta además se consideró coeficientes de presión intersticial tomando en cuenta la escorrentía superficial existente, puesto que en esta zona la falta de desagües obliga a los moradores dejar que las tuberías de las lavanderías desfoguen sobre el Talud, por lo que existe una infiltración de estas aguas en el talud favoreciendo a las condiciones de ruptura, lo cual no sucede en la zona baja, ya que en este sector las viviendas no presentan taludes y cuentan con un sistema de alcantarillado, razón por la cual para esta zona no se consideran valores de presión intersticial.

Los FSps obtenidos al integrar todos los parámetros ya mencionados y adicionalmente la carga de las viviendas presenta variaciones con FS ps sin carga de viviendas. Ejemplo de ello son los lotes 115 y 116 que poseen geometrías similares, ambos poseen una altura de 12 m, una longitud de alrededor de 25 m y una pendiente de 25° , sin embargo, sus factores de seguridad son diferentes, para el lote 115 su FS ps es de 1.3 mientras para el lote 116 que posee una carga adicional por la vivienda de sistema estructural de

mampostería simple (media agua) es de 1.1, aunque la diferencia no es considerable existe una disminución, por lo cual se evidencia que la carga de una vivienda con un sistema estructural de mampostería simple no afecta drásticamente a la estabilidad del talud. Existe una variación mayor en el FS ps en casos en los que la construcción tiene un sistema estructural de hormigón armado y tiene más de un piso como el caso de los lotes 88 y 89 los cuales presentan geometrías muy similares con una altura de 6m, longitud de 19m y una pendiente que varía en seis décimas con 16.8° para el lote 88 y 17.4° para el lote 89, sin embargo el factor de seguridad tiene una variación considerable ya que de un FSps de 2.3 en lote 88 con una carga de una vivienda de mampostería simple (media agua), pasa a un FS ps de 1.4 en el lote 89 con una vivienda de 3 pisos con un sistema estructural de hormigón armado.

También existen variaciones en el FSps a causa de la generación de taludes artificiales, en este caso se tiene un caso crítico presente en los lotes 108 y 102 donde la construcción del lote 102 se ubica sobre un talud que representa el límite entre ambos lotes, esta construcción es de 3 pisos de hormigón armado por lo que genera una fuerte carga sobre el talud que afecta también al lote 108, en este caso los dos FS ps obtenidos son valores bajos con un FSps de 0.9 en el lote 102 y un FSps de 0.5 en el lote 108, además este último valor corresponde al mínimo valor obtenido en el análisis de estabilidad en taludes.

Al realizar el cálculo de desplazamientos de Newmark, utilizando el Slide 8.0 se pudo apreciar que los desplazamientos a nivel de lote son nulos, esto se puede explicar ya que el método de Newmark funciona para deslizamientos con una superficie de ruptura definida en un perfil de ladera de gran longitud. Esto se corrobora con las características de los movimientos en masa observados los cuales son de pequeña magnitud y corresponden a caídas, derrumbes con flujos de lodo asociados. En este sentido la zonificación de la amenaza se realizó únicamente en función de los FS pseudo estático.

La modelación realizada para dos perfiles en toda la ladera de estudio, permitió el cálculo de desplazamientos de Newmark donde se obtuvo desplazamientos de 20.5cm para el perfil AA' y 7.5cm para el perfil BB', el mayor valor de desplazamiento se obtuvo en el perfil AA' este valor está relacionado con la con una mayor carga de la vivienda ubicada en la parte alta en el lote 125. Mientras que los resultados de desplazamientos de Newmark a nivel de lote fueron nulos debido a que son taludes de pequeña longitud donde no existe una superficie de falla definida, por esta razón no se zonificó la amenaza con el método de desplazamientos de Newmark.

5.1.3 Determinación y zonificación de la amenaza

La zonificación de la amenaza se realizó en función de los valores de los FS pseudo-estáticos calculados para los 133 lotes, los cuales se clasificaron en tres niveles con una valoración de 1 a 3 en función de la metodología propuesta por Ávila, et al., 2015, teniendo de este modo amenaza baja, moderada y alta.

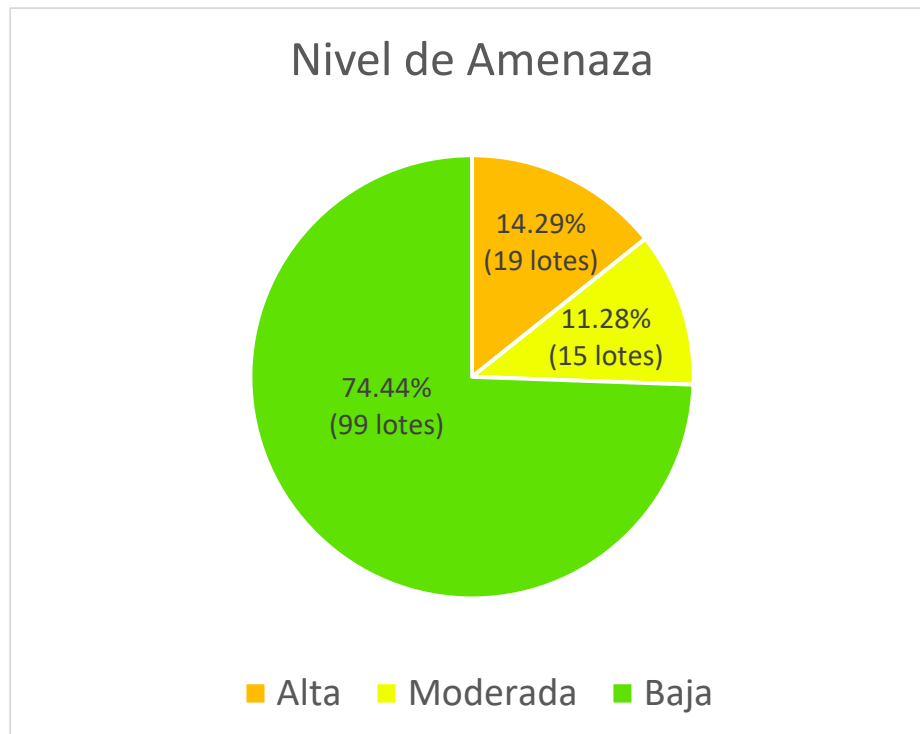


Figura 5.4 Número de lotes para cada Nivel de Amenaza

En la Figura 5.4 se indican el número de lotes para cada amenaza donde se evidencia que del total de 133 lotes el 74.44% corresponden a una amenaza baja, seguido de 14.29% que corresponden a una amenaza alta y 11.28% con una amenaza moderada.

En su gran mayoría la amenaza baja se localiza en la zona baja del barrio, mientras la amenaza alta y moderada se encuentra localizada en el sector más alto del barrio esto se puede observar en el Mapa 4.1.

La caracterización de las zonas inestable permitió la calibración de los niveles de amenaza, ya que la ubicación de las zonas inestables identificadas en los lotes 124, 125, 126 y 129 corresponden a una amenaza alta y moderada.

5.2 Análisis de la Vulnerabilidad Física

De acuerdo a la Guía para la gestión local de riesgo por deslizamientos, GTZ cooperación técnica alemana, Plan Trifinio, 2007, la Vulnerabilidad Son las condiciones particulares por medio de las cuales los pobladores e infraestructuras están expuestas a amenaza por deslizamientos. Por ejemplo (Heinrich, 2007):

- Viviendas ubicadas en pendientes altas y sin obras de protección
- Materiales no adecuados utilizados para la construcción de viviendas
- La comunidad no tiene la capacidad de recuperarse, rehabilitar o reconstruir sus viviendas.

Es así como para este estudio es fundamental la evaluación de la vulnerabilidad física para determinar las características estructurales de las viviendas frente a movimientos en masa y su ubicación sobre o bajo los cortes de talud realizados para la construcción de las viviendas. De la misma manera ha sido importante el levantamiento de datos del número de habitantes por lote, expuestos a la amenaza en la zona de estudio.

5.2.1 Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Calificación del Elemento expuesto

El instrumento de evaluación de la vulnerabilidad estuvo compuesto por seis aspectos relacionados con la evaluación del sistema estructural, el tipo de material empleado en la construcción de la vivienda, tipo de cubierta, el año de construcción, conservación y su ubicación respecto al talud.

Cuando la vivienda se encuentra ubicada bajo el talud se determinó la distancia de la vivienda al talud y la relación de alturas entre el talud y la infraestructura ya que una altura mayor del talud en relación a la edificación puede afectar la vivienda en caso de una inestabilidad cuando la vivienda está esta menor de un metro. sin embargo, si la distancia de la vivienda al talud es mucho mayor su altura no existe una afectación a la vivienda.

Cuando la vivienda se ubica sobre el talud, se genera una carga adicional que incrementa los esfuerzos al cortante. Con la evaluación del elemento en los seis aspectos señalados se determinó la vulnerabilidad física para cada vivienda con una valoración entre 0 y 100, donde valores cercanos a cero muestran una vulnerabilidad física baja, es decir mejores condiciones de la vivienda, y los valores altos indican

condiciones precarias. El valor más alto obtenido fue de 88 que corresponde al lote 116 donde se encuentra construida una vivienda con mampostería simple con características constructivas deficientes y una exposición bajo el talud con una distancia menor a 5 cm y una altura de 5m del talud por lo cual relación ht/dt es mayor a uno indicando una calificación alta de exposición (Tabla 3-7, CAPÍTULO III), por lo cual, de producirse un MM, este podría ocasionar grandes daños en la construcción, esta vivienda como otros casos presenta también una exposición sobre el talud, con una distancia de 2m al talud y una altura de 1.8 por lo que la calificación a esta exposición tomando en cuenta la relación ht/dt será menor al caso bajo el talud (Tabla 3-6, CAPÍTULO III), considerando esto se tiene dos calificaciones para el mismo lote, sin embargo en casos como este buscando la seguridad se considera la calificación más alta.

Respecto al valor mínimo de vulnerabilidad física obtenido durante la calificación del elemento expuesto tenemos un resultado de 19.3 valor que pertenece al lote 20 el cual presenta muy buenas características constructivas y su exposición bajo el talud es mínima ya que la altura es de 1m y la distancia es de 3m, por lo que, de producirse un MM, esta vivienda no se vería afectada.

Es importante aclarar que el valor de vulnerabilidad física igual a cero indica una vulnerabilidad nula y corresponde a lotes baldíos donde no se presenta ningún tipo de elemento expuesto.

Durante el levantamiento se obtuvo también el número de personas por cada lote, para posteriormente usarlo en el análisis de riesgo-exposición, el número máximo de personas que se determinaron es 17 en el lote 25 y el mínimo es 1 persona en los lotes 33, 96 donde habitan dos indigentes y el lote 133 donde se ha otorgado el valor 1 ya que en este lote se encuentra la casa de uso comunal.

5.2.2 Determinación y zonificación de la vulnerabilidad física

Ya obtenidos los valores de vulnerabilidad física se determinó su nivel, considerando los rangos definidos por los técnicos de la DMRG, en base a estos se obtuvo los 4 niveles de vulnerabilidad física, baja, moderada, alta y muy alta, además se consideró un nivel para los lotes baldíos a este nivel se le denominó sin vulnerabilidad física. Los 5 niveles se valoraron de 0 a 5 y se zonificó la vulnerabilidad de los 133 lotes. Con lo cual se pudo determinar que de los 133 lotes el 42.11% corresponden a lotes baldíos sin vulnerabilidad física, seguido de un 40.6% que engloba una amenaza baja y alta, la

vulnerabilidad moderada que se presenta en un 15.04% y finalmente una vulnerabilidad muy alta con un mínimo porcentaje de 2.26%(Figura 5.5).

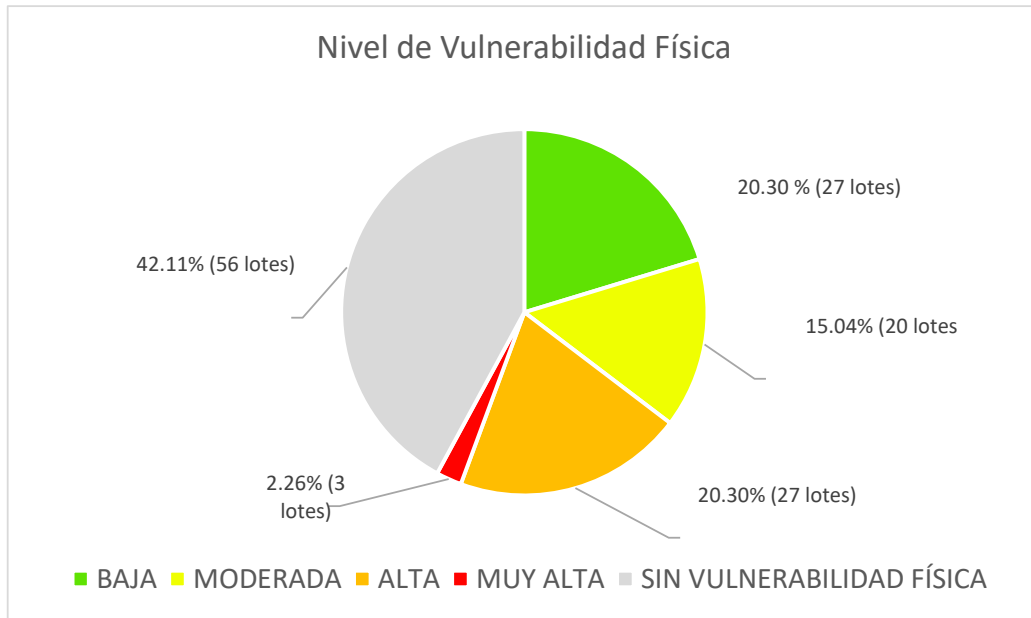


Figura 5.5 Número de lotes para cada Nivel de Vulnerabilidad Física

La distribución de la amenaza se puede observar en el Mapa 4.2 donde se identifica que el porcentaje de vulnerabilidad física baja se encuentran en la zona inferior del barrio, sin embargo aquellos que están en la zona superior presentaría una vulnerabilidad baja correspondería buenas características constructivas en sus viviendas, mientras que los lotes con vulnerabilidad alta se ubican en su mayoría en la zona superior, pero existen ciertos lotes en la zona inferior con vulnerabilidad alta esto a su vez correspondería a malas características constructivas de las viviendas.

5.3 Análisis del Riesgo-Exposición

El Riesgo-exposición se realizó en base a un cálculo integrando los parámetros obtenidos en el análisis de la amenaza donde se obtuvo FS pseudo-estáticos (FSps) y el análisis de la vulnerabilidad física donde se determinó un valor de vulnerabilidad física y el número personas expuestas para cada lote.

5.3.1 Calculo de Riesgo-exposición

Este cálculo se realizó mediante la multiplicación del FSps, el valor de vulnerabilidad física y el número de personas por lote normalizados. La normalización de la

vulnerabilidad física y el número de personas serán restados de 1 para la multiplicación, ya que estos parámetros son inversos al FSps, es decir mientras mayor es el FSps menor es el riesgo, lo contrario sucede con la vulnerabilidad física y el número de personas ya que mientras mayor sean estos valores, mayor será el riesgo. Al normalizarlos de este modo el crecimiento o disminución del riesgo será proporcional.

Una vez aplicada la ecuación se obtuvieron valores entre 0 y 0.56, estos valores representan el mínimo y el máximo de los valores obtenidos del cálculo, los valores de 0 corresponden a los lotes 25,108,116 y el valor de 0.56 correspondiente al lote 19 (Figura 5.6).

	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K
1	LOTE	ÁREA	FS (p ²)	FS NORMALIZAD	VULNERABILIDAD FÍSICA	VULNERABILIDAD AD FÍSICA	NÚMERO DE PERSONAS	NÚMERO DE PERSONAS	RIESGO EXPOSICIÓN	
21	19	203.51	2.4	0.730769231	23.6		0.937409025	4	0.8125	0.557
27	25	267.96	2.5	0.769230769		54.8	0.48326053	17	0	0.000
110	108	190.75	0.5	0		72.8	0.22125182	6	0.6875	0.000
118	116	250.06	1.1	0.230769231		88	0	3	0.75	0.000

Figura 5.6 Valores mínimos de riesgo-exposición

Estos valores representan también el máximo y el mínimo valor con los cuales se determinará el nivel de riesgo-exposición en el barrio. Tomando en cuenta que los valores cercanos a 0 corresponden a un nivel alto de riesgo-exposición y los valores cercanos a 1 representan un nivel bajo de riesgo-exposición, en este caso el valor más cercano a 1 es 0.56. los valores de riesgo – exposición fueron clasificados en tres rangos a los que se valoró entre 1 a 3(Figura 3.18, CAPÍTULO III), a esta valoración se le unió una valoración de 0 para los lotes baldíos que no poseen riesgo exposición. Con esta valoración se determinó el nivel de riesgo exposición para cada lote teniendo 4 niveles riesgo exposición alto, moderado bajo y sin riesgo-exposición.

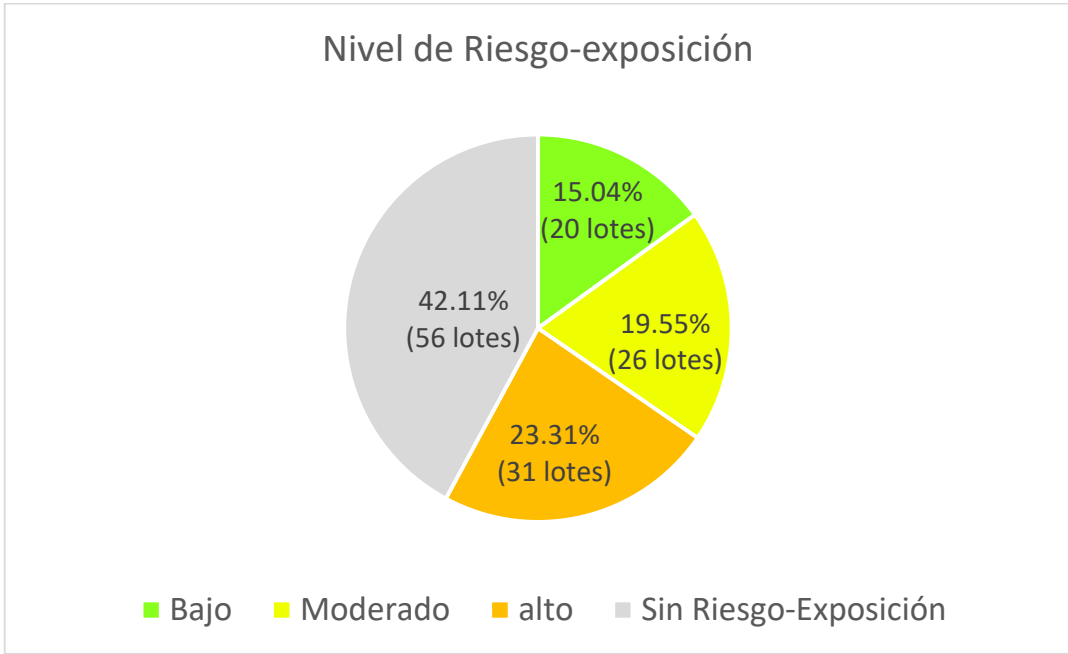


Figura 5.7 Número de lotes por nivel de riesgo-exposición

En la Figura 5.7 se representan el número lotes de acuerdo a cada nivel de riesgo-exposición , donde se observa que del total de los 133 lotes el 42.11% no presentan riesgo-exposición que corresponde a 56 lotes , que coinciden con los 56 lotes sin vulnerabilidad física ya que al no tener un elemento expuesto no tendrán riesgo.

Seguido a esto tenemos un porcentaje de 23.31% con riesgo-exposición alto ,19.55% con riesgo-exposición moderado y un 15.04% con riesgo-exposición bajo. Sin considerar los lotes sin riesgo-exposición el mayor porcentaje de lotes se encuentra en un nivel de riesgo-exposición alto.

CAPÍTULO VI: Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

- El Barrio Santa Teresita de Conocoto corresponde a un asentamiento informal y está conformado por 133 lotes ubicado en una ladera de fuerte pendiente correspondiente a un antiguo coluvial por lo cual se ha visto afectada por movimientos en masa asociados a fuertes lluvias.
- En el barrio Santa teresita de Conocoto se han caracterizado zonas inestables en los lotes 124,125,126 y 129, estos son movimientos en masa de tipo derrumbes y flujos asociados a derrumbes asociados a intensas lluvias.
- El análisis del nivel de riesgo-exposición a amenazas por movimientos en masa en el Barrio Santa Teresita de Conocoto se realizará mediante la combinación de Factores de Seguridad que se encuentran sujetos a un factor detonante representando de este modo la amenaza a esto se le sumará la vulnerabilidad estructural física determinando el riesgo-exposición.
- En la zona de estudio se levantaron doce columnas con las cuales se determinó la existencia de dos estratos los cuales presentan diferencias en cuanto a su matriz, características geotécnicas y clasificación de suelos. El estrato superior corresponde a un material re TRABAJADO de un antiguo depósito coluvial que forma el estrato inferior.
- El análisis de estabilidad de taludes mediante el software Slide 6.0 permitió obtener valores de factor de seguridad pseudo-estático mediante la integración de la litoestratigrafía, características geotécnicas, geometría del talud y carga sísmica para uno de los lotes del barrio.
- En la zona alta del barrio el FS pseudo-estático se determinó con la carga por el peso de las viviendas y coeficientes de presión intersticial, ya que esta zona presenta condiciones diferentes a la zona inferior, como lo son la presencia de viviendas sobre taludes e infiltraciones de aguas residuales por la falta de un sistema de alcantarillado.
- La obtención de los factores de seguridad pseudo-estático permitieron de manera sencilla y rápida la determinación de los niveles de amenaza para cada

lote y su zonificación para la representación cartográfica de la amenaza, con lo cual los moradores del barrio podrán identificar fácilmente el nivel de amenaza para su lote.

- El análisis de estabilidad de taludes mediante el software Slide 8.0 permitió obtener valores de desplazamiento de Newmark de 20.5cm y 7.5cm en los dos perfiles de la ladera total, lo que muestra un grado de peligro muy alto, asociado a la reactivación del antiguo deslizamiento por un sismo de magnitud 6.9 correspondiente al de Loma Prieta del cual se tomó el acelerograma.
- Los resultados de desplazamientos de Newmark a nivel de lote fueron nulos debido a que son taludes de pequeña longitud donde no existe una superficie de falla definida, por esta razón no se zonificó la amenaza con el método de desplazamientos de Newmark.
- La evaluación de la vulnerabilidad permitió conocer las condiciones estructurales en las que se encuentra cada vivienda, lo que permitió generar una calificación para elemento expuesto de forma rápida y precisa. La generación de una calificación para el elemento expuesto fue de gran utilidad sobre todo porque considera la ubicación de la vivienda en cuanto al talud
- La calificación de cada lote permitió obtener los niveles de vulnerabilidad física adecuados para cada vivienda con los cuales se pudo zonificar la vulnerabilidad cartográficamente como una herramienta de utilidad para los moradores.
- El cálculo del riesgo-exposición mediante la integración de los factores de seguridad pseudo-estáticos, vulnerabilidad física y personas expuestas proporcionó valores analíticos que pudieron ser clasificados de acuerdo al mejor método estadístico, generando niveles de riesgo-exposición propicios para cada lote buscando su seguridad y que fueron representados cartográficamente.
- Es importante considerar que si bien algunos lotes tienen un nivel de riesgo-exposición nulo ya que se encuentran baldíos, no se debe permitir la construcción de viviendas en el caso de que el nivel de amenaza sea alta y moderada, ya que son propensos a un nivel de riesgo exposición alto y para la construcción es necesario un estudio de estabilidad específico.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda socializar este estudio con los moradores de barrio de manera inmediata, para que de este modo las autoridades del barrio conjuntamente con las entidades responsables en el municipio puedan tomar acciones sobre las medidas necesarias para la legalización del barrio, considerando los niveles de riesgo-exposición obtenidos.
- Se debe realizar perforaciones y ensayos in-situ con los cuales se pueda determinar de manera precisa las características geotécnicas de la zona de estudio y de este modo el margen de error en los resultados sea mínimo.
- Es recomendable realizar campañas de mediciones pluviométricas para la zona de estudio ya que en la zona las fuertes lluvias son un factor detonante que pueden generar movimientos en masa que causarían fuertes daños en las viviendas del barrio.
- Se debe llevar a cabo un estudio detallado de los deslizamientos asociados al sistema de fallas de Quito ya que de acuerdo a los desplazamientos de Newmark obtenidos en el estudio, esta ladera podría reactivarse generando una afectación por la reactivación de este macro deslizamiento.
- Es necesario un manejo controlado de la actividad antrópica en el área de estudio, para concientizar a los moradores del barrio y de este modo eviten nuevas construcciones y la generación de nuevos taludes artificiales especialmente en la zona alta donde se encuentra el área de mayor amenaza y riesgo-exposición.
- La intervención de las autoridades para la realización de medidas de mitigación en el barrio es necesaria para controlar las descargas de agua sobre la ladera. Estas medidas de mitigación deben enfocarse hacia el control de la infiltración de aguas lluvias y residuales originadas por viviendas sobre la ladera, para evitar derrumbes en los taludes y el socavamiento de las vías del barrio.

- Las nuevas construcciones en el en barrio deben ajustarse a las normas de construcción vigentes dispuestas por la Norma de Construcción Ecuatoriana (NEC) y las ordenanzas municipales, además es importante realizar obras de reforzamiento en las viviendas ya existentes.
- En el caso de taludes verticales se debe realizar análisis geotécnicos por especialistas para las medidas de reforzamiento necesarias.
- Es importante realizar estudios específicos de infiltraciones provenientes del canal de agua Pitatambo que se encuentra en la parte superior de la ladera del barrio, con el fin de evitar el debilitamiento del suelo.
- Se recomienda el diseño de un plan de reubicación progresivo para la franja de lotes de parte alta desde el lote 111 hasta el 132, de manera que en esta zona se conforme una franja de protección a través de la reforestación con arbustos y árboles nativos.
- Las construcciones en los lotes de amenaza alta y moderada no deben realizarse a menos que se realicen estudios geotécnicos específicos.

Bibliografía

- GAD Parroquial de Conocoto. (2015). *Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Conocoto*. Quito.
- (INEC), I. N. (2001). *Censo de Población y Vivienda, Ecuador en Cifras*. Quito.
- (31 de Agosto de 2014). Recuperado el Octubre de 2018, de Geotechdata.info: <http://www.geotechdata.info/parameter/cohesion.html>
- Alvarado, A. (2012). *Néotectonique et cinématique de la déformation continentale en Equateur*. Grenoble: Université de Grenoble.
- Aspden, J. A., & Litherland, M. (1992). The Geology and Mesozoic collisional history of the Cordillera Real, Ecuador. *Tectonophysics*, 187-204.
- ASTM D1586. (2011). *Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT)*. West Conshohocken: ASTM Internacional.
- ASTM D2487. (2017). *Standard Practice for Classification of oils or Engineering Purposes (D2487-17)*. West Conshohocken.
- Ávila, G. E., Cubillos, C. E., Granados, A. E., Medina, E., Rodríguez, É. A., Rodríguez, C. E., & Ruiz, G. L. (2015). *Guía Metodológica para estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa*. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Barberi, F., Coltelli, M., Ferrara, G., Innocenti, F., Navarro, J. M., & Santacrose, R. (1988). Plio-Quaternary volcanism in Ecuador. *Geological magazine*, 125(01), 1-14.
- Benítez, B. (2018). *Zonificación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa en la zona de Atucucho, Noroccidente de Quito*. Escuela Politécnica Nacional. Quito: Unpublished.
- Cañizares, F. (2017). *Selección de Ecuaciones de atenuación (GMPEs) Compatibles con el Sistema de Fallas de Quito*. Quito.
- Carlosama, F., & Carrera, S. (2017). *Análisis del Peligro por Fenómenos de Remoción en Masa en los Taludes de un tramo de la Quebrada Shanshayacu, zona*

- quitumbe, Distrito Metropolitano de Quito*. Escuela Politécnica Nacional. Quito: Unpublished.
- Córdova, M., & Vallejo, A. (2012). Riesgos Urbanos en América Latina. *Letras Verdes*, 1-3.
- Das, B. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México.
- Duque Escobar, G., & Escobar, C. (2016). *Texto para el curso de Mecánica de Suelos I*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ecuador. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Figueras, S., Macau, A., Goula, X., & Gonzalez, M. (2005). APLICACIÓN DEL MÉTODO DE NEWMARK PARA EL ESTUDIO DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA ACTIVADOS POR TERREMOTOS EN ANDORRA . *VI Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables* . Valencia.
- Flor, A. D. (2016). *Determinación de Ángulo de Fricción y Cohesión del suelo mediante correlaciones obtenidas en los ensayos de plasticidad, modulo de elasticidad y NSPT de suelos de tre sectores de la ciudad de Quito*. Quito.
- González de Vallejo, L. I., & Ferrer, M. (2002). *Geological Engineering*. Leiden, The Netherlands: CRC Press/Balkema.
- Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GEMMA). (2007). *Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas*. Canadá: Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Gutscher, M.-A. M.-Y. (March de 1999). TECTONIC SEGMENTATION OF THE NORTH ANDEAN MARGIN: IMPACT OF THE CARNEGIE RIDGE COLLISION. *Earth and Planetary Science Letters*, 255-270.
- Heinrich, A. (2007). *Guía para la Gestión Local de Riesgo por Deslizamientos*. San Salvador: Proyecto MARLAH II-GTZ.
- Hsieh, S.-Y., & Lee, C.-T. (2011). Empirical estimation of Newmark displacement from the Arias intensity and critical acceleration. *Engineering Geology*, 34-42.

- Hughes, R., & Pilatasig, L. (2002). Cretaceous and Tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of the Andes Of Ecuador. *Tectonophysics*, 29-48.
- INAMHI, I. N. (s.f.). *Red de Estaciones Automáticas Hidrometeorológicas*. Obtenido de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI): <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>
- Jibson, R. W. (2007). Regression models for estimating coseismic landslide displacement. *Engineering Geology*, 209-218.
- Jibson, R. W., Harp, E. L., & Michael, J. A. (1998). *A Method for producing Digital Probabilistic Seismic Landslide Hazard Maps: An Example from the Los Angeles, California*. U.S. Geological Survey, U.S. Department of the Interior, Denver.
- Litherland, M., Aspden, J., & Jemielita, R. (1994). *The metamorphic belts of Ecuador*. British Geological Survey.
- Merino, L. (2018). *Zonificación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa en el Barrio Atacaba, Noroccidente del Distrito Metropolitano de Quito*. Escuela Politécnica Nacional, Ingeniería Geológica, Quito.
- Minard Hall, P. M. (2008). The rhyolitic-andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador. *Bull Volcanol.*
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). (2015). *ATLAS de Amenazas Naturales y exposición de infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito* (Vol. II). Quito: DMQ.
- Municipio del DMQ, Contrato de consultoría CEMER N° 08-2011. (2011). *Estudio de Condiciones de Riesgo y Amenazas de los sectores de Santa Teresita y Ontaneda de la parroquia de Conocoto, y Bolaños de la parroquia Itchimbía, de las administraciones zonales Los Chillos y norte en el Distrito Metropolitano de Quito*. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos. Quito: Unpublished.
- Ormaza, W. (2017). *Zonificación de la susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa en el Barrio Atacaba, Noroccidente de Quito*. Escuela Politécnica Nacional. Quito: Unpublished.

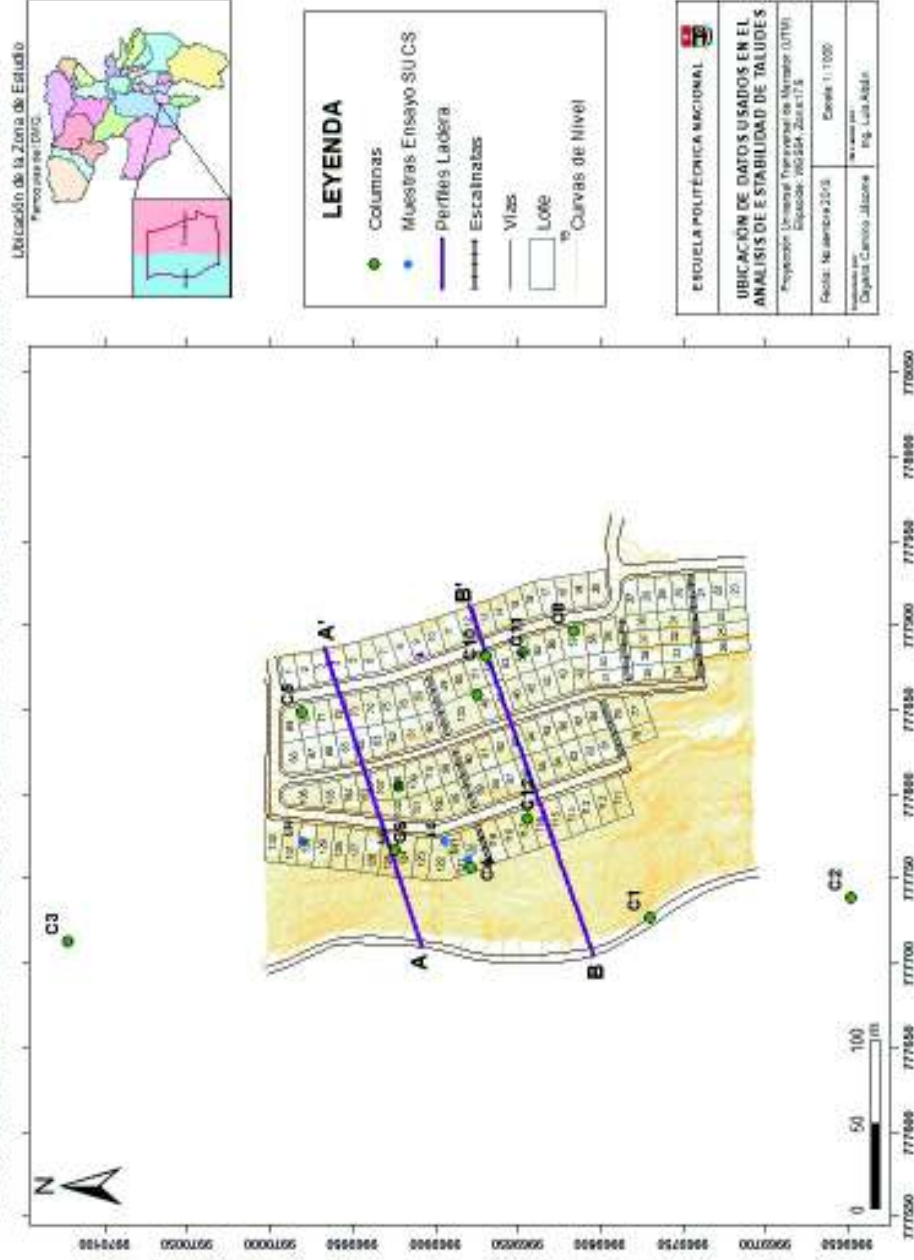
- Paredes, A. J. (2017). *LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO GEOREFERENCIADO DEL BARRIO "CÓMITE PROEJORAS SANTA TERESITA"*. Quito: Unpublished.
- Peñafiel, L. (2009). *Geología y Análisis del Recurso Hídrico Subterráneo de la SubCuenca del Sur de Quito*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Pillajo, T. (2016). *Análisis, Evaluación y Gestión de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa en el Barrio San Jacinto de Atucucho, Noroccidente de Quito*. Quito.
- Rivera, M., Salazar, A., Carvajal, A., Galárraga, R., Plaza, G., Singaicho, J. C., . . . Salazar, D. (2015). *Actualización de la Zonificación por Amenaza de Deslizamiento en el Distrito Metropolitano de Quito*. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Quito: FUNEPSA CÍA. LTDA.
- RocScience. (2018). *Tutorial 28: Slide 2018 Seismic Analysis*. RocScience.
- Rodríguez, M. J., García, J., & Azañón, J. (2009). Comparación del método de Newmark a escala regional, local y de emplazamientos: el caso del desprendimiento de la Paca. *Geogaceta*, 151-154.
- Salvador, S. M. (2003). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico*. Universitat Politècnica de Catalunya, Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica, Barcelona.
- Samaniego, P., Monzier, M., & Beate, B. (2006). Guagua Pichincha volcano Holocene and Late Pleistocene activity. . *Fourth Conference Cities on Volcanoes*, (pág. 15). Quito.
- Spikings, R., Winkler, W., Hughes, R., & Handler, R. (2005). Thermochronology of allochthonous terranes in Ecuador: Unravelling the accretionary and post-accretionary history of the Northern Andes. *Tectonophysics*, 195-220.
- Suaréz, J. (2009). Análisis de Estabilidad. En J. Suárez, *Deslizamientos: Análisis Geotécnico*: (Vol. II, págs. 17-18, 127-129, 528-529,). Bucaramanga, Colombia. Obtenido de www.erosion.com.co
- UNISDR. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Geneva: United Nations International Strategy for Disaster Reduction.

- Valenzuela, P. (2005). *Aplicación del Modelo Hídrico Swat 9.2 para el análisis del impacto de la deforestación y del avance de la frontera agrícola en la producción y almacenamiento del recurso agua en las partes alta y media de la Subcuenca del Río San Pedro*. Sangolquí: Investigación previa a la obtención del título de Ingeniera Geógrafa y del Medio Ambiente .
- Ventayol, A., & Fernández, C. (s.f.). Medida de la energía del ensayo SPT. Correcciones a aplicar. *Geotecnia*, 52-54.
- Villagómez, D. (2003). *Evaluación Geológica Plio-Cuaternaria del Valle Interandino Central En Ecuador (Zona de Quito-Guayllabamba-San Antonio)*. Escuela Politécnica Nacional. Quito: Unpublished.
- Winkler, W., Villagómez, D., Spikings, R., Abegglen, P., Tobler, S., & Egüez, A. (2005). The Chota basin and its significance for the inception and tectonic setting of the inter-Andean depression in Ecuador. *South American Earth Sciences*, 5-19.
- Zapata, C., Acevedo, A. B., & Prieto, J. (2018). *Earthquake Induced Landslides hazard in Quito, Ecuador*. Medellín: Universidad EAFIT .

ANEXOS

ANEXO I Mapa de ubicación de datos (muestras, columnas, perfiles de ladera)

UBICACIÓN DE DATOS USADOS EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES



ANEXO II Ficha de evaluación de vulnerabilidad física de edificaciones

FICHA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD FÍSICA DE EDIFICACIONES																
Barrio:									Responsable							
Fecha:									Administración Zonal							
Lotes No.																
Número de Personas.																
1	Sistema estructural	Hormigón armado														
		Estructura de pared portante														
		Estructura metálica														
		Estructura de madera														
		Estructura de caña														
		Estructura de mampostería simple														
		Mixta pared portante/hormigón armado														
		Mixta madera/hormigón														
2	Tipo de material en paredes	Mixta metálica/hormigón														
		Ladrillo														
		Bloque														
		Piedra														
		Adobe														
3	Tipo de cubierta	Tapial/bahareque/madera														
		Cubierta metálica														
		Losa de hormigón armado														
		Vigas de madera y zinc														
		Caña y zinc														
4	Sistemas de entrepisos	Vigas de madera y teja														
		Losa de hormigón armado														
		Vigas y entramado de madera														
		Entramado madera /caña														
5	Número de Pisos	Entramado metálico														
		Entramado hormigón /metálico														
		1 piso														
		2 pisos														
		3 pisos														
6	Año de construcción	4 pisos														
		5 pisos o mas														
7	Estado de conservación	Ninguna														
		Fisuras/Grietas verticales														
		Fisuras/Grietas 45°														
		Fisuras/Grietas en forma de cruz														
		Deflexiones														
		Problemas de humedad														
		Sin enlucidos														
		Porosidad, problemas en el hormigón														
		Acero de refuerzo expuesto														
		Desprendimientos de pintura anticorrosiva en elementos metálicos														
		Apollillamiento de elementos de madera														
8	Características del suelo bajo la edificación	Cubierta presionada empíricamente.														
		Roca														
		Suelos compactos														
		Suelos no compactos														
9	Irregularidades en planta y ejes verticales	Suelos blandos														
		Tiene retrocesos excesivos en esquinas														
		Discontinuidad en el sistema de piso														
		Ejes estructurales no paralelos														
		Desplazamientos de los planos de acción de elementos verticales														
10	Patologías Estructurales	Concentración de elementos portantes.														
		Columna Corta														
		Piso Blando														
		No Coincide con otra edificación														
		Edificación de esquina														
11	Exposición	Edificación intermedia														
		Alturas libres de los pisos coinciden (entre edificación colindante)														
		Alturas libres de los pisos no coinciden (entre edificación colindante)														
			sobre	bajo	sobre	bajo	sobre	bajo	sobre	bajo	sobre	bajo	sobre	bajo	sobre	bajo
Ubicación de la edificación respecto al talud																
Distancia de la edificación al talud																
Altura del talud																
OBSERVACIONES:																

ANEXO III Información detallada de perfiles topográficos por lote

UBICACIÓN PERFIL	ALTURA (M)	LONGITUD (M)	PENDIENTE (°)
lote 1	2.5	20.059	7.104
lote 2	2.5	19.824	7.188
lote 3	2.5	19.692	7.235
lote 4	3	19.486	8.752
lote 5	2.5	19.698	7.233
lote 6	2.5	20.487	6.957
lote 7	3	21.180	8.062
lote 8	2.8	21.159	7.538
lote 9	3.2	20.645	8.811
lote 10	3.1	20.145	8.748
lote 11	3	19.605	8.700
lote 12	3.8	19.067	11.271
lote 13	5	18.699	14.970
lote 14	5	18.640	15.015
lote 15	3	19.588	8.707
lote 16	3	20.141	8.472
lote 17	3	20.252	8.426
lote 18	2.2	20.372	6.164
lote 19	3	20.161	8.464
lote 20	3	20.047	8.511
lote 21	3	23.240	7.356
lote 22	2.5	23.016	6.199
lote 23	2.5	21.546	6.619
lote 24	2.2	8.527	14.467
lote 25	5	9.106	28.771
lote 26	3	9.004	18.426
lote 27	3.5	21.075	9.429
lote 28	4	21.070	10.750
lote 29	3	21.235	8.041
lote 30	3	21.440	7.966
lote 31	3.5	10.741	18.048
lote 32	3	10.126	16.502
lote 33	1.3	10.194	7.268
lote 34	6	10.461	29.837
lote 35	1.4	9.954	8.006
lote 36	3.5	10.036	19.227
lote 37	3	11.524	14.592
lote 38	3	10.623	15.770
lote 39	5	19.459	14.410
lote 40	0.7	9.565	4.186
lote 41	1	9.007	6.335
lote 42	3.5	18.486	10.721
lote 43	4	20.172	11.216
lote 44	4	19.616	11.525
lote 45	4	19.550	11.563
lote 46	4	18.788	12.019
lote 47	3	20.277	8.416
lote 48	5	19.998	14.038
lote 49	3.5	19.609	10.120
lote 50	5	18.785	14.905
lote 51	5	18.665	14.997

lote 52	6	18.490	17.979
lote 53	4	20.110	11.249
lote 54	4	19.991	11.315
lote 55	4.5	19.494	12.999
lote 56	3.5	18.889	10.497
lote 57	5	20.272	13.855
lote 58	5	18.829	14.871
lote 59	4	21.271	10.650
lote 60	4	17.102	13.164
lote 61	5	17.580	15.876
lote 62	4	18.127	12.443
lote 63	3	18.737	9.097
lote 64	3	19.268	8.850
lote 65	3	19.764	8.631
lote 66	2.5	19.959	7.139
lote 67	2	19.754	5.781
lote 68	2.5	18.923	7.526
lote 69	4	20.207	11.197
lote 70	5	20.125	13.953
lote 71	5	20.058	13.997
lote 72	4	20.212	11.194
lote 73	5	20.406	13.768
lote 74	5	20.546	13.677
lote 75	5	20.630	13.624
lote 76	5	23.439	12.042
lote 77	10	18.416	28.503
lote 78	6	14.441	22.561
lote 79	10	20.780	25.698
lote 80	5	18.866	14.844
lote 81	7	18.331	20.900
lote 82	6	18.615	17.866
lote 83	7	18.914	20.309
lote 84	6	19.070	17.465
lote 85	6	19.146	17.400
lote 86	6	21.003	15.943
lote 87	3.5	19.208	10.327
lote 88	6	19.888	16.788
lote 89	6	19.110	17.431
lote 90	7	18.992	20.233
lote 91	6	18.798	17.702
lote 92	7	19.266	19.968
lote 93	6	20.461	16.343
lote 94	5	19.262	14.552
lote 95	5	19.144	14.638
lote 96	4	19.383	11.660
lote 97	5.5	19.062	16.095
lote 98	5	19.202	14.595
lote 99	7	19.945	19.339
lote 100	8	18.548	23.331
lote 101	8	15.568	27.198
lote 102	5.5	11.664	25.245
lote 103	10	23.759	22.826
lote 104	7	20.525	18.831
lote 105	7	16.951	22.438
lote 106	4	12.598	17.615
lote 107	6	18.078	18.361
lote 108	8	20.259	21.549

lote 109	7	20.335	18.995
lote 110	6.5	20.221	17.820
lote 111	12	25.471	25.226
lote 112	14	26.077	28.230
lote 113	12	24.915	25.717
lote 114	12.2	25.003	26.009
lote 115	12	25.055	25.592
lote 116	12	25.727	25.006
lote 117	12	25.556	25.153
lote 118	12	25.077	25.572
lote 119	12	24.677	25.933
lote 120	12	26.742	24.167
lote 121	12	28.979	22.494
lote 122	16	26.671	30.959
lote 123	16	25.781	31.825
lote 124	16	25.603	32.002
lote 125	14	28.641	26.050
lote 126	12	25.017	25.626
lote 127	12	25.216	25.450
lote 128	12	25.198	25.465
lote 129	12	25.366	25.318
lote 130	14	28.365	26.269
lote 131	12	25.121	25.534
lote 132	12	27.727	23.403
Área Comunal (lote133)	5	19.124	14.652

ANEXO IV. Tabla de resultados del Análisis de Amenaza, Vulnerabilidad Física y Riesgo-Exposición

LOTE	ÁREA	PROPIETARIO	FS (ps)	FS NORMALIZADO	VULNERABILIDAD FÍSICA	VULNERABILIDAD FÍSICA NORMALIZADA	NÚMERO DE PERSONAS	NÚMERO DE PERSONAS NORMALIZADO	RIESGO EXPOSICIÓN	VALORACIÓN RIESGO EXPOSICIÓN	NIVEL DE RIESGO EXPOSICIÓN
1	174.42	OBANDO MOROCHO CLEMENTINA SILVIA	2.3	0.692307692	31.4	0.823871907	5	0.75	0.428	1	Bajo
2	197.80	CORO PUCULPALA MARIA MARTHA	2.4	0.730769231	27.8	0.876273654	9	0.5	0.320	2	Moderado
3	195.76	CORO PUCULPALA MARIA MARTHA	2.3	0.692307692	27.4	0.88209607	5	0.75	0.458	1	Bajo
4	195.08	CACUANGO MUÑOZ CESAR AGUSTO	2.2		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
5	198.02	CACUANGO MUÑOZ ESTELA DEL ROSARIO	2.2	0.653846154	27.4	0.88937409	6	0.6875	0.400	1	Bajo
6	194.83	VIRACOA CUSHICONDOR LORENA PATRICA	2.2	0.653846154	27.4	0.88209607	8	0.5625	0.324	2	Moderado
7	211.27	CARAGUAY CUENCA BENJAMIN LIDER	2.7	0.846153846	27.4	0.88209607	6	0.6875	0.513	1	Bajo
8	211.82	MIRANDA VELA DARWIN JULIAN	2.2		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
9	212.20	GUNZA SATAN SEGUNDO ANTONIO	2.1	0.615384615	32.1	0.813682678	3	0.875	0.438	1	Bajo
10	205.07	MIÑARCAJA ASODOVAY AURELIO	2.2	0.653846154	32.1	0.813682678	7	0.625	0.333	2	Moderado
11	241.54	PASPUEL CACHINDIO ANGEL IVAN	2.3	0.692307692	62.8	0.366812227	4	0.8125	0.206	2	Moderado
12	203.05	PILLA TIBANQUIZA HOLGER TELMO	2.1		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
13	197.95	SOLEDISOA DONOSO JAVIER GUILLERMO	1.8		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
14	180.14	ENCARNACION BALCAZAR YINSON RENE	2	0.576923077	32.1	0.813682678	6	0.6875	0.323	2	Moderado
15	191.24	MORALES LARA CARMELA	2.2	0.653846154	27.4	0.88209607	8	0.5625	0.324	2	Moderado
16	199.02	MEDINA ROBLES MARIA MONFILIA	2.2		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
17	207.34	MORALES LARA MARIA TERESA	2.2	0.653846154	22.9	0.947598253	11	0.375	0.232	2	Moderado
18	202.40	SANCHEZ TITUANA LUIS FERNANDO	2.3		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
19	203.51	ORTIZ VERGARA JOSE LUIS	2.4	0.730769231	23.6	0.937409025	4	0.8125	0.557	1	Bajo
20	208.84	INGA TOALOMBO MAYRA MARCELA	2.2	0.653846154	19.3	1	4	0.8125	0.531	1	Bajo
21	212.74	CLEMENCIA LOOR	2.1	0.615384615	40.8	0.687045124	8	0.5625	0.238	2	Moderado
22	220.46	LAPO LALANGUI LUIS FERNANDO	2.1	0.615384615	25.6	0.908296943	4	0.8125	0.454	1	Bajo
23	249.24	LAPO VACA JORGE HUMBERTO	2.3	0.692307692	28.8	0.861717613	9	0.5	0.298	2	Moderado
24	256.53	SANTA CRUZ PULIDO RITA ALBA	2.6		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
25	267.95	ACUÑA CAISAGUANO FREDDY GEOVANNY	2.5	0.769230769	54.8	0.483260553	17	0	0.000	3	Alto
26	260.94	ACUÑA CAISAGUANO GINA SORAYA	2.6		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
27	192.64	NARVAEZ GARRETO HERNAN POLIBIO	2.2	0.653846154	40.4	0.69286754	2	0.9375	0.425	1	Bajo
28	209.87	RAMOS RAMOS EDWIN DANILO	2.3	0.692307692	40.8	0.687045124	4	0.8125	0.386	1	Bajo
29	210.36	VILCACUNGO REINOSO VICTOR PATRICIO	2.1		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
30	194.72	BORIA GARCIA CARLOS ABDON	2.2		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
31	187.08	CALLE PAOLA	2.6	0.807692308	32.8	0.80349345	4	0.8125	0.527	1	Bajo
32	191.77	CALLE ARMIJOS LUPO RAMIRO	2.9	0.923076923	50.9	0.540029112	3	0.875	0.436	1	Bajo
33	189.10	PALACIOS SANDRA	2.9	0.923076923	74	0.203784571	1	1	0.188	2	Moderado
34	189.17	CAISAGUANO QUISHPE MARIA ESPIRITU	2.4		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
35	188.52	CORDONEZ VASCONEZ MELIDA LUZMILA	3.1	1	54.8	0.483260553	6	0.6875	0.332	2	Moderado
36	191.39	REYES SALINAS JOSE MIGUEL	2.7	0.846153846	24.8	0.919941776	8	0.5625	0.438	1	Bajo
37	191.31	CALLE ARMIJOS JUAN BAUTISTA	2.5	0.769230769	32.8	0.80349345	3	0.875	0.541	1	Bajo
38	195.51	ELIZALDE CAMPOVERDE SANTOS FLAVIO	2.6	0.807692308	25.6	0.908296943	6	0.6875	0.504	1	Bajo

39	193.90	SARENAGUA JUAN DE DIOS	1.7				0				0					0		Sin Riesgo-Exposición
40	187.21	PLUA PILISAGUA FELIX MARTIN	3				0				0					0		Sin Riesgo-Exposición
41	179.63	ROJA PATRICIA	2.9				0				0					0		Sin Riesgo-Exposición
42	186.65	YADASELA CANDO MARTHA CECILIA	2.1				0				0					0		Sin Riesgo-Exposición
43	216.18	RAMIREZ JORGE GUILLERMO	2	0.576923077			54.8	0.483260553			5	0.75	0.209			2	Moderado	
44	195.16	CHANGO TACO ESTER	2.1	0.615384615			37.2	0.73944687			5	0.75	0.341			2	Moderado	
45	193.89	BETANCOUR CAILAMAR GUADALUPE LUCRECIA	2	0.576923077			22.9	0.947598253			2	0.9375	0.513			1	Bajo	
46	186.30	LOOR TORRES CLEMENCIA YOLANDA	2.2	0.653846154			41.9	0.671033479			4	0.8125	0.356			1	Bajo	
47	202.54	CAMPOVERDE GOMEZ MARIA ISABEL	2	0.576923077			50.9	0.540029112			4	0.8125	0.253			2	Moderado	
48	197.53	RAMOS ELIO	1.8	0.5			74.8	0.192139738			8	0.5625	0.054			3	Alto	
49	197.13	CAMPOVERDE BALCAZAR JUAN CARLOS	2.1	0.615384615			37.2	0.73944687			8	0.5625	0.256			2	Moderado	
50	188.37	VAZCONES PARRA EVA	1.8				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
51	186.01	MORALES LARA JOSEFINA MARIA	2.3	0.692307692			54.8	0.483260553			6	0.6875	0.230			2	Moderado	
52	182.87	SEIS SAGÑAY FEDERICO	2				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
53	200.83	FUERTES CHAUCUALAN IRALDA DEL CARMEN	2.1	0.615384615			46.4	0.605531295			7	0.625	0.233			2	Moderado	
54	202.21	AZOGES CAISA SEGUNDO MANUEL	2.2	0.653846154			36.1	0.755458515			5	0.75	0.370			1	Bajo	
55	204.47	MINTA GUASHA EDGAR NEPTALI	2.2				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
56	172.69	PAZMIÑO SAA JAIME OSWALDO	2.3				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
57	278.86	HICAIZA CHANGO MARCO PATRICIO	1.6	0.423076923			74.4	0.197962154			9	0.5	0.042			3	Alto	
58	189.00	PUIALES GUANOCUNGA JUAN MANUEL	1.8				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
59	213.92	AZOGUE LUIS ALFREDO	2.3	0.692307692			69.6	0.267831115			3	0.875	0.162			3	Alto	
60	171.03	JUEGOS INFANTILES	2.3				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
61	221.92	RODRIGUEZ VARGAS FRANCISCO JORGE	2	0.576923077			62	0.37845706			4	0.8125	0.177			3	Alto	
62	181.56	GUNSHA SATAN RICHAH LEONARDO	2.4	0.730769231			59.4	0.416302766			2	0.9375	0.285			2	Moderado	
63	186.27	SATAN SAAN MARIA DELFINA	2.6	0.807692308			59.4	0.416302766			2	0.9375	0.315			2	Moderado	
64	193.74	CANDO PINDUISACA SUSANA	2.3	0.692307692			70	0.262008734			8	0.5625	0.102			3	Alto	
65	194.94	INTRIAGO WASHINGTON	2.7	0.846153846			74.8	0.192139738			11	0.375	0.061			3	Alto	
66	200.58	VERDUGA RODRIGUEZ PACO DANILO	2.7	0.846153846			63.3	0.359534207			4	0.8125	0.247			2	Moderado	
67	196.93	YAGUACHI TANDAZO PAULINA FAUTISNA	2.6				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
68	255.43	YAGUACHI TANDAZO PAULINA FAUTISNA	2.2				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
69	195.76	CUENCA MEDINA GLORIA ESMERALDA	1.9				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
70	201.19	CUENCA MEDINA VICTOR ALNGEL	1.8				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
71	200.86	QUILCA DIAZ LUZ EULALIA	1.8				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
72	201.63	PEREZ GUNISHA DAVID ALFONZO	1.9	0.538461538			54.8	0.483260553			4	0.8125	0.211			2	Moderado	
73	205.48	ALLAUCA AZOGUES AMBIOSE SAMUEL	1.8	0.5			58.8	0.425036339			8	0.5625	0.120			3	Alto	
74	205.90	ZAMORA PALMA LAURA DOLORES	1.8	0.5			76.8	0.163027656			3	0.875	0.071			3	Alto	
75	196.55	JIMENEZ BALCAZAR JOSE GEOVANNY	1.8				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
76	218.78	VARGAS CHILUISA JORGE IVAN	1.8				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
77	214.02	CAJAMA ROLDAN MILTON ROBERTO	1.3				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
78	220.27	CAJAMARCA QUISHPE CARMEL AMELIA	1.9	0.538461538			78.4	0.139737991			16	0.0625	0.005			3	Alto	
79	208.84	GUAMAN SECIN ROSA MARIA	1.5				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	
80	187.99	CHANCUSIG IZA SEGUNDO NESTOR	1.4	0.346153846			59.4	0.416302766			5	0.75	0.108			3	Alto	
81	176.44	LARRERA FRANCO IDALIA ELISABETH	1.7				0				0					0	Sin Riesgo-Exposición	

82	186.34	TOAPANTE ROSA ISABEL	1.6				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
83	189.12	SANGUCHO TAMAYO LUIS ALBERTO	1.8				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
84	189.11	SOTO VELEZ JUAN	1.9				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
85	194.03	SOTO VELEZ HOMERO/DAQUI HERRERA GLORIA ALICIA	1.8				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
86	194.86	TONATO PALOMO LUIS RODRIGO	1.9	0.538461538			46.8			0.599708879	8	0.5625	0.182				2		Moderado
87	195.61	LAPO ANGEL	1.7	0.461538462			58			0.436681223	5	0.75	0.151				3		Alto
88	190.63	RIOS DORIA	2.3	0.692307692			62.8			0.366812227	4	0.8125	0.206				2		Moderado
89	191.31	MAZA SARANGO HILDA	1.4	0.346153846			69.6			0.26783115	5	0.75	0.070				3		Alto
90	189.38	TERAN RAMOS ZOILA ROSA	1				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
91	190.72	SATAN BLANCA SUSANA	1.4	0.346153846			42.8			0.657933042	4	0.8125	0.185				2		Moderado
92	188.92	VILLAMAR SANCHEZ GABRIEL MARINO	1.1	0.230769231			50.8			0.541484716	9	0.5	0.062				3		Alto
93	190.67	PATIÑO MARIA SUSANA	2	0.576923077			69.6			0.26783115	10	0.4375	0.068				3		Alto
94	194.12	MEDINA ROBLES GILBER FRANCISCO	2	0.576923077			33.2			0.797671033	4	0.8125	0.374				1		Bajo
95	188.03	VALLADOLID VACA DIEGO PATRICIO	1.9				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
96	191.15	CHIQUITO MARCELO	1.9	0.538461538			54			0.494905386	1	1	0.266				2		Moderado
97	191.25	CHIQUITO RONQUILLO MARIA	1.9	0.538461538			50.9			0.540029112	2	0.9375	0.273				2		Moderado
98	181.55	MARCILLO DELGADO MARIANA DE JESUS	1.8				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
99	183.91	CAMPOVERDE GRANDA JORGE DARWIN	1.7				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
100	187.27	BRUNES TORRES GALO LEONEL	1.5				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
101	204.97	MEDINA ROBLES BASILIO MANUEL	1.6	0.423076923			62			0.37845706	9	0.5	0.080				3		Alto
102	216.04	CALDERON MEDINA BELARMINO NONIVES	0.9	0.153846154			54.8			0.483260553	14	0.1875	0.014				3		Alto
103	216.94	CAÑAR AGUILA HOLMER JULIAN	1.3				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
104	205.05	SATO COFRE MARIA EDELMIRA	1	0.192307692			40			0.698689956	11	0.375	0.050				3		Alto
105	204.57	HERRERA PASPUEL FLOR ALBA	1.7				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
106	279.18	POVEDA JULIO JAVIER	2.4				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
107	193.25	MEDINA ROBLES MARINA OLINDA	1.6	0.423076923			77.9			0.147016012	4	0.8125	0.051				3		Alto
108	193.75	AYOL CORO VICTOR DANIEL	0.5	0			72.8			0.22125182	6	0.6875	0.000				3		Alto
109	216.46	GUNZA SATAN MARCO PATRICIO	1.4	0.346153846			76			0.174672489	11	0.375	0.023				3		Alto
110	193.57	QUISHPE GUAÑA MARIA GLADIS	0.8	0.115384615			54			0.494905386	5	0.75	0.043				3		Alto
111	250.06	ESTUARDO ORTIZ	1.1				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
112	250.06	PALOMO PALAMO MARIA ELVIRA	1				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
113	250.06	PALOMO PALAMO MARIA ELVIRA	1.1				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
114	250.06	PEREZ INGA FABIAN ALFONZO	1.4	0.346153846			66			0.320232897	4	0.8125	0.090				3		Alto
115	250.06	DE LA TORRE CAMUENDO MARIA ROSA	1.3				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
116	250.06	GUAMBA INGA ALEX DAVID	1.1	0.230769231			88			0	5	0.75	0.000				3		Alto
117	250.06	GUAMBA GERARDO RICARDO	1.2				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
118	249.80	GUAMBA ANSELMO	1.1				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
119	249.79	TONATO CARLOS	1.2	0.269230769			82.9			0.074235808	5	0.75	0.015				3		Alto
120	250.05	CATAÑEDA PADILLA LUZ MARIA	1.3				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
121	250.10	PALOMO PALAMO MARIA ROSA	1	0.192307692			82.9			0.074235808	3	0.875	0.012				3		Alto
122	316.48	TITUANA PEREZ LUIS	1				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
123	250.50	GUZHNAVY TOAQUIZA SARA ELIZABETH	0.9				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición
124	250.13	GUZHNAVY TOAQUIZA SARA ELIZABETH	1				0				0						0		Sin Riesgo-Exposición

125	250.05	GUNZA SATAN SEGUNDO ANTONIO	1	0.192307692	80	0.116448326	3	0.875	0.020	3	Alto
126	250.05	HERRERA INAFUCHA VICORIA	1.2	0.269230769	71.2	0.244541485	3	0.875	0.058	3	Alto
127	250.05	CHANCUSIG CAJAS VICENTE	1.1		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
128	250.09	ANDRADE VASCONEZ WILSON RAMIRO	1.1		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
129	250.12	ACARO CAMPOVERDE VICENTA DEL ROSARIO	1.3	0.307692308	71.2	0.244541485	4	0.8125	0.061	3	Alto
130	250.09	VELA CHICAIZA MARIA ELENA	1.2	0.269230769	74.8	0.192139738	7	0.625	0.032	3	Alto
131	250.09	ORTIZ EDUARDO	1.1		0		0			0	Sin Riesgo-Exposición
132	264.26	MEDINA ROBLES RAMON ALEJANDRO	1.3	0.307692308	71	0.247452693	9	0.5	0.038	3	Alto
133	383.88	AREA COMUNAL	1.9	0.538461538	42.8	0.657933042	1	1	0.354	1	Bajo

