



**MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO
EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE LOGÍSTICA PARA LA SEGURIDAD Y
CONVIVENCIA CIUDADANA (EMSEGURIDAD)**

CONTRATO: 11-SC-2016

**ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INTEGRAL DEL
RIESGO EN EL SECTOR LADERAS DE SAN FRANCISCO DE
LA PARROQUIA CALDERÓN, DISTRITO METROPOLITANO
DE QUITO**

RESUMEN EJECUTIVO

CONSULTOR:

Ing. Marco Rivera

EQUIPO TÉCNICO DE REALIZACIÓN:

Ing. Marco Rivera, Director del Proyecto

Ing. Aníbal Salazar Albán, Consultor

Ing. Armando Carvajal, Consultor,

Biol. Mónica Arellano

Ing. Francisco Yépez

Soc. Jaime Arévalo

Ing. Bernardo Álvarez, Consultor

PHD. Remigio Galarraga, Consultor

MSc. Dennis Salazar, Consultor

CARTOTECNIA S. A., Restitución aerofotogramétrica

Julio -2017

ÍNDICE

Presentación

Acrónimos

TÍTULO	Pag
Capítulo I: Introducción	01
Capítulo II: Análisis y validación de la información disponible	03
Capítulo III: Metodología y cronograma específicos para el desarrollo de las fases de trabajo de la Consultoría	04
Capítulo IV: Geología Regional y Local	06
Capítulo V: Climatología e Hidrogeología	10
Capítulo VI: Estudio Ambiental	13
Capítulo VII: Identificación y análisis general de las amenazas naturales y antrópicas de la zona de estudio	15
Capítulo VIII: Zonificación de la amenaza – susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos	21
Capítulo IX: Geotecnia	24
Capítulo X: Evaluación de las Vulnerabilidades	27
Capítulo XI: Análisis del Riesgo por Inestabilidad de Terrenos	31
Capítulo XII: Medidas para la Reducción del Riesgo	34
Capítulo XIII: Análisis Costo – Beneficio de las medidas de Reducción del Riesgo	36
Capítulo XIV: Monitoreo de Zonas Inestables y Programa de Intervención Social	38
Capítulo XV: Geodatabase con la Información de la Cartográfica obtenida	40
Capítulo XVI: Conclusiones y Recomendaciones	41

PRESENTACIÓN

La zona conocida como Laderas de San Francisco dentro la parroquia Calderón del Distrito Metropolitano de Quito, está expuesta al impacto generado por múltiples amenazas. Datos históricos evidencian importantes eventos originados por condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrometeorológicas, entre otras fuentes.

En la zona han ocurrido varios eventos tales como: derrumbes, deslizamientos, caída de bloques, que producen pérdida física de terrenos y pone en peligro a las viviendas, población e infraestructura existente.

Con las lluvias de los últimos años se reactivaron varios deslizamientos ubicados en la zona, afectando las vías de comunicación y numerosas viviendas; es así como, el 26 de enero de 2016, el Dr. Mauricio Rodas E. Alcalde del Distrito Metropolitano de Quito, suscribió la Resolución de Declaratoria de Emergencia No. 001, sustentado en los artículos 60, literal p), y 90 literal p) del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Según lo estipulado en el Artículo 1 de esta resolución se declara “la emergencia al sector Laderas de San Francisco en la parroquia Calderón del Distrito Metropolitano de Quito...” a consecuencia de las intensas precipitaciones ocurridas en el DMQ.

La presente Consultoría está enfocada a la prestación de Servicios Profesionales para realizar el “Estudio, Análisis y Evaluación Integral del Riesgo en el Sector Laderas de San Francisco de la Parroquia Calderón, Distrito Metropolitano de Quito” cuya superficie aproximada asciende a 315 hectáreas, con la finalidad de contar con una herramienta que permita llevar a cabo la Planificación y Desarrollo del Territorio y proponer estrategias y medidas tanto preventivas como de reducción del riesgo en el corto, mediano y largo plazo.

Ing. Marco Rivera
Consultor

ACRÓNIMOS

AVC

Análisis de Vulnerabilidades y Capacidades

COOTAD

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

DMQ

Distrito Metropolitano de Quito

DMGR

Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos

EIA

Estudio de Impacto Ambiental

EMS

Escala Macrosísmica Europea

EP EMSEGURIDAD

Empresa Pública Metropolitana de Logística para La Seguridad y Convivencia Ciudadana

Fm.

Formación. Para referirse a Formaciones Geológicas

FRM

Fenómenos de Remoción en Masa, Terrenos Inestables, Movimientos de terrenos en masa

Fs.

Factor de Seguridad

GPS

Sistema de Posición Global

IG-EPN

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

IGM

Instituto Geográfico Militar

INAMHI

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INIGEMM

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico

MAE

Ministerio del Ambiente

MDMQ

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito

QFS

Sistema de Fallas de Quito

SAT

Sistema de Alerta Temprana

SENPLADES

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo

SHP

Shape File. Formato de archivo informático de ESRI

.shp

Archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos

SIG

Sistema de Información Geográfica

SPT

Ensayos de Penetración Estándar

SUCS

Clasificación Unificada de Suelos

TDR's

Términos de Referencia

TULAS

Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria

UNISDR

United Nations International Strategy for Disaster Reduction

USLE

Universal soil loss Equation

UTM

Universal Transverse Mercator. Sistema de Coordenadas

TMQ

Transverse Mercator Modificada Quito

VI

Valle Interandino

WGS 84

World Geodetic System 84

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Por su ubicación geográfica el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se halla expuesto a varias amenazas de origen geológico e hidrometeorológico como son caídas de ceniza, sismos, lluvias intensas (que generan inundaciones y flujos de lodo); y movimientos de terrenos inestables, mismas que han afectado a la población y sus bienes.

La Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMGR) y la Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad (SGSG), han realizado análisis y evaluaciones cualitativas de riesgos en los barrios del sector (no regularizados y/o en proceso de regularización), calificando el riesgo como “Mitigable” o “No Mitigable”. Entre las recomendaciones efectuadas para los casos de Riesgo No Mitigable, se establece que los moradores deberían ingresar al “Plan de relocalización emergente de las familias en alto riesgo no mitigable” que brinda el MDMQ.

En el año 2014-2015 se realizó el trabajo de “Actualización de la Zonificación por Amenaza de Deslizamientos en el Distrito Metropolitano de Quito” donde se realizó el levantamiento de inestabilidades a una escala 1:25.000 y estudios semi-detallados a escala 1:10.000, en varios puntos de la ciudad. La zona de “Laderas de San Francisco” fue uno de los sitios escogidos para los estudios detallados de suelos, siendo catalogada como de Alta Amenaza por FRM (Factor de seguridad <1.0), y por lo mismo se recomendaba la prohibición de nuevas construcciones y estudios detallados en esta zona.

Mediante Resolución No. 098-EMS-DCP-2016 (06 de octubre de 2016), la EMSEGURIDAD resuelve autorizar el inicio del proceso de Consultoría Lista Corta No. CLC-EMS-001-2016 para la contratación de estudios detallados. El concurso de lista corta se inicia con fecha 06 de octubre 2016, una vez realizado el análisis de las ofertas, mediante Acta No. 05 de Calificación (08 de noviembre de 2016), la Comisión Técnica resuelve pasar a la etapa de negociación con el Ing. Marco Rivera, por haber cumplido los términos de referencia y obtener un puntaje de 93.93 puntos. Con fecha 07 de diciembre se firma el Contrato No. 11-SC-2016, para la ejecución de la Consultoría: “ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INTEGRAL DEL RIESGO EN EL SECTOR LADERAS DE SAN FRANCISCO DE LA PARROQUIA DE CALDERÓN DEL DMQ”.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar y evaluar de manera integral todos los factores que generan riesgo (amenazas naturales o antrópicas, vulnerabilidades y capacidades locales) en el sector conocido como Laderas de San Francisco de la Parroquia Calderón, a una escala adecuada, desde los enfoques geológico, social y ambiental, con el fin de proponer estrategias y medidas tanto preventivas como de reducción de riesgos en el corto, mediano y largo plazo.

Objetivos Específicos

- Evaluar a escalas adecuadas y en detalle, las amenazas y vulnerabilidades identificadas en el área de estudio.
- Definir los escenarios más probables de daños e impactos en caso de generarse un evento de magnitud considerable.
- Zonificar el riesgo por inestabilidad del terreno en el área de estudio mediante la evaluación cuantitativa de las amenazas y vulnerabilidades identificadas.
- Involucrar participativamente a la comunidad afectada por la evaluación del riesgo y brindar asesoramiento que permita su comprensión.
- Generar un sistema comunitario de alerta temprana que permita crear capacidades de respuesta en los habitantes en caso de presentarse alguna emergencia local.
- Diseñar un programa de restauración ecológica en Laderas de San Francisco para recuperar los hábitats y mantener los servicios ecosistémicos y paisajísticos del área de intervención.

1.3 ALCANCE

La consultoría pretende analizar y evaluar de manera integral el riesgo que existe en el sector Laderas de San Francisco de la Parroquia Calderón ante posibles eventos relacionados con la inestabilidad del terreno donde están ubicados. Se realizarán estudios, levantamiento de información y cartografía temática a escala 1:2.500 sobre una superficie aproximada de 315 hectáreas para efectuar reconocimientos generales de la zona de estudio.

Con estos insumos, se deberá presentar una propuesta de medidas estructurales (obras) y no estructurales (acciones, protocolos, procedimientos, planes) para reducir el riesgo en este sector y crear capacidades de respuesta en caso de generarse una emergencia local. También se presentará un análisis Costo-Beneficio de las propuestas de mitigación.

1.4 PRODUCTOS ESPERADOS

Producto 1. Generalidades de la Zona de Estudio

Producto 2. Caracterización y Evaluación de Amenazas, Vulnerabilidades y Riesgo

Producto 3. Medidas y Acciones para la Reducción del Riesgo por Inestabilidad del Terreno y Rehabilitación Ambiental

Producto 4. Informe Final

CAPÍTULO II: SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN ANALIZADA REFERENTE A LOS ESTUDIOS PREVIOS DISPONIBLES

2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la realización de la Consultoría en cumplimiento al Contrato y los Términos de Referencia se procedió a la recopilación de la información Técnica existente, tanto en el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, como en otras Instituciones del Conocimiento, mismas que constituyen las Fuentes de Información Técnica como base para la ejecución de los estudios.

2.2 ANÁLISIS, VALIDACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Con toda la información recopilada y contrastada se procedió a validarla, permitiendo iniciar los estudios de consultoría en los diferentes temas de acuerdo a la especialidad de los consultores.

La Validación de la información recopilada es la resultante del análisis y contenido de los documentos existentes, clasificándoles en Documentos Base, Documentos de Referencia y Documentos de Consulta.

2.3 SÍNTESIS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA

El objetivo fue realizar la captura 3D de los elementos cartográficos del área de estudio, mediante el software (Summit Evolution), procesado en formato Microstation y obtener la topografía de aproximadamente 315 hectáreas mediante la restitución aerofotogramétrica, utilizando tres fotos tomadas con una cámara Z/I DMC de focal 120 mm.

El proceso de restitución consistió en extraer los elementos cartográficos por medio de fotografías aéreas y modelos aerotriangulados, los cuales permitieron geo-referenciar con exactitud la información capturada, apoyados en la técnica de visión estereoscópica. El Modelo Digital a escala 1:2.500 fue elaborado sobre la base de la restitución aerofotogramétrica realizada.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y CRONOGRAMA ESPECÍFICOS PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE LA CONSULTORÍA

3.1 PRIMERA FASE: IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS Y VULNERABILIDADES

Planificación

Comprende el desarrollo de las siguientes actividades:

- Elaborar un cronograma detallado de actividades.
- Validar con los funcionarios del MDMQ la metodología y cronograma de ejecución.
- Recopilar, analizar y validar la información disponible.
- Realizar el taller de arranque del proyecto.
- Realizar un reconocimiento de campo inicial.
- Socializar el proyecto con la población asentada en la zona de estudio.
- Realizar la restitución aerofotogramétrica de 315 hectáreas a escala 1:2.500
- Elaborar el modelo digital del terreno.
- Realizar la Fotointerpretación de las fotografías aéreas disponibles de la zona.

Caracterización de la Amenaza - susceptibilidad por FRM

- Fotogeología, identificar las zonas de escarpes, erosión, litologías predominantes, etc.
- Digitalizar la interpretación de fotogeología.
- Revisar y actualizar los estudios hidrológicos disponibles.
- Realizar el análisis hidrogeológico (infiltración, escorrentía superficial y variación de niveles freáticos causados por precipitaciones máximas).
- Caracterizar el uso del suelo con las fotografías aéreas y levantamiento de campo.
- Realizar el levantamiento geológico en la zona de estudio
- Realizar el inventario de los Movimientos de Terrenos Inestables.
- Ubicar los perfiles para los estudios de suelos.
- Toma de muestras de suelos para los ensayos de laboratorio, aplicar el programa Slide para determinar el Factor de Seguridad y las condiciones de estabilidad de los taludes.
- Digitalizar la información geológica y de los FRM levantados para integrarlos en un GIS.
- Elaborar el Mapa de Susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa (FRM-deslizamientos - colapsos).
- Integrar en un Sistema de Información Geográfica (SIG) los resultados obtenidos validados y estandarizados.
- Realizar el estudio de la vulnerabilidad social.
- Ejecutar el levantamiento por muestreo de la vulnerabilidad física de la zona.
- Elaborar el programa de intervención social en la comunidad para la gestión y manejo comunitario del riesgo.
- Diseñar un sistema comunitario de alerta temprana, a fin de que la comunidad se empodere del proceso de Gestión del Riesgo.
- Evaluar los resultados preliminares del programa de intervención social en la comunidad, para la comprensión y manejo integral del riesgo.

Estudio Ambiental

- Levantamiento de la línea base ambiental en la zona
- Diagnóstico para determinar el grado de daño ambiental en la zona
- Elaborar el catálogo de las especies de animales y vegetales.
- Determinar del impacto ocasionado por la actividad humana.

3.2 SEGUNDA FASE: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE AMENAZAS, VULNERABILIDADES Y RIESGO

Análisis y Propuesta de Medidas de Intervención para Reducir el Riesgo

- Analizar la información obtenida de amenazas y vulnerabilidad, para definir las zonas críticas y que necesitan intervención inmediata.
- Elaborar la propuesta de medidas estructurales y no estructurales para la reducción del riesgo en el corto, mediano y largo plazos.
- Elaborar los escenarios de daños e impactos en caso de producirse eventos de magnitud considerable por Inestabilidad de Terrenos.

3.3 TERCERA FASE: PROPUESTA DE MEDIDAS PARA REDUCIR EL RIESGO POR INESTABILIDAD DEL TERRENO

- Realizar el análisis del “Costo-Beneficio” de las medidas de reducción del riesgo propuestas.
- Realizar el análisis de los resultados del empoderamiento de la comunidad con el Sistema de Alerta Temprana Comunitaria ante FRM.
- Llevar a cabo el Monitoreo de las principales variables ambientales para determinar si existe o no mayor deterioro del ambiente.
- Elaborar la propuesta del plan de rehabilitación ambiental en las áreas críticas.
- Llevar a cabo el taller para socializar los resultados del trabajo con la población de las zonas afectadas, con la participación de los funcionarios del MDMQ.
- Elaborar la Geodatabase con la información cartográfica obtenida durante la consultoría

Informe Final

- Elaborar el informe final (6 copias en formato físico y digital) con los resultados de las actividades de cada una de las fases de trabajo, con sus respectivas conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.
- Elaborar el Informe Ejecutivo (6 copias en formato físico y digital).

CAPÍTULO IV: GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La ciudad de Quito y específicamente la zona de estudio ubicada al norte de la misma, se encuentran sobre el Valle Interandino y tiene la influencia de las Cordilleras Occidental y Real.

El Valle Interandino es una depresión tectónica en compresión que está limitada por fallas que coinciden con los límites estructurales de ambas cordilleras (Occidental y Real) y que representan ramales de los sistemas de fallas inversas Peltetec y Pallatanga-Pujilí, respectivamente (Lavenue et al, 1995). Varias hipótesis han sido planteadas sobre la formación del Valle Interandino, como que: 1) el Valle Interandino es una cuenca de tipo “piggy back” formada entre las dos cordilleras desde el Mioceno Tardío; 2) el Valle Interandino se formó como un graben compresivo (anterior al Plioceno), como producto de un importante levantamiento de los Andes en el Mioceno.

4.2 GEOLOGÍA LOCAL

La zona de estudio en Laderas de San Francisco se halla morfológicamente dentro del Valle Interandino, en la Cuenca de Quito-Guayllabamba que tiene relleno sedimentario de edad Mioceno Tardío hasta Holoceno, con evidencias de una extensión local durante la apertura de la misma (Villagómez D, 2003). El mismo autor describe esta cuenca como depósitos volcánicos; con lavas, tobas, lahares, sedimentos aluviales, fluviales, deltaicos y lacustres de las formaciones Pisque y San Miguel. En la parte superior se ven depósitos volcánicos primarios, lahares y depósitos fluviales de las formaciones Guayllabamba, Chiche, Machángara, Mojanda y Cangahua.

Estas últimas unidades se formaron por la actividad volcánica de los centros de emisión como son: el Rucu y Guagua Pichincha, Casitahua, Pululahua y Antisana, Mojanda – Fuya, entre otros volcanes que han tenido actividad en los últimos miles de años.

La estratigrafía de la zona de estudio es la siguiente:

Formación Pisque

Se encuentra en la base de la cuenca, está formada principalmente por lavas y brechas andesíticas sobreyacidas por depósitos volcánico-clásticos, en contacto transicional (Samaniego et al, 1994) o discordante (Villagómez D, 2003). Esta formación no aflora en la zona de estudio, pero se asume que están bajo las arenas y lahares de la Fm. San Miguel (cantera San Rafael I).

Formación San Miguel (Pleistoceno – P_{SM})

La Fm. San Miguel tiene arenas y gravas depositadas en una ambiente deltaico, con aportes volcánico, que progradan al Este (Villagómez, 2003). La parte superior ha sido deformada, por movimientos gravitacionales sin-sedimentarios (Samaniego et al, 1994). Arenas y lahares de esta formación se han encontrado en los niveles inferiores de la Cantera San Rafael I; son niveles decimétricos-métricos con fallamiento sin-sedimentario al tope de las mismas, y seguramente

corresponde al miembro inferior de la Fm. San Miguel. Están cubiertos por niveles de cenizas-tobas color blanco-crema.

Formación Mojanda - Fuya Fuya

La Fm. Mojanda está caracterizada principalmente como una secuencia de piroclastos (Villagómez, 2003), intercalados con dos potentes depósitos de caídas plinianas. Los piroclastos han sido principalmente relacionados con el Complejo Volcánico Mojanda & Fuya-Fuya; el primero de composición andesítica y el segundo de carácter dacítico (Robin et al, 2009).

En la zona de estudio se observa un contacto transicional / erosivo?, de la Fm. San Miguel con los volcánicos Fuya Fuya, a la base del depósito Debris Avalancha se ven niveles de arenas-tobas volcánicas que están discordantes cubriendo la Fm. San Miguel. Sobre este nivel existen áreas de caída de ceniza volcánica con buen sorteo y niveles pómez muy ácida (color blanco y muy ricas en cuarzo-vidrio), de 0.5-1.0 m de potencia (Fuya Fuya?).

Volcánicos Indiferenciados (Pleistoceno-Holoceno? P_{vi})

Sobre los volcánicos del Mojanda-Fuya Fuya se encuentran varios depósitos periclinales de cenizas y lapillis que no están bien desarrollados en la zona del escarpe, pero en los flancos de las colinas al SE y NW de Planada de San Francisco, están claramente estratificados. No se tienen referencias de estos depósitos pero cubren una gran área de la zona de intervención.

Formación Cangahua (Holoceno – H_{cg})

La Fm. Cangahua se caracteriza como un depósito limo-arenoso de color marrón, formado de piroclastos, la mayoría retrabajados, junto con suelos volcánicos incipientes (Hall y Mothes, 2001). Presentan edades radiométricas para depósitos piroclásticos dentro de la Cangahua entre 260 ka y 10 ka. En la zona de estudio se hallan sobre los niveles de los volcánicos del Fuya Fuya, y aparentemente también cubren el deslizamiento de San Francisco, por lo que se infiere que el mismo pudo haberse desencadenado hace más de 10 ka.

Depósitos Holocénicos (H_{cg})

Al tope de la secuencia existen depósitos volcánicos asociados a las erupciones del Pululahua, (actividad concentrada entre 165 ka y 2.240 a AP; Andrade, 2002). Los niveles de pómez están entre las cenizas volcánicas primarias y retrabajadas de la misma Formación Cangahua.

También se ven colapsos-coluviones y caída de bloques asociados a la actividad del mismo deslizamiento. Cubren solo una pequeña área de estudio en las canteras activas y abandonadas.

4.3 GEOMORFOLOGÍA

La Cuenca de Quito – Guayllabamba, es una depresión tectónica de dirección N-S, tiene alrededor de 30 km de longitud y aproximadamente 5 km de ancho, morfológicamente está conformada por dos sub-cuencas: La Centro Norte y la del Sur, separadas por el río Machángara y El Panecillo.

La sub-cuenca Centro Norte, está directamente asociada a un sistema de fallas inversas, asociadas a una depositación sin-tectónica, cuya expresión morfológica es una serie de bloques o lomas alargadas en dirección N-NE, que constituyen el borde de la cuenca. Estas estructuras tectónicas

están divididas en cuatro segmentos principales desde Norte hacia el Sur: Lomas de Carcelén – Las Orquídeas, San Isidro del Inca, Monteserrín, Bellavista y Cerro Auqui – San Miguel de Collacoto.

Se han diferenciado tres unidades geomorfológicas en Laderas de San Francisco: 1) La Plataforma de Catequilla – Bellavista, 2) El Escarpe de San Francisco y 3) La Superficie del Antiguo Deslizamiento

4.4 TECTÓNICA LOCAL Y ESTRUCTURAS ASOCIADAS

El Ecuador está ubicado en el extremo nor - occidental de Sudamérica y está fuertemente influenciado por la interacción cinemática entre las placas tectónicas de Sudamérica, Nazca, Cocos y Caribe. Frente a las costas de Ecuador, entre las latitudes 1° N y 2° S, la subducción de la placa Nazca formó un slab (zona de Wadatti-Beniof) con una inclinación de 25° y un azimut de 85° (Guillier et al, 2001). Este proceso de subducción ha influido notablemente en la formación de los Andes ecuatorianos desde el Mioceno, así como de las principales zonas sismogénicas y del volcanismo durante el Neógeno y el Cuaternario (Hall & Wood, 1985).

El Sistema de Fallas de Quito (QFS)

El QFS tiene una longitud total cercana a los 60 km; morfológicamente, la zona de Quito está caracterizada por presentar sucesiones de lomas alargadas Machángara, El Batán y San Antonio (Alvarado, 2012). Se ha propuesto que estas lomas corresponden a estructuras plegadas por un sistema de fallas inversas, las que no afloran en superficie. Los planos del QFS estarían inclinándose entre el 30-45° al occidente (Alvarado, 2012).

4.5 VOLCANISMO DEL DMQ

En el área de estudio influyen directamente los volcanes Casitahua, Complejo Volcánico Pichincha, Complejo Volcánico Mojanda Fuya, y complejo Volcánico Pulumahua.

Complejo Volcánico Casitahua

El volcán Casitahua se encuentra hacia el límite Oeste de la zona de estudio, en la cuenca de San Antonio de Pichincha, es un volcán andesítico erosionado y completamente cubierto por la Cangahua; ha sido datado en $2,25 \pm 0,25$ Ma (Barberi et al, 1988), sin que existan estudios a detalle del tipo de actividad o de su historia eruptiva.

Complejo Volcánico Pichincha

El Complejo Volcánico Pichincha, ha generado lapillis-cenizas que han rellenado la cuenca de Quito-San Antonio-Guayllabamba. Las lavas más antiguas de este complejo (El Cinto y La Esperanza) tienen edades de 1,1-0,9 Ma y zonas como La Cima de la Libertad, el Panecillo, el Itchimbia y la loma de Puengasí podrían también contener lavas con características y edades similares a las lavas basales del Complejo Pichincha (Jaya, 2009).

Posteriormente se edificó el Rucu Pichincha, desarrollándose entre 850 – 150 ka en tres fases de construcción. El Guagua Pichincha se desarrolló desde hace 60 ka y está constituido por tres fases sucesivas con actividad explosiva sostenida y extrusiones de lavas viscosas, forman el edificio Toaza (4-5 km³) que presentó un colapso de flanco alrededor de los 4 ka. Posteriormente se produce el

crecimiento del domo volcánico Cristal (~1 km³), cuya actividad ha sido registrada históricamente (Robin et al, 2010).

Complejo Volcánico Mojanda Fuya-Fuya

El Edificio Mojanda (600 – 200 ka), en su parte basal está formado por un estrato-cono, el cual ha sido construido de andesitas; este edificio fue cubierto por un cono andesítico básico (Mojanda II), el cual posteriormente colapsó después de una gran erupción freato-magmática (Robín et al 2009). Sobre el flanco occidental del Mojanda I, se construyó el Fuya-Fuya, el cual al parecer fue contemporáneo con el edificio Mojanda II. La actividad del Fuya-Fuya se inició con extrusiones viscosas de lavas andesíticas ácidas y domos dacíticos, seguida de una intensa actividad piroclástica (Pacheco D, 2013).

Complejo Volcánico Pululahua

El Complejo Volcánico Pululahua se ubica al norte del área de estudio; este complejo se caracteriza por presentar una composición mayormente dacítica y se ha desarrollado en tres periodos, con una historia eruptiva que inicia en el Pleistoceno Superior y que continúa hasta el Holoceno (Andrade, 2002). El último periodo de actividad del Pululahua está marcado por la extrusión de los domos post-caldera, probablemente acompañados con eventos explosivos menores y anteriores a 840a AP (Andrade, 2002).

CAPÍTULO V: CLIMATOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

5.1 ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO

El Distrito Metropolitano de Quito, al estar ubicado en la Región Sierra, cuenta con un clima de tipo ecuatorial caracterizado por la presencia de dos épocas diferenciadas: la lluviosa y la seca (existen fases críticas de estiaje). El barrio Laderas de San Francisco se caracteriza por un clima seco con pocas lluvias (aunque pueden alcanzar altas intensidades) que producen erosión laminar y generar flujos de lodo (Funepsa, 2015).

Para el análisis de precipitaciones, humedad, escorrentía, etc.; se utilizaron las estaciones del INAMHI y de la EPMAPS de Calderón, San Antonio de Pichincha, Guayllabamba, Nayón, Rumihurco y Rumipamba.

Precipitación

Las precipitaciones máximas se dan al sur de la ciudad y van decreciendo hacia el norte, siendo su gradiente norte – sur, aproximadamente de 21mm/km, las intensidades máximas están alrededor de 43,00 mm/h, y se tienen precipitaciones en promedio 172 días/año. Se tomaron en cuenta las estaciones meteorológicas San Antonio y Calderón; que presentan valores de precipitación anual y distribución de lluvias similares.

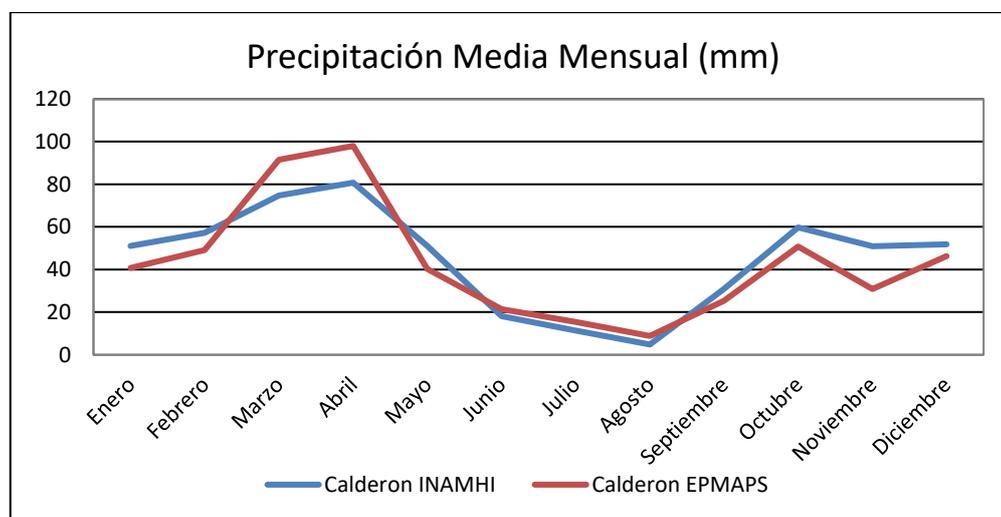


Gráfico N° 5.1. Precipitación Media Mensual (mm)

Las máximas precipitaciones mensuales medias muestran valores de 75,0 mm y 80,77 mm respectivamente en el mes de abril. La pluviosidad mínima corresponde al mes de agosto con precipitaciones mensuales de 6,42 y 4,82 mm respectivamente, mes en el cual se presentan las mayores temperaturas, lo cual es coherente con el análisis. En Laderas-Planada de San Francisco existe un bajo nivel de precipitación, incluso en los periodos considerados lluviosos, por esta razón el régimen climático en la zona de estudio se considera de tipo seco (Gráfico N° 5.1).

Por otro lado, la precipitación máxima promedio en 24 horas para la estación Calderón (P20) es de 13,76 mm. Las mayores precipitaciones diarias se han presentado en los meses de diciembre a mayo con valores entre 15,5 y 21,4 mm.

Intensidades máximas de precipitación por estación

Trabajos de la EPMAPS establecieron curvas IDF para 15 estaciones pluviométricas ubicadas en Quito, como son: Rumihurco (P03), Rumipamba (P08), Iñaquito (P09), DAC Aeropuerto (P10), Antenas (P11), Toctiuco (P12), Cumbayá (P13), El Cinto (P15), Izobamba (P16), El Tingo (P17), La Tola (P19), Calderón (P20), Chillogallo (P21), Atacazo (P23) y El Troje (P25). El área de estudio se localiza cercana a la Estación Calderón (P20), por lo cual se ha tomado para el análisis de intensidades de lluvias; obteniéndose los siguientes resultados de la lámina de precipitación máxima (en mm) para la estación Calderón, de acuerdo a diferentes tiempos de duración de lluvia en minutos obtenida de las curvas IDF (Tabla N° 5.1).

Precipitación máxima (mm)							
<i>Periodo de retorno (años)</i>							
<i>t(min)</i>	3	5	10	15	25	30	50
5	3,5	4,1	4,8	5,2	5,7	5,9	6,4
30	13,8	15,9	18,6	20,2	22,2	22,9	24,9
60	19,5	22,4	26,2	28,5	31,3	32,3	35,2
120	24,6	28,1	33,0	35,8	39,4	40,7	44,3
360	29,7	34,0	39,9	43,3	47,6	49,2	53,5
720	31,3	35,9	42,1	45,7	50,3	51,9	56,5
1440	32,3	36,9	43,3	47,0	51,7	53,4	58,1

Tabla N° 5.1. Precipitación Máxima (mm), Estación Calderón, EPMAPS
Fuente: Escobar y Zambrano, 2013; Escuela Politécnica Nacional

Intensidades máximas de precipitación del INAMHI

Se determinaron las intensidades máximas de precipitación en 24 horas; con periodos de retorno entre 2 y 100 años. Los valores de intensidad máxima (mm/h) en 24 horas de la Estación Calderón se describen en la Tabla N° 5.2.

Tr (años)	2	5	10	25	50	100
Intensidad 24 h (mm/h)	1,43	1,77	1,97	2,2	2,36	2,5

Tabla N° 5.2. Intensidad máxima en 24 horas (mm/h), Estación Calderón, INAMHI (2015)

A partir de las intensidades máximas en 24 horas se ha determinado la lámina de precipitación en la Estación Calderón (Tabla N° 5.3). Los valores de precipitación son similares, pero más altos a los valores de precipitación máxima de la Estación Calderón para un tiempo de 1.440 min (24 horas).

Tr (años)	2	5	10	25	50	100
P máx 24 h (mm)	34,32	42,48	47,28	52,8	56,64	60

Tabla N° 5.3. Lámina de precipitación máxima en 24 horas (mm), Estación Calderón, INAMHI

Temperatura

De acuerdo a los datos de la Estación San Antonio de Pichincha la temperatura media multianual es de 16°C, la temperatura varía de 15,8°C a 16,4°C, siendo los meses más calientes los de junio a septiembre, donde los valores de las mismas pueden llegar a los 23,7°C.

La humedad relativa media es del 84.5 %, la humedad relativa mínima se da en los meses de julio y agosto con valores entre 79,7% y 80,5%, lo cual mantiene la tendencia con las bajas temperaturas y menores precipitaciones; mientras que el resto de los meses se mantiene entre los 83 y 87%.

Velocidades del Viento

Las velocidades el viento varían entre 1 y 2 m/s, pudiendo alcanzar los valores de 2 y 4 m/s entre las 13h00 y las 16h00. Durante el mes de agosto los promedios diarios se incrementan y varían entre 2 y 4 m/s, pudiendo alcanzar valores entre 8 y 10 m/s desde las 13h00 hasta las 16h00; no se puede hablar de direcciones dominantes o velocidades promedio, debido a que estos parámetros meteorológicos son muy variables en Quito.

La Estación San Antonio presenta registros de máximas velocidades del viento, observándose que la velocidad media del viento en el área de estudio es del orden de 10 m/s, variando en un rango de 3 a 16 m/s. La dirección predominante del viento es hacia el NW de la estación.

5.2 ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO

Infiltración

Los ensayos de suelos han confirmado la alta porosidad de los suelos volcánicos; la mayoría de los ensayos (SUCS) caen en el rango SM – ML, con un contenido > 30-40% de arenas; lo que indica una alta permeabilidad del suelo.

Escorrentía superficial

Las aguas corren fácilmente por la superficie en la zona de LSF, pero erosionan profundamente los cauces formados y crean cárcavas de erosión sobre todo por el mal uso del agua.

En el Capítulo VII, se analiza en detalle las Amenazas Hidrometeorológicas por Erosión Hídrica, íntimamente asociada a la escorrentía superficial; se concluye finalmente que la amenaza es más intensa en las zonas donde existe intervención humana (mal uso de aguas y canteras abandonadas), en las zonas donde existe el bosque seco y zonas planas, la amenaza es baja.

Variación estacional de niveles freáticos

No existen niveles freáticos altos, toda el agua baja a más de 30 m de profundidad y no hay pozos artesianos. Referencias del Sr. Rafael Gualoto, propietario del Área Minera San Rafael I, indica que los propietarios de los terrenos de la zona eran los Padres Oblatos, que intentaron hacer un pozo para extraer agua en la zona de Planada de San Francisco, pero se encontraron con roca (estos trabajos se hicieron hace más de 50 años). Esto es una clara evidencia de que no existen aguas subterráneas en el área de estudio.

CAPÍTULO VI: ESTUDIO AMBIENTAL

6.1 DIAGNÓSTICO SOCIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se realizó un estudio ambiental del área de estudio para determinar el estado del medio biótico (animales y plantas), y el impacto ocasionado por la actividad humana, como los procesos urbanísticos, explotación de canteras, contaminación por basura, etc.

Con fecha 2 de marzo del 2017 se obtiene el Certificado de Intersección por parte del Ministerio del Ambiente en el cual mediante informe MAE – SUIA – RA- DPAPCH – 2017 – 229010 se determina que el área conocida como Laderas de San Francisco **SI INTERSECTA** con el bosque protector **FLANCO ORIENTAL DE PICHINCHA Y CINTURÓN VERDE DE QUITO**.

Las Laderas de San Francisco se encuentran dentro de un área sensible en el DMQ, por lo que de acuerdo a lo estipulado en el Acuerdo Ministerial No. 134 y el Acuerdo Ministerial No. 076, se debe realizar un inventario forestal previo a cualquier actividad (agrícola, urbanística, etc.) y con el estricto control por parte de la Dirección Forestal del Ministerio del Ambiente.

Zonas de vida y Formaciones Vegetales

El área se halla representada por bosque seco concretamente dentro del Matorral Seco Montano de los Andes del Norte y Centro. La formación vegetal presente en el área es Matorral Seco montano del sector norte y centro de los Andes, según Sierra et. al., (1999). Corresponde a los valles secos entre 1.400 y 2.500 m.s.n.m. Según Acosta Solís (1977), el promedio anual de precipitación y temperatura están entre los 360 y 600 mm y los 18 y 22 grados centígrados. A lo largo de los ríos que atraviesan estos valles la vegetación es más densa y verde y la tierra es apta para la agricultura.

La vegetación puede ser espinosa pero las plantas armadas no dominan. Fuera de la zona de influencia de los ríos, la vegetación es verde solamente en las épocas de lluvia. El área se encuentra dentro del ecosistema Arbustal siempre verde montano del norte de los Andes y en el piso bioclimático Montano según el Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental MAE, 2013.

Resultados del Recurso Flora

En el área de estudio se pudo observar a simple vista que la zona aledaña es rural (sectores invadidos por las personas); las especies florísticas registradas en el proyecto son típicas de una vegetación xerofítica, arbustiva, con dominancia de eucaliptos, la vegetación que forma parte de la ornamentación de las viviendas es de *Callistemon subulatus* “Cepillo”, cultivos de “maíz” *Zae mays*, “Haba” *Vicia faba*, *Solanum tuberosum* “Papa”, “Fréjol” *Phaseolus coccineus*.

Se registraron un total de cuarenta y cuatro especies vegetales, pertenecientes a veinte y ocho familias. La flora inventariada en este estudio, representa el 0.27% en relación al total de plantas vasculares registradas en el Ecuador (16.087 especies, Jørgensen & León-Yáñez, 1999). La flora inventariada en el área de muestreo, representa el 34% las especies de los hábitos arbustivos, seguido con el 30% de las especies de hábitos arbóreos. Como demuestra en el siguiente gráfico.

De todas las especies registradas en la zona de estudio; no se encuentran dentro de alguna categoría de peligro según la de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). No se registra las especies florísticas dentro de algún apéndice CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y en el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador (Valencia *et al.*, 2000).

El área se encuentra en una zona intervenida, motivo por el cual el registro del componente florístico fue escaso, la flora que se registró con especies típicas de una vegetación xerofítica.

Componente Faunístico

El área como se mencionó anteriormente se encuentra rodeada por una zona urbana; para éste componente se identificó únicamente las especies de aves que se las registro perchadas en los cables de luz, siendo especies comunes y de amplia distribución.

Se registraron un total de nueve especies de aves, pertenecientes a siete familias. Los registros representan el 0,56% del total de aves registradas para el Ecuador Continental (1.600 especies – Ridgely, *et. al.*, 2006). Para cada componente faunístico que se observó durante este estudio, se registró especies de amplia distribución y adaptadas a las zonas intervenidas.

CAPÍTULO VII: IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS GENERAL DE LAS AMENAZAS NATURALES Y ANTRÓPICAS EN LA ZONA DE ESTUDIO

7.1 AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Del análisis realizado por Funepsa (2015); se ve que las zonas de mayor amenaza están ubicados sobre el antiguo escarpe del deslizamiento de Laderas de San Francisco (barrios Pedregal, Laderas de San Francisco y Terrazas de Bellavista), esta zona es inestable por varios factores como la pendiente, uso del suelo, tipo de litología (volcánicos deleznales) y por los rasgos estructurales (escarpes activos y zonas de erosión intensa).

También son inestables los terrenos en la Cantera San Rafael I, que se encuentra en fase de explotación y por ello no es procedente por el momento estabilizar los taludes en esta zona. Canteras abandonadas presentan terrenos inestables muy peligrosos, debido a que no se realizó el cierre técnico de las mismas.

7.2 AMENAZA SÍSMICA

Los estudios de Beauval et al (2014) y Alvarado A. (2012 y 2014) indican que las fuentes sismogénicas más importantes en la zona de estudio es el QFS, que ha generado sismos importantes, Alvarado estima que sismos asociados a la falla de Quito pueden alcanzar intensidades del orden 5.7 - 6.4 Mw cada 200 - 400 años, por este dato se determina que la **amenaza por sismos en la ciudad de Quito es Alta**; lo cual es aplicable a la zona de Laderas de San Francisco.

El sismo de Catequilla en agosto de 2014; tuvo una Magnitud de 5.1 Mw – Intensidad de 6.0 EMS (en el norte de la ciudad); la magnitud y localización del epicentro de este sismo confirma la hipótesis de Alvarado A. (2014). El evento ocasionó afectaciones en Calderón - Carapungo y disparó movimientos de terrenos pequeños en Catequilla, Laderas de San Francisco y en los taludes viales de la Av. Panamericana entre Oyacoto y Guayllabamba donde ocurrieron caídas de escombros y colapsos en la vía de acceso a Planada de San Francisco.

Beauval et al (2014), realizó un análisis de la Amenaza Sísmica Probabilística en Quito para un período de recurrencia de 475 años (10% de probabilidad de excedencia de un umbral de aceleración definida en los próximos en 50 años), concluyendo que la fuente principal de sismos es la actividad del QFS; su análisis considera un modelo sobre roca (V_{s30} 760 m/s), por lo que no se toman en cuenta suelos compresibles como los presentes en Turubamba y suelos deleznales como los que se hallan en Laderas de San Francisco.

Asumiendo varios escenarios, Beauval et al. (2014) proponen que las aceleraciones máximas del suelo oscilarían entre 0,3 a 0,7 g con una media cercana a 0,4 g, para un período de retorno de 475 años; por ello el mismo autor sugiere que se considere un valor de 0.4 g para la Peak Ground Acceleration (PGA) – Aceleración Máxima del suelo; estos valores confirman los resultados obtenidos para la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y 2014. Es importante resaltar que

no se considera el efecto de sitio (presencia de turbas, limos y arenas, etc.); por ello es importante actualizar la microzonificación sísmica considerando el efecto de sitio.

7.3 AMENAZA VOLCÁNICA

La amenaza volcánica se produce por los productos volcánicos (cenizas, lavas, avalanchas de escombros, gases, etc.); En la zona de estudio la población y sus bienes están expuestos básicamente a la caída de ceniza que puede ocasionar afectaciones en la salud de la población y en los techos de las casas.

Los centros de emisión volcánica activos (erupciones históricas desde la época de la Colonia) son: Cotopaxi, Guagua Pichincha, Reventador, Antisana y Cayambe; y potencialmente activos (erupciones hace miles de años) es el Pululahua; todos estos volcanes, pueden arrojar cenizas que potencialmente alcanzarían a la zona de estudio.

7.4 AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS

Laderas de San Francisco tiene un clima de tipo ecuatorial con dos épocas: la lluviosa y la seca, que se caracterizan en función al régimen pluviométrico. No existen reportes de inundaciones en la zona de intervención, hay referencias locales en Cristo Rey II de torrentes que se desbordan sobre en la Av. Atahualpa y que intensifican los procesos erosivos en esta zona.

La erosión es un fenómeno natural o antrópico de permanente transformación de la superficie del suelo, principalmente ligado a la interacción entre dicho elemento, con el agua o el viento, como principales factores degradantes. La erosión hídrica es un proceso físico definido como: "El desprendimiento y arrastre de partículas de suelo por acción del agua.

Efecto del viento: Las magnitudes de los vientos varían entre 3-16 m/s, no son considerables como para que se constituya en una amenaza a la infraestructura física de la zona de estudio.

Efecto de la precipitación: Los parámetros de la precipitación son la intensidad, duración y frecuencia de ocurrencia. No existe un flujo permanente en ninguna de las quebradas; por lo tanto, la amenaza se reduce a la erosión del suelo por efecto de las precipitaciones.

Erosión Laminar

Es producto de la combinación del efecto de impacto de las gotas de lluvia sobre suelos descubiertos y la erosión producida para el escurrimiento superficial de agua. El método de estimación más usado es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) (McCuen, 1989).

Aplicación del Método USLE para la Zona de Estudio

La Ecuación Universal de Pérdida del Suelo o la erosión actual del suelo es descrita bajo los parámetros: Erosión del suelo, Erosividad de la lluvia, Erosionabilidad del suelo, Longitud y grado de la pendiente, Cobertura vegetal, Factor de prácticas agrícolas.

- **Factor de erosividad de la lluvia** - Representa la energía con que las gotas de lluvia impactan en el suelo rompiendo los agregados superficiales en partículas de tamaño transportable. Está asociado con la capacidad de la lluvia para provocar erosión hídrica.
- **Erosionabilidad del suelo (K)**.- Este factor representa la susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica. Su valor depende del contenido de materia orgánica, textura superficial, estructura del suelo y permeabilidad.
- **Longitud y grado de la pendiente (LS)** - Este factor representa el efecto de la topografía sobre la erosión del suelo. La erosión aumenta conforme incrementa la longitud del terreno (L), en el sentido de la pendiente y la inclinación de la superficie (S) se hace mayor.
- **Factor de cobertura vegetal (C)**.- Este factor mide el potencial de pérdida de suelo, que será distribuido en el tiempo durante los cultivos y rotación de los mismos.
- **Factor de prácticas agrícolas (P)**.- Este factor indica la proporción del suelo perdido en las prácticas mecánicas de manejo del suelo específicas, con relación a las pérdidas de suelo en cultivos a lo largo de la pendiente.

Las tasas de erosión varían entre 0,000159 y 40 t/ha año, lo que significa tasas clasificadas como erosión leve, por lo que el **nivel de amenaza por erosión se determina como Baja**.

Aplicación del Método STEHLIK para la Zona de Estudio

Este método permite estimar la erosión laminar y aquella originada por microsurcos de suelo (Zavgorodniaya y Calle, 1993). Toma en cuenta factores como erosión por lluvias; permeabilidad y meteorización de la roca; pendiente y longitud de la misma y la cobertura vegetal.

- **Factor climático (D)**.- Se utilizó la fórmula de Zarch (1982), se consideraron los datos de las Estaciones Calderón (M345) y Calderón (P20).
- **Factor petrológico (G)**.- Establecido en función de la permeabilidad y estado de meteorización de la roca madre.
- **Factor susceptibilidad del suelo a la erosión (P)**.- Con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, los valores del factor P para la zona de estudio fueron dados bajo el mismo criterio utilizado para la obtención del factor K en el método USLE.
- **Factor pendiente (S) y Longitud de la pendiente (L)**.- Se utilizaron los mismos criterios usados para el Método USLE.
- **Factor efecto protector de la cobertura vegetal (O)**.- Condiciones de manejo y labranza del terreno, o para áreas con vegetación permanente continua y discontinua.

El método STEHLIK arrojó los siguientes resultados de erosión en la zona de LSF:

- Los rangos de variación de erosión son de 0,004 a 36 mm/año, los valores altos están en las zonas de pendientes hacia los cauces de las quebradas y zonas con volcánicos Mojanda.

- Las zonas de susceptibilidad Media (7 a 17 mm/año), son áreas de pendientes entre el 10% al 30%, suelos limo -arenosos (Cangahua en su mayoría).
- Susceptibilidad Baja (0,004-7,095 mm/año), están las zonas con uso de suelo residencial, junto con pendientes entre el 0 al 10% y suelos de cangahuas.

Comparación entre los Métodos USLE y STEHLIK

Los dos modelos difieren en la representación gráfica de las zonas de erosión, lo cual está influenciado principalmente por la cobertura vegetal, esto es porque en el método STEHLIK se puede ponderar de mejor manera al permitir ingresar al modelo rangos de cobertura vegetal; mientras que, USLE se agrega un valor general de acuerdo al uso del suelo general del sitio. Otra ventaja de STEHLIK es usar el factor Petrológico (función de la meteorización de la roca) y se puede hacer una mejor diferenciación de la permeabilidad y/o textura de suelos.

7.5 AMENAZAS ANTRÓPICAS – INCENDIOS FORESTALES/BOTADEROS DE ESCOMBROS

Se consideraron como eventos antrópicos los incendios forestales y los botaderos de escombros no autorizados en la zona de estudio.

Incendios Forestales

Laderas de San Francisco tienen grandes zonas con el bosque seco montano; donde se debe tener especial atención a las zonas de bosques y matorrales en la temporada seca, que es cuando ellos se queman fácilmente. El Diagnóstico Territorial de la Parroquia Calderón (Salazar A, et al, 2014) ha catalogado la amenaza por incendios forestales como media-alta.

Botaderos de Escombros y Basura

La zona de Laderas-Planada de San Francisco tiene problemas de mal manejo de la basura y botaderos no autorizados. Existieron canteras ilegales que no tuvieron un adecuado cierre y han dejado socavones profundos, en los cuales se arrojaron ilegalmente escombros que pueden generar inestabilidades por el material suelto presente. También hay mal manejo de la basura y existe contaminación del ambiente y crean sitios de proliferación de vectores.

7.6 ANÁLISIS CONSOLIDADO MULTIAMENAZA (RESUMEN)

Se ha determinado que existen varias amenazas que pueden materializarse en el área de análisis; en base a la probabilidad de ocurrencia y grado de afectación se realizó el análisis de amenazas.

Probabilidad de Ocurrencia: En la Tabla N° 7.1 consta la probabilidad de ocurrencia de un evento. Se toma de forma general y se aplica para todas las amenazas de origen geológico como erupciones volcánicas, sismos fuertes, inundaciones, deslizamientos y colapsos, etc.

Ejemplos de Eventos Comunes	Probabilidad	Ocurrencia
Deslizamientos, Inundaciones	ALTA	1-10 años
Sismos Mw > 5.0-6.0	MEDIA	10-100 años
Erupciones Grandes	BAJA	100-1000 años
Mega-Erupciones	MUY BAJA	>1000 años

Tabla N° 7.1.- Grado de probabilidad de ocurrencia de eventos

Pérdidas y Afectación: Se toma en cuenta el grado de afectación-pérdidas por efecto de la materialización del evento adverso (Tabla N° 7.2).

Ejemplos de Eventos Comunes	Cualificación de las Pérdidas	Afectaciones
Sismos Mw > 7.0.	ALTA	Colapso de servicios básicos, muertos y heridos
Deslizamientos, Inundaciones	MEDIA	Servicios básicos afectados, muertos y heridos
Caídas de ceniza	BAJA	Afectaciones menores en servicios básicos

Tabla N° 7.2.- Grado de pérdidas y afectación

En la Tabla N° 7.3, se hace un resumen consolidado de las amenazas en la zona de estudio; en este análisis de amenazas se considera:

Amenaza Volcánica – Caída de ceniza, Se puede esperar 1.0-2.0 mm de cenizas provenientes de los centros de emisión que rodean la zona de estudio.

Amenaza Sísmica, se consideran aceleraciones de 0.4 g para la zona de estudio; según las estimaciones de Beaouval C, 2014. Pueden producirse eventos de Mw 6.0 con un período de recurrencia de 200-400 años. Otra fuente sismogénica es la subducción de la placa de Nazca, con un período de retorno aproximadamente de 15-20 años (Bahía 1997 y, Pedernales 2016).

Inestabilidad de Terrenos, se considera Alta la susceptibilidad en los barrios Pedregal, Laderas de San Francisco y Terrazas de Bellavista; en las partes planas como San Vicente, Cristo Rey, Planada de San Francisco la susceptibilidad es Baja.

Erosión Laminar, se considera Alta la probabilidad de ocurrencia de los eventos, ya que existen referencias de flujos de lodos por lluvias intensas en la Av. Atahualpa; la afectación es Baja ya que no se han producido afectaciones en los servicios básicos y en las viviendas del sector

Incendios y Contaminación; los incendios tienen Alta probabilidad de ocurrencia y una afectación Media por la pérdida del medio biótico. La Contaminación se debe a los botaderos de basura y escombros no autorizados y canteras clausuradas sin el apropiado cierre técnico.

La probabilidad de ocurrencia es Alta en vista que existen afectaciones en Colinas de Bellavista y Planada de San Francisco y el impacto de los eventos es Medio, no se han producido mayores afectaciones; pero de materializarse pueden afectar a casas de Colinas de Bellavista.

RESUMEN Y VALORACION DE AMENAZAS					
AMENAZA	TIPO DE AMENAZA	PROBABILIDAD	ZONA DE AFECTACIÓN	POSIBLE AFECTACIÓN	VALORACIÓN DE LA AMENAZA
VOLCANICA	Caida de Ceniza	MEDIA (Evento / 10-100 años)	Toda el área de estudio	BAJA (Afectación de techos de teja-eternit, enfermedades vías respiratorias altas)	BAJA
SÍSMICA	Sismo Ms.6.0	ALTA (Evento / < 10 años)	Toda el área de estudio	ALTA (Colapsos de estructuras,FRM disparados por el sismo)	ALTA
INESTABILIDAD DE TERRENOS	Colapsos, Erosión Intensa	ALTA (Evento / < 10 años)	Laderas de San Francisco, Terrazas de Bellavista, Pedregal.	ALTA (Colapso de viviendas, Interrupción de Servicios básicos agua-electricidad)	ALTA
EROSIÓN LAMINAR	Erosión por escorrentía superficial	MEDIA (Evento / 10-100 años)	Quebradillas y cauces	BAJA (Erosión activa)	BAJA
			Vías de acceso a Laderas-Planada San Francisco	BAJA (Lodo y anegamiento de los accesos)	
INCENDIOS	Quema de matorrales	ALTA (Evento / < 10 años)	Vertientes del río Guayllabamba	MEDIA (Pérdida de flora y fauna del bosque seco subandino)	MEDIA
CONTAMINACIÓN	Basura y Escombros en lugares no adecuados	ALTA (Evento / < 10 años)	Botaderos de basura	BAJA (Basura, afectaciones a la salud, contaminación por residuos peligrosos)	MEDIA
			Canteras ilegales abandonadas (Pedregal y Colinas de Bellavista)	Media (Escombros en Planada de San Francisco Chico, afectaciones a Colinas de Bellavista)	

Tabla N° 7.3.- Resumen de las Amenazas en la zona del Proyecto Laderas de San Francisco

CAPÍTULO VIII: ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA - SUSCEPTIBILIDAD POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

8.1 CLASIFICACIÓN DE FRM

La Inestabilidad de Terrenos se ha definido como todo movimiento ladera abajo de suelos y rocas debido a la fuerza de la gravedad. Estos movimientos pueden ser lentos, rápidos o extremadamente rápidos; por ello pueden ser muy destructivos cuando alcanzan altas velocidades. En la zona es común ver colapsos, deslizamientos y movimientos complejos.

8.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA GENERACIÓN DE FRM

La amenaza por Inestabilidad depende de varios factores, que se pueden dividir en elementos condicionantes como la litología, la pendiente, uso del suelo y presencia de FRM; y elementos detonantes (que disparan los FRM) tales como lluvias intensas y la sismicidad.

8.3 DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR INESTABILIDAD DE TERRENOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Se ha utilizado la metodología de factores ponderados para la realización del Mapa de Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos.

1) Pendiente: La pendiente es un reflejo directo de la estabilidad de los terrenos, así pendientes bajas ($0^\circ - 8,5^\circ$) son zonas estables donde no se generan FRM; entre $25^\circ - 40^\circ$ se tiene gran cantidad de deslizamientos y pendientes $> 45^\circ$ indican procesos erosivos - caída de rocas y colapsos

2) Litología: Los pesos de la litología se asignaron sobre la base del trabajo de campo y ensayos de suelos. La unidad de roca más competente es la Fm. Cangahua; en cambio los volcánicos Mojanda – Fuya Fuya son deleznable y cuando afloran el terreno se vuelve inestable.

3) Cobertura Vegetal - Uso del Suelo: Procesos de urbanización y la minería informal y botaderos de escombros pueden generar procesos de erosión intensa, flujos de escombros y deslizamientos.

4) Estructuras Lineares (Escarpes y Cicatrices Deslizamientos): Se utiliza las estructuras generadas por escarpes de erosión, las cicatrices del deslizamiento rotacional, y movimientos en masa y/o nuevos colapsos que se forman por la erosión del terreno y caída de bloques.

8.4 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA - SUSCEPTIBILIDAD POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

Para determinar el grado de susceptibilidad por FRM, se han combinado los factores mencionados en un SIG, se conoce este proceso como Álgebra de Mapas; se sumaron las cuatro matrices (capas - mapas temáticos) o sus rasters de susceptibilidad parcial (Figura N° 8.1). La suma total de los factores indicados puede variar entre 4 y 16 puntos.

Zonas de Muy Alta Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos: Se representan en el mapa en color rojo y son aquellas donde han ocurrido deslizamientos, pendientes mayores a 25°, se hallan sobre arenas y limos volcánicos deleznable y existen intensos procesos erosivos. Barrios como Laderas de San Francisco, Terrazas de Bellavista y Pedregal están sobre zonas de Muy Alta susceptibilidad.

Zonas de Alta Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos: Se representan en el mapa en color naranja y son aquellas donde potencialmente pueden generarse deslizamientos o reactivarse antiguos eventos similares, esto debido a su pendiente, terrenos deleznable y sobre todo al uso del suelo, que no ha sido tan afectado por urbanizaciones.

Estas zonas de Alta Susceptibilidad, no se debe permitir la expansión urbana.

Zonas de Media Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos: Están marcadas en color amarillo y son áreas donde potencialmente pueden generarse FRM; pendiente menor a 15°, rocas deleznable, uso inapropiado del suelo y/o mal uso de las líneas de conducción de agua potable, servidas, lluvia, etc.

No se puede permitir la construcción de viviendas debido a que si se cambia el uso del suelo, se puede tener un mal uso de agua potable y aguas servidas, lo que aumentaría considerablemente la susceptibilidad del terreno para generar colapsos y erosión activa.

Zonas de Baja Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos: Se representan en color verde intenso y se definen como las zonas que tienen pocas probabilidades de generar deslizamientos, principalmente por su pendiente baja, sustrato rocoso compacto o poco deleznable y/o uso apropiado del suelo. Barrios como Planada de San Francisco, San Vicente y Cristo Rey II están en este rango. Son las áreas idóneas para la expansión urbana.

Zonas de Muy Baja Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos: Se representan en color verde claro y se definen como las zonas que tienen muy pocas probabilidades de generar deslizamientos, principalmente por su pendiente baja, suelos compactos y servicio de alcantarillado. En esta categoría están barrios como Cristo Rey I, Campo Alegre, Colinas de Bellavista y San Vicente; el mal uso del agua puede generar problemas menores como hundimientos y colapsos de alcantarillado.

8.5 MAPEO TEMÁTICO A ESCALA 1:2.500

El levantamiento de Inestabilidad de Terrenos, se realizó en base a la Geomorfología – Fotointerpretación y trabajos de campo. Se han levantado un total de veinte y siete (27) FRM, son movimientos superficiales de menos de 10 m de potencia, los principales agentes que han causado la erosión y colapsos son las lluvias y la acción de los vientos.

CAPÍTULO IX: GEOTECNIA

9.1 TRABAJOS DE CAMPO (SPT – CALICATAS / MECÁNICA DE SUELOS)

Para la caracterización geotécnica del proyecto, se realizaron las actividades de campo, de laboratorio y de gabinete que se describen a continuación.

Trabajos de Campo

Se tomaron veinte y siete (27) muestras en bloque sobre cinco (5) perfiles, una perforación con ensayos SPT/m (norma ASTM D 1586) de 4,00 m de profundidad. Conforme la norma ASTM D 1587, en las muestras se realizó la identificación de los suelos, como lo describe la ASTM D 2488.

Anteriormente se realizó un estudio previo de estabilidad en esta zona, en el año 2014, en el que se presentó como resultado únicamente un perfil final; este perfil se añade a los levantados en este trabajo.

Trabajos de Gabinete

Con la información de campo y laboratorio se procedió a la elaboración del informe geotécnico, con la caracterización geotécnica del lugar y la determinación del factor de seguridad de los taludes naturales, tanto en condiciones estáticas como dinámicas.

9.2 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO

La zona de estudio, al tratarse geomorfológicamente de un mega-deslizamiento rotacional, está formada por material retrabajado y volcánicos que corresponden a las Formaciones: San Miguel, Volcánicos indiferenciados, Mojanda-Fuya Fuya, Cangahua (Figura N° 9.1). Se aprecian materiales coluvio-aluviales sobre los depósitos de lapilli que afloran en la parte superficial de los taludes.

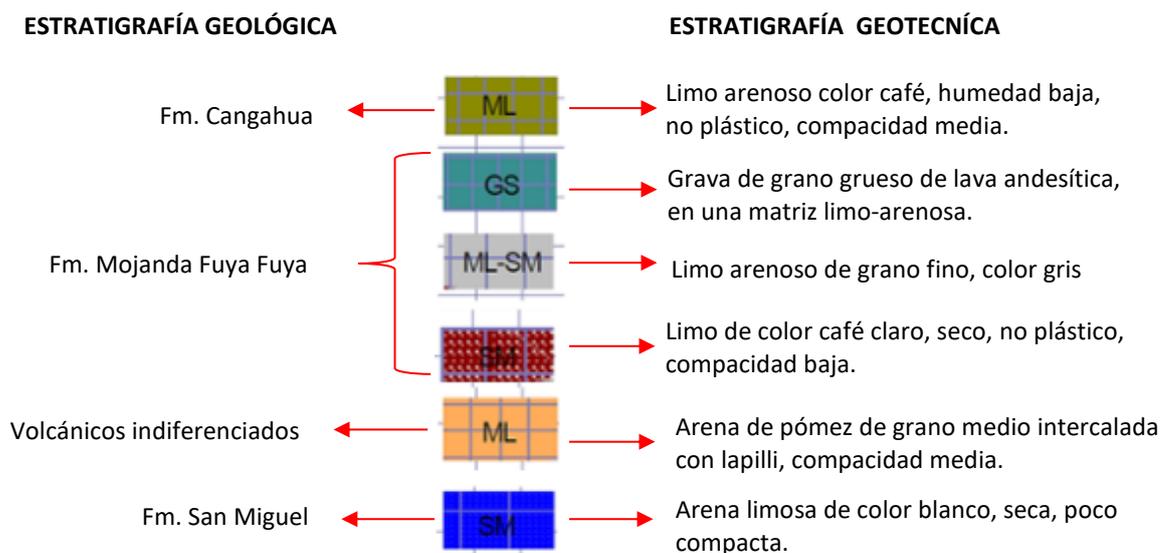


Figura N° 9.1. Correlación de las Unidades Geológicas y Geotécnicas de la zona

Análisis de Estabilidad del Talud de Corte

Para el diseño de estabilidad de talud de corte, se empleó el software SLIDE 6.0[®], que permite efectuar la modelización del talud bajo condiciones estáticas (sin sismo) y pseudo estáticas (con sismo). De conformidad con la literatura técnica como la NEC – 2015 (SE – GC), se establece que para la estabilidad de obras a largo plazo, un talud es estable en estado estático (sin sismo), cuando el Factor de Seguridad (FSs) es ≥ 1.50 . Para el estado pseudo-estático (con sismo), el Factor de Seguridad (FSe) debe ser ≥ 1.05 .

9.3 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE LADERAS (MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE)

Cuando los suelos que forman un talud están constituidos por materiales homogéneos, puede considerarse de forma aproximada, que la superficie de deslizamiento es circular. Para realizar el análisis de la estabilidad de un talud es necesario dividir la masa deslizante en dovelas.

Para calcular el Factor de Seguridad en una superficie de deslizamiento cualquiera, debe resolverse un problema indeterminado desde el punto de vista de la estática, por lo cual deben realizarse hipótesis.

Método de Jambú

El método simplificado de Jambú se basa en la suposición de que las fuerzas entre dovelas son horizontales y no tienen en cuenta las fuerzas de corte. Jambú considera que las superficies de falla no necesariamente son circulares y establece un factor de corrección f_0 . El factor f_0 depende de la curvatura de la superficie de falla. Estos factores de corrección son solamente aproximados y se basan en análisis de 30 a 40 casos (Suárez, 2002).

En algunos casos, la suposición de f_0 puede ser una fuente de inexactitud en el cálculo del Factor de Seguridad. Sin embargo, para algunos taludes la consideración de este factor de curvatura representa el mejoramiento del análisis. El método de Jambú solamente satisface el equilibrio de esfuerzos y no satisface el equilibrio de momentos.

9.4 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE LADERAS (MÉTODO ESTÁTICO Y DINÁMICO)

Los resultados de los análisis de estabilidad del talud estático (sin sismo) determinan valores entre 1.12 - 1.48 para condiciones estáticas y valores entre 0.80 – 0.98 para condiciones dinámicas, por ello la zona está en equilibrio precario en condiciones estáticas y en desequilibrio en condiciones dinámicas (con sismo).

9.5 MODELO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DEL TERRENO

El barrio Laderas de San Francisco, se encuentra asentado sobre un deslizamiento rotacional sucesivo, sobre antiguas superficies de falla. Los estratos geológicos se encuentran buzando en dirección a la pendiente y hacia el centro de la cuenca, con ángulos entre 18 y 24°, lo que favorece el desprendimiento de estos materiales y la inestabilidad del talud.

Luego del reconocimiento de campo se pudo determinar que el posible origen de este deslizamiento, se debió al terreno poco consolidado y deleznable de origen sedimentario y

volcánico, arenas y lapillis sueltos. Los ensayos de laboratorio permitieron corroborar lo observado en el campo: se trata de materiales muy inestables que se están desprendiendo por efecto gravitatorio y que tienden a colapsar debido a su disposición inclinada a favor de la pendiente. Existe intensa erosión superficial que ha formado grandes cárcavas y surcos en el terreno, como se puede observar en los perfiles obtenidos (1-3-4). De acuerdo a los perfiles geotécnicos realizados se pueden concluir tres escenarios de inestabilidad:

- El colapso y desplazamiento del escarpe principal, afectado por la erosión y del material localizado en la cabeza del deslizamiento. Esto ocasionaría la aplicación de una fuerza de empuje sobre el cuerpo del talud que lo volvería más inestable. Este escenario se considera de Amenaza Media-Baja.
- El colapso del talud completo por efecto de la pendiente pronunciada, que corresponde a un escenario de Amenaza Alta.
- El desprendimiento del pie del talud como se observa en los perfiles obtenidos (3, 5 y 6) puede generar inestabilidad en la parte superior del mismo y producir movimientos retrogresivos (Figura N° 9.2) que generan además el colapso de la cabeza del talud. Este escenario es considerado de Muy Alta Amenaza pues conlleva la mayor inestabilidad para la población, al existir viviendas en zonas de Alta Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos.

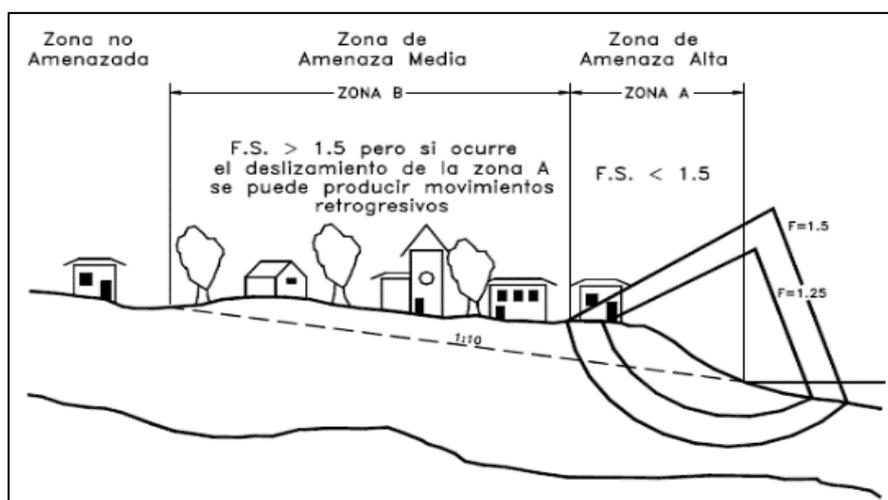


Figura N° 9.2. Zonas de amenaza por deslizamientos retrogresivos

Producto del estudio se observa factores de seguridad menores a 1,5 en condiciones estáticas, valores que representa un estado de equilibrio límite y/o inestable por lo que se le encasilla como una zona de Amenaza Alta. Los factores de seguridad pseudo estáticos (con sismo) presentan valores menores a 0.9, lo que representa que en caso de sismo los taludes son totalmente inestables.

CAPÍTULO X: EVALUACIÓN DE LAS VULNERABILIDADES

10.1 VULNERABILIDAD SOCIO – ECONÓMICA DE LA POBLACIÓN

Por la realidad socio cultural de la población, fue necesario aplicar una metodología participativa mediante talleres y encuestas con la población; se realizaron talleres en ocho de los diez barrios de intervención y en los restantes se aplicaron encuestas para levantar los datos necesarios. Una vez ponderados los indicadores por cada uno de los 7 aspectos en relación al valor obtenido en el **diagnóstico social**, determinando los rangos de Baja-Media-Alta Vulnerabilidad. La evaluación de la vulnerabilidad socio económica analiza los aspectos sociales susceptibles de evaluación se presentan en la Tabla N° 10.1.

Aspecto	Variable evaluada
Demográficos	Población vulnerable por distribución etarea
Educación de la Población	Instrucción formal de la población
	Información y conocimiento de la población en gestión de riesgos
	Percepción del riesgo
Salud de la Población	Acceso de la población a servicios básicos
	Acceso de la población a la Red Pública y Complementaria de Salud
Actividades Económicas de la Población	Ingresos económicos de la población
	Acceso a empleo de la población
	Migración de la población
Socio culturales y organizativos de la Población	Pertenencia religiosa de la población
	Organización familiar para la gestión de riesgos
	Organización comunitaria para la gestión de riesgos
	Acceso de la comunidad a medios de comunicación
Normativos e Institucionales	Marco normativo para la regulación de asentamientos humanos en el área de estudio
	Inversión en obra pública
	Fondos de contingencia para emergencias y desastres
	Aceptación de la administración pública local
	Valoración de los servicios básicos locales
Tenencia de la propiedad	Tenencia de la propiedad

Tabla N° 10.1. Aspectos sociales susceptibles de evaluación

Se utilizó la metodología del **AVC – Análisis de Vulnerabilidades y Capacidades**, herramienta diseñada por la FICR (2006). Esta información sirve para diagnosticar los riesgos y capacidades de la comunidad y permite llevar a la preparación de actividades dirigidas a reducir la vulnerabilidad de la población e incrementar su capacidad de supervivencia y recuperación. La población también identificó y categorizó a los elementos del territorio aplicando los criterios de cobertura, posibles emergencias y alternativas operacionales.

Del análisis de los resultados se establece lo siguiente:

- Los Barrios Planada de San Francisco, Campo Alegre, Colinas de Bellavista, Cristo Rey II, Laderas de San Francisco, Mira Quito, Pedregal, San Vicente y Terrazas de Bellavista

mantienen una Susceptibilidad Educativa MEDIA (rango ponderado entre 1,1 y 2,0); mientras que, el barrio Cristo Rey I tiene una susceptibilidad educativa ALTA (rango ponderado entre 2,1 y 3,0).

- El barrio Cristo Rey I mantiene una Susceptibilidad en Salud BAJA (rango ponderado entre 0,1 y 1,0); los barrios Campo Alegre, Cristo Rey II, Laderas de San Francisco, Mira Quito, Pedregal, Planada de San Francisco, San Vicente y Terrazas de Bellavista mantienen una Susceptibilidad en Salud MEDIA (rango ponderado entre 1,1 y 2,0); mientras que, el barrio Colinas de Bellavista tiene una susceptibilidad ALTA (rango ponderado entre 2,1 y 3,0).
- Todos los barrios de la zona de estudio mantienen una Susceptibilidad Socio – Económica MEDIA (ponderación 2).
- El barrio Terrazas de Bellavista mantiene una Susceptibilidad Socio Cultural y Organizativa MEDIA (ponderación 2); mientras que, el resto de barrios presentan una susceptibilidad ALTA (rango ponderado entre 2,1 y 3,0).
- El barrio Cristo Rey I mantiene una Susceptibilidad BAJA por Normativa e Institucionalidad (ponderación 1); mientras que, el resto de barrios presentan una susceptibilidad MEDIA (rango ponderado entre 1,1 y 2,0).
- Del análisis de la Tenencia de la Tierra; tienen Susceptibilidad BAJA los barrios Colinas de Bellavista, Mira Quito y San Vicente; con Susceptibilidad MEDIA a Campo Alegre, Cristo Rey I, Cristo Rey II y Planada San Francisco; finalmente, los barrios Laderas de San Francisco, Pedregal y Terrazas de Bellavista con Susceptibilidad ALTA.

10.2 VULNERABILIDAD FÍSICA DE LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA Y PRIVADA

Se evaluó la vulnerabilidad física de viviendas, caminos, sistema de agua potable y alcantarillado, tendido de cables eléctricos, e infraestructura relevante. De un total estimado de 386 viviendas, se realizó un levantamiento de 124 casas, lo que da más de un 90% de confianza y un error muestral inferior al 10%. Se pueden destacar los siguientes datos del levantamiento:

- Casi la totalidad de las viviendas (94%) fueron construidas sin asesoría técnica, solo un 6% contó con la participación de un ingeniero / arquitecto en la construcción.
- Se observa que la gran mayoría de viviendas (81%) corresponden a estructuras de un solo piso, un 18% cuentan con dos pisos y apenas un 1% tres pisos.
- Un 57% de las casas tienen sistemas estructurales con mampostería, dentro de este porcentaje un 33% mampostería simple, un 2% a mampostería con madera y un 22% a mampostería semiconfinada (columnetas de hormigón armado).
El restante 43% corresponde a un tipo de estructura reforzada (hormigón armado 42% y estructura metálica 1%) que se muestra como un sistema más confiable.

El 71% de las estructuras tienen una Vulnerabilidad Física por sismos Media - Alta. Un 72% de las estructuras tiene una Vulnerabilidad Física Baja por Asentamientos. El 55% de las estructuras tienen una Vulnerabilidad Física por Deslizamientos entre Media y Alta.

El resumen de la ponderación del análisis de la vulnerabilidad física de las casas en la zona se encuentra en la Tabla N° 10.2

No.	BARRIO	EV _{BARRIO}	Vulnerabilidad Física / Barrio
1	Colinas de Bellavista	2	MEDIA
2	Terrazas de Bellavista	2	MEDIA
3	San Vicente	1	BAJA
4	Planada de San Francisco	2	MEDIA
5	Campo Alegre	1	BAJA
6	Pedregal	2	MEDIA
7	Laderas de San Francisco	2	MEDIA
8	Cristo Rey II	1	BAJA
9	Cristo Rey	1	BAJA
10	Mira Quito	2	MEDIA

Tabla N° 10.2. Niveles de vulnerabilidad física en los barrios de la zona de estudio

Resultados de la vulnerabilidad física de servicios del sector

Los servicios presentan condiciones constructivas deficientes sobre todo en la zona de laderas, lo cual no es favorable para preservar la integridad física de dichas obras.

- Vías vulnerables a la erosión (surcos y superficies irregulares), carencia de sistemas de drenaje adecuados y una estructura mínima de pavimento.
- Agua potable, tuberías aéreas que cruzan las quebradas en LSF. En cuanto a los sistemas de alcantarillado, la mayor problemática se presenta nuevamente en la zona de las laderas, en donde los drenajes se conducen por tuberías semienterradas.
- Sistema eléctrico no presenta mayores inconvenientes, postes de hormigón hincados adecuadamente. Igualmente no presentan problemas las obras de la Línea de Transmisión Inga – Pomasqui y el OCP.

10.3 ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD GLOBAL

En base al estudio de la vulnerabilidad social y física, se hace una ponderación de la Vulnerabilidad Total, acorde a las Tablas N° 10.3 y 10.4.

Vulnerabilidad Física	BAJA	MEDIA	ALTA
Vulnerabilidad Social			
BAJA	Baja	Baja	Media
MEDIA	Baja	Media	Alta
ALTA	Media	Alta	Alta

Tabla N° 10.3. Niveles de Vulnerabilidad Global en base a la Vulnerabilidad física y social

BARRIO	Vulnerabilidad Física	Vulnerabilidad Social	Vulnerabilidad Global
San Vicente	Baja	Media	Baja
Cristo Rey I	Baja	Media	Baja
Cristo Rey II	Baja	Media	Baja
Campo Alegre	Baja	Media	Baja
Mira Quito	Media	Media	Media
Colinas de Bellavista	Media	Media	Media
Planada de San Francisco	Media	Media	Media
Laderas de San Francisco	Media	Alta	Alta
Terrazas de Bellavista	Media	Media	Media
Pedregal	Media	Alta	Alta

Tabla N° 10.4. Evaluación de la Vulnerabilidad Total por Barrios en la zona de estudio

CAPÍTULO XI: ANÁLISIS DEL RIESGO POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

11.1 EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

Se han considerado las amenazas naturales y antrópicas y la vulnerabilidad social y física de los barrios. La manera de conceptualizar la amenaza, vulnerabilidad y riesgo es ampliamente aceptada por los organismos del conocimiento, cuyo producto final del riesgo es función de la interacción de la amenaza y la vulnerabilidad $R = (A \times V)$.

Evaluación del Riesgo

Utilizando el análisis de la amenaza-susceptibilidad por inestabilidad de terrenos y el análisis de vulnerabilidad física y social (combinados), se determina cualitativamente el grado de riesgo en la zona de estudio (Tabla N° 11.1). Los barrios asentados en esta zonas inestables también presentan las valoraciones más bajas de la Vulnerabilidad Total, por ello caen en el rango de Riesgo Alto No Mitigable (Tabla N° 11.2 y Figura N° 11.1).

AMENAZA	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
VULNERABILIDAD					
Baja	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio
Media	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Alta	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto - No Mitigable

Tabla N° 11.1. Evaluación del Riesgo.

EVALUACIÓN DEL RIESGO EN LOS BARRIOS					
BARRIO	Inestabilidad Terrenos	Vulnerabilidad Física	Vulnerabilidad Social	Vulnerabilidad Total	RIESGO
San Vicente	Muy Baja	Baja	Media	Baja	Bajo
Cristo Rey I	Muy Baja	Baja	Media	Baja	Bajo
Cristo Rey II	Baja	Baja	Media	Baja	Bajo
Campo Alegre	Muy Baja	Baja	Media	Baja	Bajo
Mira Quito	Muy Baja	Media	Media	Media	Bajo
Colinas de Bellavista	Muy Baja	Media	Media	Media	Bajo
Planada de San Francisco	Baja	Media	Media	Media	Bajo
Laderas de San Francisco	Muy Alta	Media	Alta	Alta	Alto No Mitigable
Terrazas de Bellavista	Muy Alta	Media	Media	Media	Alto No Mitigable
Pedregal	Muy Alta	Media	Alta	Alta	Alto No Mitigable

Tabla N° 11.2. Evaluación del Riesgo por Barrios en la zona de estudio

11.2 ESCENARIOS DE RIESGO POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

Para el análisis de los impactos se harán tres escenarios, con un evento pequeño, mediano y un gran evento de inestabilidad de terrenos (colapsos, deslizamientos, erosión, etc.).

Escenario 1: Continúa la tasa de Erosión Actual

Continúa la misma tasa de erosión y colapsos en la zona, sobre todo en la vía a Planada de San Francisco, se espera se generen pequeños volúmenes de escombros del orden de 1.8 m³, que fácilmente se pueden retirar por el MDMQ o los vecinos del sector.

Escenario 2: Evento Mediano, colapsan grandes tramos del talud de la vía

Colapso de largos tramos del talud de la vía (temporada de lluvias o sismo); se generarían volúmenes grandes de escombros de alrededor de 500 m³, se necesitará la ayuda de maquinaria del MDMQ para despejar las vías de acceso a los barrios.

Escenario 3: Evento Grande, disparado por un sismo cortical

Los resultados de la estabilidad de taludes arrojan valores entre 1.12-1.48, lo que indica un equilibrio precario, con un sismo la zona es totalmente inestable (valores <1.0). Por ello se plantea un escenario con un sismo cuyo hipocentro sea superficial (< 10km) y de magnitud e intensidad alta; lo que provoca un gran deslizamiento que afecta sectores como Laderas de San Francisco, Pedregal, Terrazas de Bellavista, pueden colapsar viviendas y caminos de acceso a estos sectores; existe la posibilidad de tener afectaciones a la población que reside en estos barrios.

11.3 ELABORACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN SOCIAL PARA LA COMPRENSIÓN Y MANEJO INTEGRAL DEL RIESGO

Se ha diseñado un Plan de Intervención para el manejo integral del Riesgo; el mismo ha comenzado con los programas del MDMQ para la realización de estudios de amenazas y construcción de obras de mitigación.

El Plan de Gestión de Riesgo contempla este proyecto, en vista que se determina la susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos y se realiza una evaluación de la Vulnerabilidad física y social.

Se ve necesario hacer un plan de capacitación a la población, ya que la misma desconoce casi por completo lo que es la Gestión de Riesgos, conceptos de amenaza, vulnerabilidades, planes de emergencia, sistema de monitoreo de deslizamientos, monitoreo ambiental, diseño e implementación de un sistema de alerta temprana por Inestabilidad de Terrenos.

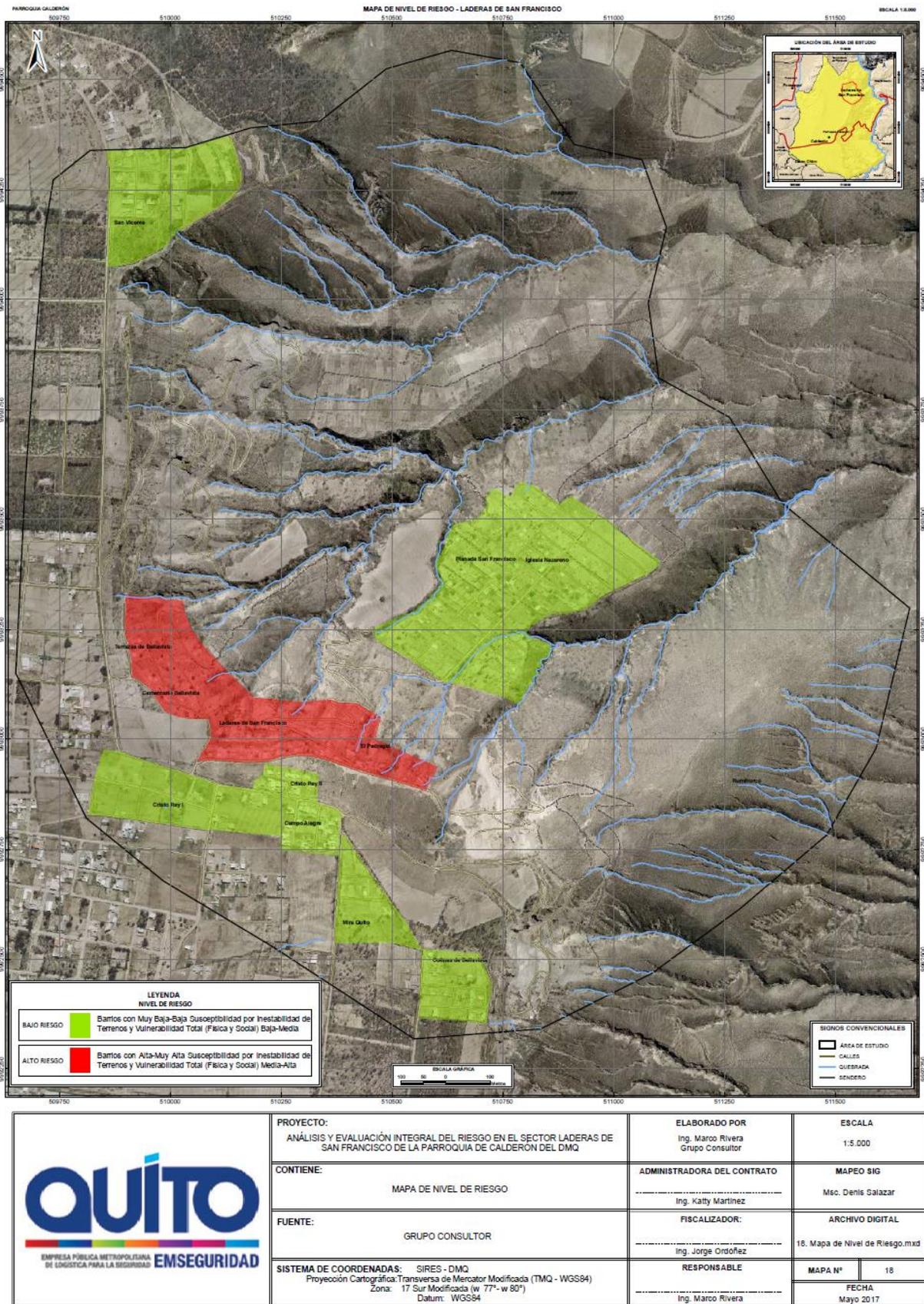


Figura N° 11.1. Mapa de Nivel de Riesgo en la zona de estudio

CAPÍTULO XII: MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO

12.1 MEDIDAS DE INTERVENCIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

Las medidas tendientes a disminuir los riesgos son de carácter físico – técnicas (estructurales - construcciones civiles resistentes a las amenazas), y políticas institucionales (no estructurales como capacitación - sensibilización de la población sistemas de alerta temprana, etc.).

No se consideraron Medidas Estructurales para los barrios informales; cumpliendo el Art. 108-numeral 6 de la Ley de Ordenamiento Territorial y Uso del Suelo (LOTUS); que establece como infracción muy grave: *Construir obras de infraestructura, edificación u otras obras realizadas por los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales o metropolitanos que no cumplan con la normativa nacional de construcción y los lineamientos para mitigar los riesgos*”

12.2 PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO

Se proponen medidas a corto plazo (1 año), mediano plazo (3 años) y largo plazo (5 años); contemplando básicamente el mejoramiento de vías y reforzamiento de viviendas; sistema de alerta temprana comunitario y programas de capacitación.

Medidas Estructurales – Corto Plazo

- Mantenimiento correctivo y preventivo de las vías de acceso (Av. Atahualpa)
- Reforzamiento de viviendas ante sismos

Medidas No Estructurales-Corto Plazo

- Plan de evacuación en caso de evento adverso
- Capacitación en Gestión del Riesgo
- Plan de Evacuación en caso de sismo fuerte

Medidas Estructurales – Mediano Plazo

- Mejoramiento de la Av. Atahualpa (lastrado-adoquinado)
- Mejoramiento (lastrado – adoquinado) de la vía de acceso a Planada de San Francisco
- Plan de emergencia por Inestabilidad de Terrenos
- Sistema de Alerta Temprana por Terrenos Inestables

Medidas No Estructurales-Mediano Plazo

- Reubicación de las familias que están asentadas en los barrios con Alto Riesgo No Mitigable (Laderas de San Francisco, Pedregal y Terrazas de Bellavista).
- Viviendas cumplen la norma INEC 2015 en lo referente a sismo-resistencia

Medidas Estructurales – Largo Plazo

- Cierre Técnico de las Canteras Clandestinas abandonadas
- Creación de un parque ecológico en las áreas del bosque seco
- Sistema de Alerta Temprana por Terrenos Inestables

Medidas No Estructurales-Largo Plazo

- Plan de reubicación de los moradores en zonas de Riesgo Alto No Mitigable (Continuación)
- Regularización de los Barrios en zonas de Baja – Muy Baja Susceptibilidad

12.3 PROPUESTA DEL PLAN DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL – CIERRE TÉCNICO DE LAS ÁREAS DE CANTERAS CLANDESTINAS

Considerando que las actividades mineras ilegales en la zona Laderas de San Francisco han concluido, se debe elaborar un Plan de Cierre, de acuerdo a lo estipulado en el artículo 98, capítulo X del Reglamento Ambiental para Actividades Mineras en el Ecuador y al artículo 85, capítulo II de la Ley de Minería, a fin de que se proceda a su revisión, análisis, aprobación y respectiva aplicación.

Los objetivos que se pretende alcanzar son los siguientes:

- Establecer las medidas de restauración futura del área de explotación, con el fin de reducir los riesgos para la salud y seguridad de las personas y el ambiente.
- Definir medidas de acción presentes y futuras para prevenir, minimizar y/o mitigar los impactos ambientales negativos generados en la etapa de cierre, así como desarrollar un cronograma de ejecución de las medidas proyectadas.

Previo al cierre se debe realizar un estudio detallado de las medidas necesarias para el Cierre de las Canteras; deberá incluir un plan con las medidas orientadas a prevenir impactos ambientales y riesgos durante todo el proceso de esta etapa. Asimismo, incorporará recomendaciones acerca del uso y destino final de los principales bienes materiales utilizados por la empresa en su etapa de operación, cumpliendo con las exigencias de la normativa ambiental vigente.

CAPÍTULO XIII: ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO

13.1 ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES (VALORES REFERENCIALES)

Se ha valorado las medidas de intervención de forma aproximada, tanto las medidas a corto-mediano y largo.

- Mantenimiento de la Av. Atahualpa; longitud estimada de 2.27 km y un ancho promedio de 6 metros. Monto estimado: USD \$. 122.229,00 lo que da un valor de USD \$. 53.85/m y un plazo de ejecución de 6 meses – Corto Plazo.
- Mejoramiento (lastrado y adoquinado) de la Av. Atahualpa: monto USD \$. 605.385,00; a USD \$. 266,70/m – ejecución en 12 meses y camino a Planada de San Francisco monto USD \$. 443.570,00 lo que da un costo de USD \$. 277,23 /m – ejecución en 9 meses.
- Estudio para el cierre de las canteras abandonadas, monto de \$. 12.000,00 USD + IVA. El costo final para remediar los pasivos ambientales dependerá de este estudio.

13.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LAS MEDIDAS DE INTERVENCIÓN

Entre los resultados más importantes del análisis costo – beneficio de las medidas de mitigación se tienen las siguientes:

Costo:

- El presupuesto total para la implementación de las medidas de corto y mediano plazo es de USD \$. 1'171.184,00 + IVA
- El costo inicial de las medidas a largo plazo es de USD \$. 12.000,00 + IVA para el análisis detallado de la situación de las canteras abandonadas.

Beneficio:

- Los potenciales beneficios de la implementación de estas medidas tienen un impacto grande desde el punto de vista social, al contribuir en la disminución de la amenaza/vulnerabilidad de los habitantes de la zona y consecuentemente del riesgo.
- El contar con una vía en buen estado garantiza una ruta de escape o evacuación más oportuna y eficiente en caso de presentarse un desastre natural, siempre y cuando, éstas no resultaren afectadas por dicho fenómeno natural.
- El cierre técnico de las canteras permitirá que se implementen medidas de rehabilitación ambiental, que coadyuven a la restauración ambiental, mediante programas de manejo y protección ambiental.

Estimación del Costo de Reubicación de habitantes en zonas de Alto Riesgo No Mitigable

Se ha determinado que los Barrios Laderas de San Francisco, Pedregal y Terrazas de Bellavista tienen Alto Riesgo No Mitigable en los tres barrios hay un total de 114 familias y se estima una población de 394 personas (3.5 hab/familia).

Dada la alta amenaza, vulnerabilidad y riesgo ante de desastres en los tres barrios antes mencionados, se ha considerado la reubicación de los habitantes de la Zona de Riesgo No Mitigable hacia un lugar seguro y estable.

El reasentamiento además se puede convertir en una oportunidad para mejorar los niveles de vida de poblaciones vulnerables que viven en áreas de alto riesgo.

Existen experiencias previas exitosas, como en Medellín y Bogotá, que tuvieron planes de reasentamiento a largo plazo (10 años); en base a ello se ha diseñado un esquema de intervención:

- Actualización del Análisis y Diagnóstico Socioeconómico (presentado en este estudio), será importante realizar estudios más detallados una vez que se defina la ejecución del proyecto de reasentamiento.
- Compra de terrenos: Se debe realizar en zonas seguras, legalizadas y cercanas a la zona del proyecto. Un breve sondeo de precios del terreno en los barrios circundantes determinó que el avalúo municipal está en el orden de USD \$. 62.5/m². Para el análisis se ha considerado un avalúo de USD \$. 65.0/m².
- Ejecución de estudios de Pre y factibilidad del proyecto de reubicación, valor de USD \$. 30.000,00
- Se considera viviendas de interés social entre 40-60 m², para el análisis se ha tomado en cuenta viviendas de 60 m². Con un costo de construcción de USD \$. 250 /m²
- Demolición de viviendas en zonas de Riesgo No Mitigable: El costo de este rubro se estima en \$10/m².
- Recuperación ambiental de suelos intervenidos; básicamente consiste en la protección de suelos y su intervención mediante proyectos de forestación con la finalidad de su incorporación a la estructura ecológica de la localidad. Se estima un costo de este rubro de USD \$. 200.000,00 /ha

El presupuesto total referencial es de USD \$. 2'191.508,70; el cual no considera costos de asistencia técnica y social y los costos de actualización de análisis y diagnóstico socioeconómico.

CAPÍTULO XIV: MONITOREO DE ZONAS INESTABLES Y PROGRAMA DE INTERVENCIÓN SOCIAL

14.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LAS ZONAS INESTABLES

Se implementa un sistema de monitoreo comunitario para detectar en lo posible deslizamientos, y colapsos que pueden afectar a la población en los barrios catalogados en Alto Riesgo y Alto Riesgo No Mitigable.

El sistema está construido con estacas de 80 cm de largo en las cuales se coloca una plomada artesanal hecha de una bujía usada, colgada de forma vertical de un gancho; si se mueve el terreno se moverá el nivel que tiene cada estaca. También se colocaron estacas adicionales con una marcas para medir el grado de erosión del terreno, cuando la marca roja aparezca y continúe la erosión del terreno, se podrá cuantificar la intensidad de la denudación del suelo.

Se instalaron sistemas de monitoreo en los tres barrios de Alto Riesgo, Pedregal, Terrazas de Bellavista y Laderas de San Francisco.

14.2 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN A LA COMUNIDAD Y AL PERSONAL TÉCNICO DESIGNADO

Durante las reuniones de trabajo con la comunidad, se vio la necesidad de iniciar un plan de capacitación – introducción a la Gestión de Riesgo, con la finalidad de que los dirigentes y la comunidad, conozcan los conceptos de amenazas naturales, normas de autoprotección, evacuación, mochila de emergencia, etc. Se invitó a todos los barrios para los talleres comunitarios (que incluyen el análisis AVC), y se tuvo buena acogida por parte de los dirigentes y población; solo dos barrios (Cristo Rey I y Campo Alegre) no acudieron a la capacitación debido a que están en zonas seguras por inestabilidad de terrenos, aunque en éstos si se pudo levantar fichas y visitar las viviendas para analizar la vulnerabilidad física y social.

14.3 RESULTADOS PRELIMINARES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE INTERVENCIÓN SOCIAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL RIESGO

Del trabajo de campo para el levantamiento de la vulnerabilidad física y social se han realizado nueve (9) talleres AVC en todos los barrios (excepto Campo Alegre y Cristo Rey I) y se levantaron un total de 441 fichas de las familias en los 10 barrios de la zona, se hizo un muestreo de la vulnerabilidad física en 124 casas y un análisis del estado de los servicios básicos.

Con esto se ha determinado la vulnerabilidad física (casas e infraestructura) y social (habitantes), cuyos resultados fueron analizados en la determinación del riesgo a nivel barrial.

En los talleres se realizó el análisis AVC, donde la población indica las necesidades de cada barrio; y se destacan las necesidades de saneamiento y seguridad, puntos en los cuales todas las comunidades coinciden, que tienen una atención deficiente por parte de los organismos encargados (Ministerio de Salud, Municipio, Policía Nacional, etc.).

Se solicitan capacitaciones en saneamiento ambiental, mejorar el sistema de recolección de basura, mayor presencia de la policía y colocación de UPC, colocación de botones de pánico, elaboración de planes de evacuación, sistemas de alerta temprana y comités locales de Gestión de Riesgos, planes de gestión de riesgos, etc.

Estos trabajos de capacitación básicamente, pueden ser realizados por el mismo MDMQ, estimándose necesaria una inversión de \$. 21.000,00 USD

14.4 DISEÑO DE UN SISTEMA COMUNITARIO DE ALERTA TEMPRANA (SAT) ANTE POTENCIALES FENÓMENOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DE TERRENOS

El objetivo último del análisis de las amenazas y de los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) es proteger la vida de la población y sus bienes; los elementos fundamentales del mismo son:

- 1) Monitoreo de las amenazas (sistema de estacas con nivel),
- 2) Sistema de Comunicaciones (Vecinos se comprometen a revisar las estacas e informar de los cambios) con una cadena de llamadas establecida,
- 3) Respuesta a las alertas, esto es establecer los escenarios y la respuesta a los mismos
- 4) Capacitación en el manejo del SAT, esto es que los vecinos aprendan a usar el sistema y cómo actuar en caso de una emergencia.

14.5 RESULTADOS PRELIMINARES DEL SISTEMA COMUNITARIO DE ALERTA TEMPRANA

Con el propósito de fortalecer las capacidades comunitarias en gestión de riesgos se instalaron sistemas de monitoreo de la Inestabilidad de Terrenos, con estacas de plomada – nivel y estacas de erosión. Se colocaron sistemas en Pedregal, Terrazas de Bellavista y Laderas de San Francisco.

El sistema instalado en Pedregal no muestra mayores cambios desde Marzo 2017, solo se ha visto erosión intensa en una estaca que ha sido cubierta por 3 cm de suelo y otra se ha roto por la caída de bloques desde la parte superior.

Una vez que se tiene el sistema de monitoreo se elaboró un protocolo de comunicaciones y acciones en caso de variaciones en las estacas de nivel. Los líderes barriales en Terrazas de Bellavista y Laderas de San Francisco designaron a los vecinos encargados de revisar las estacas y comunicar al punto focal barrial, de la Zonal de Calderón y de la Dirección de Gestión de Riesgos.

La zona de Laderas de San Francisco y específicamente Pedregal no han sido afectadas en la última temporada de lluvias entre Febrero-Junio 2017, por lo que de manera general podemos decir que el sistema ha funcionado adecuadamente, ya que no hay variaciones de las estacas con nivel. Las estacas de control de erosión presentan poca denudación y/o acumulación de sedimentos.

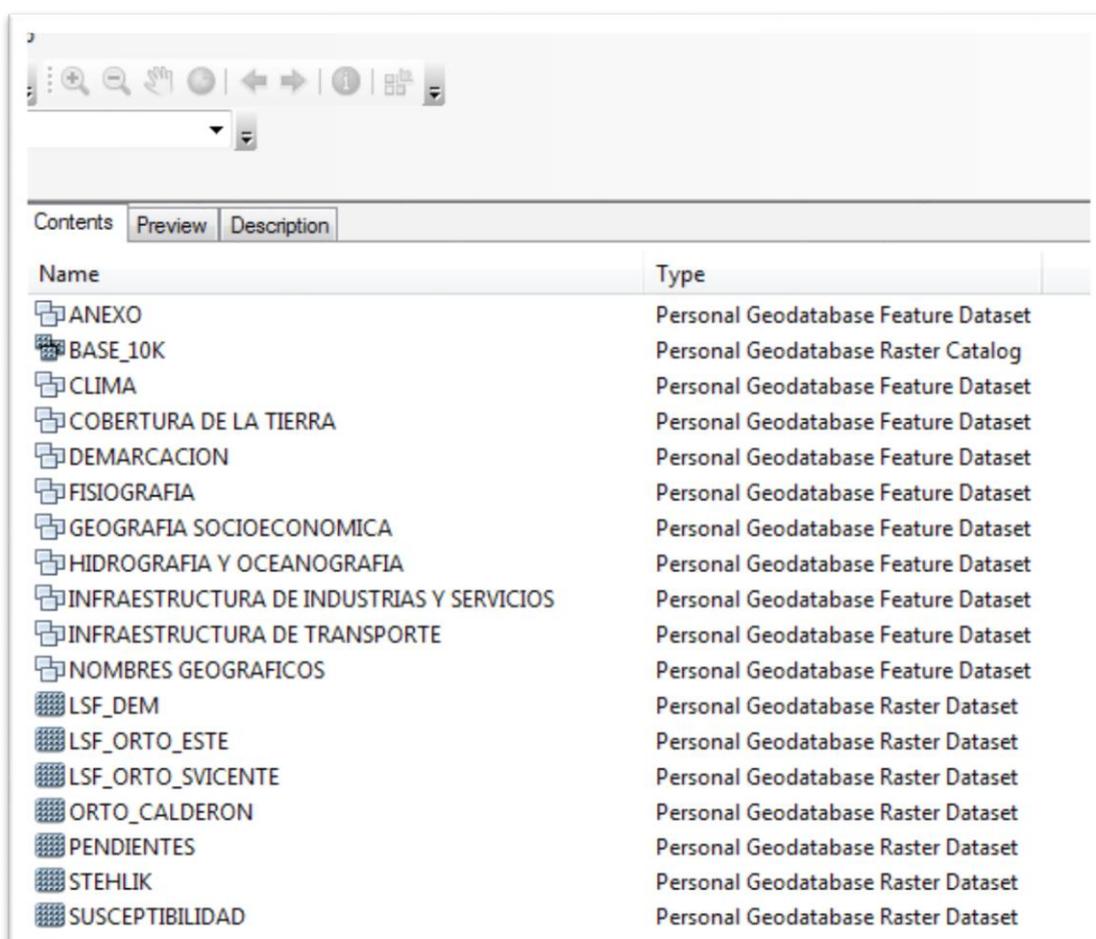
Se establecieron los protocolos para el funcionamiento del SAT, con la participación activa de los moradores de Laderas de San Francisco y Terrazas de Bellavista, se espera que los vecinos de Pedregal se integren al proceso, en una segunda fase de capacitaciones en Gestión de Riesgo.

CAPÍTULO XV: GEODATABASE CON LA INFORMACIÓN DE LA CARTOGRÁFICA OBTENIDA

GEODATABASE CON LOS RESULTADOS DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Con información cartográfica recopilada e información levantada en el campo y siguiendo los estándares vigentes del Catálogo Nacional de Objetos en su versión 2.0 del año 2013, se estructuró la Geodatabase para el Proyecto.

Con la información validada se procedió a crear dentro de la Geodatabase “LSF” el respectivo dataset georeferenciado al sistema de coordenadas SIRES DMQ - Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator Modificada (TMQ - WGS84) - Zona: 17 Sur Modificada (w 77°- w 80°) - Datum: WGS84. Según consta en los términos de referencia. (Figura 15.1).



Name	Type
ANEXO	Personal Geodatabase Feature Dataset
BASE_10K	Personal Geodatabase Raster Catalog
CLIMA	Personal Geodatabase Feature Dataset
COBERTURA DE LA TIERRA	Personal Geodatabase Feature Dataset
DEMARCAACION	Personal Geodatabase Feature Dataset
FISIOGRAFIA	Personal Geodatabase Feature Dataset
GEOGRAFIA SOCIOECONOMICA	Personal Geodatabase Feature Dataset
HIDROGRAFIA Y OCEANOGRAFIA	Personal Geodatabase Feature Dataset
INFRAESTRUCTURA DE INDUSTRIAS Y SERVICIOS	Personal Geodatabase Feature Dataset
INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE	Personal Geodatabase Feature Dataset
NOMBRES GEOGRAFICOS	Personal Geodatabase Feature Dataset
LSF_DEM	Personal Geodatabase Raster Dataset
LSF_ORTO_ESTE	Personal Geodatabase Raster Dataset
LSF_ORTO_SVICENTE	Personal Geodatabase Raster Dataset
ORTO_CALDERON	Personal Geodatabase Raster Dataset
PENDIENTES	Personal Geodatabase Raster Dataset
STEHLIK	Personal Geodatabase Raster Dataset
SUSCEPTIBILIDAD	Personal Geodatabase Raster Dataset

Figura Nº 15.1. Estructura de la Geodatabase

CAPÍTULO XVI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

16.1 CONCLUSIONES

1. La zona de Laderas de San Francisco (LSF) está ubicada al Nororiente de la ciudad de Quito y pertenece a la parroquia rural Calderón; es una zona con poco desarrollo urbano ubicada sobre suelos volcánicos recientes que son deleznable y por lo mismo propensos a generar movimientos de terrenos inestables.
2. Estudios previos determinan que la zona está calificada como de alta amenaza por inestabilidad de terrenos, este trabajo es una continuación del anterior estudio.
3. En el sector de LSF se puede establecer de manera general una secuencia estratigráfica que inicia con los sedimentos de ambiente deltaico de la Fm. San Miguel, cubiertos por actividad volcánica del Mojanda – Fuya Fuya; sobreyacidos por Volcano – Sedimentos indiferenciados, finalmente está la caída de cenizas de la Fm. Cangahua que incluye la caída de lapilli de la última actividad eruptiva del Pululahua.
4. El deslizamiento de Laderas de San Francisco es contemporáneo a la depositación de parte de los Volcano Sedimentos indiferenciados y anterior a la depositación de la Fm. Cangahua, por ello se estima su edad en más de 10.000 años AP.
5. El modelo Geotécnico del terreno indica que son suelos inestables con factores de seguridad dinámico (es decir simulando un sismo de 0.24 g en la vertical) inferior a 1.0, ello se debe a que son volcano sedimentos no consolidados.
6. El clima de la zona corresponde al piso andino seco, con escasas precipitaciones (600 mm/año); lo cual ha colaborado a la estabilidad de los terrenos, ya que no existe un factor importante para la escorrentía superficial.
7. El proyecto de estudio “Laderas de San Francisco”, se encuentra ubicado en el Bosque Protector FLANCO ORIENTAL DE PICHINCHA Y CINTURÓN VERDE DE QUITO por lo que para cualquier actividad que se requiera realizar en esta zona deberá constar con los permisos ambientales correspondientes, emitidos por la autoridad ambiental.
8. Los principales impactos ambientales son el mal uso de aguas servidas, estas descargas contaminan el suelo y las cuencas hidrográficas del área. La zona se ha convertido en escombreras no autorizadas causando focos de contaminación por la presencia de aceites-llantas-grasas consideradas como residuos peligrosos.
9. Para la zonificación de la susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos se utilizó la metodología de factores ponderados, se escogieron los factores de pendiente, litología, uso del suelo y elementos lineales como escarpes y cicatrices de despegue. No se toma en cuenta los factores de precipitaciones y de sísmica debido a que en un área pequeña no se tienen variación de estos factores.
10. El resultado de la zonificación de la susceptibilidad por inestabilidad de terrenos indica que tres barrios se hallan en zonas de ALTA y MUY ALTA susceptibilidad; los demás están

en zonas estables con poca probabilidad de generar FRM. Estos barrios son Laderas de San Francisco, Terrazas de Bellavista y Pedregal.

11. Las zonas de canteras activas y abandonadas también son zonas de muy alta susceptibilidad, esto debido a los desbanques realizados para explotar los materiales de construcción.
12. La aplicación de la metodología de Elementos Esenciales identificó ocho elementos esenciales en el territorio (servicios básicos, condiciones de vida, etc.); siendo los más vulnerables: la población, el agua de consumo humano y las casas – viviendas; de igual manera, esta metodología brindó insumos para determinar las acciones de reducción de riesgo de desastres
13. La vulnerabilidad social en el área es MEDIA; solo dos barrios tienen vulnerabilidad SOCIAL ALTA (Pedregal y Laderas de San Francisco), aunque la ponderación está muy cerca del valor de vulnerabilidad media. La vulnerabilidad física de la zona en cambio es Media y Baja, debido a que las construcciones son relativamente livianas y pueden resistir de mejor manera eventos como sismos.
14. El elevado porcentaje de estructuras que presentan una vulnerabilidad física entre MEDIA y ALTA por amenaza sísmica (71%) se explica por la casi total informalidad en la construcción y por la predominancia de tipologías estructurales débiles ante sollicitaciones sísmicas.
15. El 55% de las viviendas que, por su ubicación en las laderas se encuentran en zona de exposición a eventos de deslizamientos, presentan una condición de vulnerabilidad entre MEDIA y ALTA.
16. Los servicios de vialidad, agua potable y alcantarillado principalmente en la zona de las laderas, presentan condiciones constructivas deficientes, lo cual hace que sean altamente vulnerables sobre todo ante eventos de deslizamientos, que a su vez pueden ser desencadenados por sismos.
17. Del análisis del Riesgo ($A \times V$), se encuentra que Laderas de San Francisco, Pedregal y Terrazas de Bellavista tienen Muy Alta Susceptibilidad por FRM y vulnerabilidad Media-Alta; por ello se ha catalogado estas zonas como de Riesgo Alto No Mitigable.
18. Se ha implementado un sistema de monitoreo de terrenos inestables mediante estacas con nivel (para medir si existe inclinación del terreno) y estacas con medida (para tener datos de la erosión del suelo); este sistema se implementó en el sector de Pedregal, Laderas de San Francisco y Terrazas de Bellavista.
19. Se capacitó a los moradores de los Barrios Laderas de San Francisco, Pedregal, Terrazas de Bellavista, Cristo Rey II, Planada de San Francisco sobre los conceptos básicos de Gestión del Riesgo, amenazas, vulnerabilidades, mochila de emergencia, normas de autoprotección. Esto se hizo como un primer paso para lograr el empoderamiento de la comunidad del Proyecto y que sean los que vigilen la continuidad del mismo (monitoreo de FRM, SAT, etc.)
20. La medida a corto plazo es el mantenimiento de la Av. Atahualpa para asegurar una vía expedita para la evacuación de la población y la llegada de los organismos de socorro.

21. Las medidas a mediano plazo incluyen el adoquinado de la misma Av. Atahualpa y el mejoramiento y adoquinado de la vía de acceso a Planada de San Francisco; con ello se cumplirían con los objetivos ya planteados y además se canalizarían de forma adecuada las aguas lluvias que inciden directamente en la escorrentía – erosión superficial y en la generación de inestabilidad de terrenos.
22. A largo plazo se plantea el cierre técnico de las dos canteras que trabajaron ilegalmente en la zona, para ello será necesario un estudio previo que determine las condiciones actuales y el costo para remediar (restauración de la zona) los pasivos ambientales dejados por estas canteras.

16.2 RECOMENDACIONES

1. Es necesario profundizar el conocimiento de los volcánicos del Mojanda – Fuya Fuya, como la fuente de los depósitos volcánicos de la parte superior en el sector de Laderas de San Francisco; ya que existe mucha incertidumbre sobre la edad de los depósitos y sobre la edad del macro deslizamiento de Laderas de San Francisco (Esto puede ser motivo de una tesis de grado en la Universidad Central o Escuela Politécnica Nacional).
2. Se deben realizar estudios de micro-sismicidad en la zona de Calderón, ya que esta zona ha sido el epicentro del sismo de agosto de 2014 y no hay estudios suficientes sobre la respuesta del suelo a sismos corticales en este sector; estos trabajos deben ser realizados por el IG-EPN en convenio con el MDMQ.
3. Se recomienda un manejo controlado de las construcciones en razón que mucha de ellas presenta patologías que pueden poner en peligro la vida de los habitantes. Adicionalmente se recomienda un estudio geotécnico previo a la ejecución de cualquier obra constructiva.
4. Realizar una capacitación permanente a la comunidad sobre las acciones a llevar a cabo en el proyecto, así como la difusión planificada y colaboración en aspectos prioritarios.
5. Implementar y fortalecer la organización comunitaria en los barrios de la zona de estudio, incorporando siempre la gestión de riesgos como un eje transversal al desarrollo comunitario. Las acciones no estructurales para la reducción del riesgo social deberán entre otras cosas, considerar los insumos obtenidos a través de la aplicación de la metodología AVC y de los Elementos Esenciales.
6. Considerando el Literal D de la Política 2.12, del Objetivo N° 2 del Plan Nacional del Buen Vivir – PNBV se recomienda legalizar los asentamientos irregulares una vez que se cumpla con la implementación de estrategias que permitan la prevención y la mitigación de riesgos.
7. Además se deben cumplir con los lineamientos de la Ley LOTUS (2016) que en sus artículos 108 y 109 norman la construcción en zonas de riesgo, así como las sanciones correspondientes a funcionarios y Gobiernos Autónomos Descentralizados.
8. ***“En las Zonas de Muy Alta Susceptibilidad y Alta Susceptibilidad no se debe permitir la construcción de nuevas viviendas para evitar que el riesgo se incremente en estas áreas”.***

9. ***“Se deben iniciar procesos de reubicación de los moradores de las zonas que se han determinado como Zonas de Alto Riesgo no Mitigable, esto debe ser realizado mediante procesos a largo plazo con la participación y empoderamiento de los mismos vecinos en los proyectos”.***
10. Las Zonas de Baja y Muy Baja Susceptibilidad deben ser declaradas como zonas aptas para la expansión urbana y en ellas se debe cuidar el buen uso de las aguas y medio ambiente para evitar problemas de inestabilidad de terrenos en el futuro.
11. Se debe continuar con el proceso de capacitación y empoderamiento del Sistema de Alerta Temprana (SAT) con los moradores de las Zonas con Alta Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos, esto tiene que ser realizado tanto por autoridades, población y funcionarios del MDMQ.
12. Se deben formular planes de emergencia en base a los escenarios planteados en este trabajo, con la misma rata de erosión y si se produce un evento grande que pudiera afectar a las viviendas de los moradores, así como a las obras de infraestructura y caminos de acceso a los barrios.
13. Se deben iniciar procesos para generar actividades alternativas a la agricultura en esta zona, pueden ser parques ecológicos, caminatas para observar aves, flores-orquídeas silvestres, etc.
14. En base al análisis Beneficio – Costo, estudiar la posibilidad de la asignación de fondos para iniciar los programas de intervención, tanto Medidas Estructurales como No Estructurales.
15. El análisis debe considerar no solo el efecto económico, sino también se debe considerar que con las obras propuestas se mejorará notablemente la calidad de vida de los moradores del sector de estudio.
